

Alfalfa: del cultivo a sus múltiples usos



Ministerio de Agricultura, Pecuaria y Abastecimiento (MAPA), Brasil
Secretaría de Innovación, Desarrollo Rural y Riego

ALFALFA:

DEL CULTIVO A SUS MÚLTIPLES

USOS

Misión del MAPA:
Promover el desarrollo sostenible
de la agricultura y la seguridad y
competitividad de sus productos

Brasilia
MAPA
2022

© 2022 Ministerio de Agricultura, Pecuaria y Abastecimiento.

Todos los derechos reservados. Permitida la reproducción parcial o total siempre que se cite la fuente y que no sea para venta o para cualquier otro fin comercial. La responsabilidad por los derechos autorales de los textos e imágenes incluidos en esta obra de los de los autores.

1ª Edición. Año 2022

Traducción del libro original: “ALFAFA: DO CULTIVO AOS MÚLTIPLOS USOS”

Elaboración, distribución e informaciones:

Ministerio de Agricultura, Pecuaria y Abastecimiento – MAPA

Secretaría de Innovación, Desarrollo Rural y Riego - SDI/MAPA

Departamento de Desarrollo de las Cadenas Productivas - DECAP/SDI

Coordinación General de Producción Animal – CGPA

Dirección: Esplanada dos Ministérios, Bloco D, Edifício Anexo, Ala B, 1º piso, Sala 103.

Brasília/DF – CEP: 70.043-900

E-mail: cbpa@agricultura.gov.br

Coordinación Editorial – Asesoría Especial de Comunicación Social

Equipo Técnico: André Brugnara Soares e Fabrício Juntolli (MAPA)

Contribución Técnica: Duarte Vilela, Reinaldo de Paula Ferreira – EMBRAPA

Coordinación Editorial: Asesoría de Comunicación Social

Impresso no Brasil / Impreso en Brasil

Traducido por: Maria Alejandra Moreno-Pizani, – PECEGE – Piracicaba, São Paulo, Brasil & Daniel Horacio Basigalup – INTA – EEA Manfredi, Manfredi, Córdoba, Argentina

Datos de catalogación de publicaciones internacionales (CIP)
Biblioteca Nacional de Agricultura - BINAGRI

Brasil. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento.

Alfalfa : del cultivo a sus múltiples usos / Secretaría de Innovación, Desarrollo Rural y Riego; Traducción de: Maria Alejandra Moreno-Pizani; Daniel Horacio Basigalup. — Brasília : MAPA/AECS, 2022. 260p.

Recurso: Digital

Formato: PDF

Modo de acceso: World Wide Web

ISBN: 978-85-7991-152-1

1. Alfalfa. 2. Leguminosa. 3. *Medicago Sativa*. 4. Nutrición humana.
5. Nutrición Animal. 7. Defensa Animal. I. Secretaría de Inovação,
Desenvolvimento Rural e Irrigação. II. Título

AGRIS 1953

Autores

Alberto Carlos de Campos Bernardi

Ingeniero Agrónomo, Doctor en Suelos y Nutrición Vegetal, Investigador en Embrapa Pecuária Sudeste, San Carlos, SP

Adônis Moreira

Ingeniero Agrónomo, Doctor en Energía Nuclear en Agricultura, Investigador de Embrapa Soja, Londrina, PR

Alessandra de Carvalho Silva

Ingeniera Agrónoma, Doctor en Entomología, Investigadora de Embrapa Agrobiología, Seropédica, RJ

Alexandre Magno Brighenti

Ingeniero Agrónomo, Doctorado en Manejo de Malezas, Investigador en Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Ana Cláudia Ruggieri

Ingeniera Agrónoma, Doctora en Ciencia Animal, Profesora de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Veterinarias de la Universidad Estatal Paulista (UNESP), Jaboticabal, SP

André Brugnara Soares

Ingeniero Agrónomo, Doctor en Zootecnia, Profesor de la Universidad Tecnológica Federal de Paraná (UTFPR-PB), Curitiba, PR

Antonio Vander Pereira

Ingeniero Agrónomo, Doctor en Genética y Mejoramiento Vegetal, Investigador de Embrapa Ganado de Leche, Juiz de Fora, MG

Ariel Sebastián Odorizzi

Ingeniero Agrónomo, Doctor en Ciencias Agropecuarias, Investigador del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA – EEA Manfredi), Manfredi, Córdoba, Argentina

Claudio Haddad

Ingeniero Agrónomo, Doctor en Suelos y Nutrición Vegetal, Profesor de la Escuela Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ – USP), Piracicaba, SP

Clélia Akiko Hiruma Lima

Bióloga, Master en Farmacología y Química de Productos Naturales y Doctora en Fisiología, Profesora de la Universidad Estatal Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Botucatu, SP

Daniele Cabral Michel

Ingeniera Agrónoma, Master en Agronomía-Ciencia del Suelo, doctoranda de la UFLA, Rio de Janeiro, RJ

Daniel Horacio Basigalup

Ingeniero Agrónomo, MSc y PhD en Mejoramiento Genético Vegetal, Investigador del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA – EEA Manfredi), Manfredi, Córdoba, Argentina

Décio Karam

Ingeniero Agrónomo, Doctor en Manejo de Malezas, Investigador de Embrapa Maíz y Sorgo, Sete Lagoas, MG

Dilermundo Miranda da Fonseca

Ingeniero Agrónomo, Doctor en Zootecnia, Profesor de la Universidad Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG

Duarte Vilela

Ingeniero Agrónomo, Doctor en Zootecnia, Investigador de Embrapa Ganado de Leche, Juiz de Fora, MG

Eduardo Alberto Comeron (†)

Ingeniero Agrónomo, Zootecnista y Doctor en Ciencias Biológicas, Investigador del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA – EEA Rafaela), Rafaela, Santa Fe, Argentina

Fabício Vieira Juntolli

Ingeniero Agrónomo, MBA en Agronegocios, Auditor Fiscal del Ministerio de Agricultura, Pecuaria y Abastecimiento (MAPA), Brasília, DF.

Fernando Campos Mendonça

Ingeniero Agrónomo, Doctor en Riego y Drenaje, Profesor de la Escuela Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ – USP), Piracicaba, SP

Fernando Daniel Fava

Biólogo, Master en Ciencias Agropecuarias – Protección Vegetal, Investigador del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA – EEA Manfredi), Manfredi, Córdoba, Argentina

Frank Akiyoshi Kuwahara

Zootecnista, Doctor en Nutrición y Producción Animal, Profesor de la Universidad del Oeste Paulista (Unoeste), Presidente Prudente, SP

Heraldo Cesar Gonçalves

Zootecnista, Doctor en Zootecnia, Profesor de la Universidad Estatal Paulista en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (UNESP), Botucatu, SP.

Jerri Édson Zilli

Licenciado en Ciencias Agrícolas, Doctor en Agronomía-Ciencia del Suelo, Investigador de Embrapa Agrobiología, Seropédica, RJ

Jorge Omar Gieco

Ingeniero Agrónomo, Doctor en Genética y Mejoramiento Vegetal, Profesor de la Universidad Nacional del Litoral, Esperanza, Santa Fe, Argentina

Laura María Celia Fontana

Ingeniera Agrónoma, Master en Ciencias Agropecuarias – Producción Animal, Investigadora del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA – EEA Anguil), Anguil, La Pampa, Argentina

Luis Henrique de Barros Soares

Ingeniero Agrónomo, Doctor en Biología Celular y Molecular, Investigador de Embrapa Agrobiología, Seropédica, RJ

Maria Alejandra Moreno-Pizani

Ingeniera Agrícola, Doctora en Ingeniería de Sistemas Agrícolas, Profesora Asociada en la Faculdade Pecege, Piracicaba, São Paulo, Brasil

Mariano Alende

Médico Veterinario, Doctor en Ciencia Animal y Veterinaria, Investigador del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA – EEA Anguil), Anguil, La Pampa, Argentina

Maurício Marini Köpp

Ingeniero Agrónomo, Doctor en Genética y Mejoramiento Vegetal, Investigador de Embrapa Pecuaria Sur, Bagé, RS

Miguel Dalmo de Menezes Porto

Ingeniero Agrónomo, PhD en Fitopatología, Profesor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul, RS

Nora Estela Rodriguez

Profesora de Ciencias Naturales, Especialista en Manejo de Malezas, Investigadora (retirada) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA – EEA Manfredi), Manfredi, Córdoba, Argentina

Oscar Tupy

Médico Veterinario, Doctor en Economía Aplicada, Investigador de Embrapa Pecuaria Sudeste, São Carlos, SP

Paulo Roberto de Lima Meirelles

Zootecnista, Doctor en Zootecnia, Profesor de la Universidad Estatal Paulista en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (UNESP), Botucatu, SP

Raquel Ornelas Marques

Zootecnista, Doctora en Zootecnia, posdoctoranda en Zootecnia en la Universidad Estatal Paulista en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (UNESP), Botucatu, SP

Reinaldo de Paula Ferreira

Ingeniero Agrónomo, Doctor en Genética y Mejoramiento Vegetal, Investigador de Embrapa Pecuaria Sudeste, São Carlos, SP

Ricardo Andrade Reis

Zootecnista, Doctor en Zootecnia, Profesor de la Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias de la Universidad Estatal Paulista (UNESP), Jaboticabal, SP

Sandra Fabiana Eroles

Agrónoma, Técnica del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA – EEA Manfredi),
Manfredi, Córdoba, Argentina

Vanda Helena Paes Bueno

Bióloga, Doctora en Entomología, Profesora de la Universidad Federal de Lavras, MG

Contenido

1. 9

CAPÍTULO 1. ALFALFA: POTENCIAL PARA APOYAR LA EXPANSIÓN DE LA GANADERÍA Y DE LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS Y AGROINDUSTRIALES DE AMÉRICA LATINA	11
---	----

2. 16

CAPÍTULO 2. ORIGEN, DIFUSIÓN, MORFOLOGÍA Y FENOLOGÍA	17
CAPÍTULO 3. CULTIVARES EN AMÉRICA LATINA	40
CAPÍTULO 4. CORRECCIÓN DE SUELO, FERTILIZACIÓN Y SIEMBRA	58
CAPÍTULO 5. FIJACIÓN BIOLÓGICA DE NITRÓGENO	64
CAPÍTULO 6. DEMANDA DE AGUA	75
CAPÍTULO 7. MANEJO DE FORRAJE	90
CAPÍTULO 8. IDENTIFICACIÓN Y CONTROL DE MALEZAS	97
CAPÍTULO 9. IDENTIFICACIÓN Y MANEJO DE ENFERMEDADES	104
CAPÍTULO 10. IDENTIFICACIÓN Y CONTROL DE PLAGAS	131
CAPÍTULO 11. PRODUCCIÓN DE SEMILLA	156

3. 169

CAPÍTULO 12. PRODUCCIÓN DE HENO, PELLETS, SILAJE Y PRE-SECADO.	170
CAPÍTULO 13. ALFALFA EN LA ALIMENTACIÓN DE VACAS LECHERAS	183
CAPÍTULO 14. ALFALFA EN LA ALIMENTACIÓN DE GANADO VACUNO DE CARNE	196
CAPÍTULO 15. ALFALFA EN LA ALIMENTACIÓN DE CABRAS LECHERAS	208
CAPÍTULO 16. ALFALFA EN LA ALIMENTACIÓN DE EQUINOS	216
CAPÍTULO 17. ALFALFA EN LA ALIMENTACIÓN DE ANIMALES PEQUEÑOS	221

4. 232

CAPÍTULO 18. BROTES DE ALFALFA PARA LA ALIMENTACIÓN HUMANA	233
CAPÍTULO 19. ALFALFA EN LA INDUSTRIA DE COSMÉTICOS	241
CAPÍTULO 20. ALFALFA EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA	251

1. Uso potencial de alfalfa en América Latina

CAPÍTULO 1. ALFALFA: POTENCIAL PARA APOYAR LA EXPANSIÓN DE LA GANADERÍA Y DE LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS Y AGROINDUSTRIALES DE AMÉRICA LATINA

Duarte Vilela y Fabrício Vieira Juntolli

Los avances en los sistemas agroalimentarios y agroindustriales que agregan valor a los productos de las cadenas productivas de origen animal o vegetal demandarán cada vez más innovaciones tecnológicas y de gestión, que tendrán un impacto significativo en los procesos de comercialización y de relaciones con los consumidores finales. Gran parte del valor agregado a estos productos en el futuro vendrá de las innovaciones derivadas de estas posibilidades, que requieren una mayor densidad nutricional y diversidad de aplicación.

Para que el mundo pueda proveer alimentos en cantidad y calidad es necesario invertir en investigación, con un enfoque interdisciplinario, en sistemas cada vez más complejos y con un fuerte énfasis en tecnologías convergentes para garantizar la creciente oferta alimentaria, preservando los recursos naturales y agregando valor al producto. La migración desde sistemas productivos con pocas actividades hacia otros más complejos será una realidad en las próximas décadas, contribuyendo a los procesos cada vez más dinámicos que acompañarán a la agroindustria que se despliega para el futuro.

Este escenario pone a América Latina en evidencia, ya que ha experimentado un modelo de desarrollo exitoso, estructurado durante décadas. Sin embargo, ante las dificultades de competencia que enfrentan los agronegocios latinoamericanos en el contexto de la globalización, este modelo presenta fragilidad y los avances que se han logrado en el pasado deben dar lugar a nuevos paradigmas que posibiliten la revolución agro-socioambiental en las próximas décadas. El avance social de los últimos años apunta a la necesidad de prestar a futuro atención al crecimiento y la sofisticación de la demanda de bienes y servicios. Algunos agronegocios necesitan reinventarse a medida que crece la presión de la sociedad por la eficiencia en el uso de los recursos naturales, con el surgimiento de un nuevo patrón productivo enfocado en entregar productos con control de calidad, trazabilidad y mayor diversificación.

Según la ONU (2017), la población mundial en 2050 alcanzará los 9.800 millones de habitantes y Brasil tendrá 238 millones, lo que requerirá producir un 70% más de alimentos. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (POPULAÇÃO, 2015), en esa región el número de habitantes crecerá un 25%, pasando de 635 millones en la actualidad a 793 millones en

2061. La creciente demanda mundial de proteína de origen animal es evidente y se estima para 2025 un aumento del 3% anual para la carne y la leche.

América Latina y el Caribe poseen alrededor de un tercio de los recursos de agua dulce del mundo y más de un cuarto de la tierra cultivable del planeta. La producción agrícola en América Latina tiene una enorme variación, yendo desde la subsistencia hasta la agroindustria sofisticada. Hoy, cerca del 50% de la producción de alimentos de la región proviene de sus 14 millones de pequeños agricultores. Si bien para muchos esto marca la importancia de la pequeña producción, para los empresarios representa un mercado - la tierra - a conquistar (AGROLAC 2017; BARBANTI JR., 2016).

Hay estudios que llaman la atención sobre los límites de los recursos productivos y el progreso tecnológico, sugiriendo que los próximos 50 años serán de gran dificultad para la expansión de la producción agrícola mundial. El escenario global no es muy optimista y requerirá nuevas estrategias y avances científicos (BUAINAIN et al., 2014; FUGLIE et al., 2012).

El documento “Visión 2014-2034: el futuro del desarrollo tecnológico en la agricultura brasileña” (EMBRAPA, 2014), busca anticipar tendencias y asegurar el ajuste permanente de las prioridades de investigación y transferencia de tecnología. Se inspira en la innovación que se basa en la lógica de las cadenas productivas, cada vez más dependientes del conocimiento y las tecnologías, y en la convicción de que ninguna organización o grupo de científicos por sí solo tiene las habilidades para ayudar a un país a enfrentar un entorno cada vez más desafiante, complejo y dinámico.

La búsqueda de competitividad y modernización tecnológica en torno a un producto o servicio, ampliando la capacidad del país para participar en la carrera comercial dentro de un mercado cada vez más globalizado, será una constante.

La capacidad de generar conocimiento aplicado al campo aumentó con la investigación y tuvo un gran impacto en la forma de producción, que pasó de los procesos extractivos y de subsistencia a la producción a escala, colocando a América Latina como exportadora. Se estima que el sector de agronegocios en la región crecerá alrededor de un 40% en la próxima década -aunque eso no será suficiente- y que deberá enfrentar serias amenazas, como la creciente dependencia de insumos importados, urbanización acelerada, concentración de actividad, barreras sanitarias y tipos de cambio.

El potencial existe. Brasil es el mayor productor mundial de carne y el cuarto mayor productor de leche de vaca. Cuenta con 215 millones de cabezas de ganado en 172 millones de hectáreas de pasturas, aunque el 45% de la superficie con mayor concentración de actividad ganadera en el país es de baja productividad, habiéndose fijado el objetivo de recuperar 15 millones de hectáreas de pasturas degradadas para el año 2020. Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la agricultura representa cerca del 23% de las exportaciones latinoamericanas y el 5% del producto interno bruto (PBI) de la región. A nivel mundial, América Latina representa el 16% de las exportaciones de productos agrícolas y alimenticios (RABOBANK, 2017).

Para que América Latina continúe siendo protagonista de un crecimiento sostenible a tasas superiores a las registradas en el resto del mundo, actuando de manera eficiente y con un gran retorno económico y social, se debe poner énfasis en los recursos que aseguren el agregado de valor a sus productos. Los cultivos multifacéticos y con un gran potencial de uso, como la alfalfa, pueden sustentar este papel de liderazgo.

Procedente de Asia, principalmente de las tierras áridas de Irán y Afganistán, la alfalfa (*Medicago sativa*) encontró un hábitat adecuado en las tierras fértiles de Europa y Estados Unidos, países de clima templado que invirtieron fuertemente en la investigación de este cultivo. En Latinoamérica la alfalfa se destaca en Argentina, Chile y Uruguay y más recientemente en el sur de Brasil, aunque actualmente puede cultivarse en la mayor parte de su territorio.

Si bien en Brasil el área con alfalfa todavía es escasa, cercana a las 40 mil ha, se destaca por su valor comercial para abastecer a la cría de equinos de raza (haras) y, más reciente, a los sistemas intensivos de producción animal. Es una de las forrajeras con mayor potencial para la producción de leche por tener alta productividad, baja estacionalidad de producción, excelente calidad del forraje y aceptabilidad, siendo por eso indicada para animales de alto valor genético (VILELA et al., 2008).

Argentina, principal país productor de alfalfa de América Latina, tenía en 2015 alrededor de cuatro millones de hectáreas destinados a la producción de carne y leche en sistemas de pastoreo directo o a la producción de heno. El país cuenta con una red de evaluación de cultivares comerciales que genera información sobre la adaptabilidad y estabilidad estos cultivares en diferentes ambientes (BASIGALUP, 2016).

El complejo agroalimentario y agroindustrial tiene como punto de partida una determinada materia prima básica, que en el caso concreto de este libro es la alfalfa, especie que puede formar parte de diferentes sistemas de producción o procesos industriales y comerciales, hasta que se

transforma en diferentes productos, pasando de la producción pecuaria a la industria farmacéutica y cosmética y a la alimentación humana. También posee características inigualables para recuperar suelos degradados, fijar nitrógeno y adaptarse a diferentes condiciones edafoclimáticas. Todo este potencial hace que pueda contribuir al desarrollo de muchas regiones latinoamericanas.

En muchos países el cultivo de la alfalfa tiene como destino principal la producción animal, siendo recomendado para formular piensos para mascotas y participar en la dieta de ganado vacuno, equino y caprino, sea como forraje o como fuente proteica de concentrados. También es muy común comercializarla deshidratada (heno), lo que le da la ventaja de ser transportada a lugares alejados de la zona de producción, pudiendo usarse en forma procesada (pellets o cubos) o natural (rollos, fardos y megafardos).

En la industria cosmética el extracto de alfalfa se ha utilizado en la composición de cremas para el rejuvenecimiento facial y el tratamiento capilar. En la industria farmacéutica es un potente medicamento para el tratamiento de trastornos estomacales. En la cocina moderna, es un excelente alimento funcional y sus beneficios para la salud son muchos. En la ganadería intensiva moderna, destaca por sus incomparables atributos nutricionales que permiten altas tasas de producción de carne y leche.

En este escenario prometedor y de gran potencial de uso, América Latina puede profundizar su apoyo a la expansión de los sistemas agroalimentarios y agroindustriales, tomando la alfalfa como base de una Plataforma para dirigir la investigación futura en red, generando conocimiento para promover innovaciones y el desarrollo tecnológico sostenible en la región.

Un organigrama conceptual de lo que se idealiza de una Plataforma, estructurada en red virtual con temas prioritarios para investigación, desarrollo e innovación, puede guiar la investigación futura sobre alfalfa en América Latina para su aplicación ya sea en la ganadería moderna o en la agroindustria innovadora.

En este contexto, el libro **“Alfalfa: del cultivo a sus múltiples usos”** reunirá capítulos relevantes para el desarrollo sostenible de la alfalfa en América Latina, centrado en los resultados actuales de la investigación, aportando innovaciones tecnológicas que puedan ser apropiadas por el sector productivo primario e industrial y destacándose por su claridad y objetividad.

En los primeros capítulos se abordan los aspectos agronómicos del cultivo, siguiendo luego por los temas que caracterizan su perfil multiuso y finalizando con el tratamiento de las diversas formas de utilización tanto en los sistemas ganadero y agroindustrial como en la cocina moderna.

Referencias

AGROLAC. **A agricultura na América Latina e no Caribe (ALC)**. Disponível em: <<http://agrolac2025.org/wp-content/uploads/Folha-informativa1.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2017.

BARBANTI JR., O. América Latina e a expansão do sistema agroalimentar corporativo. **Carta Capital**, 14 out. 2016. Disponível em: <<https://www.cartacapital.com.br/blogs/blog-do-grri/america-latina-e-a-expansao-do-sistema-agroalimentar-corporativo>>. Acesso em: 11 ago. 2017.

BASIGALUP, D. H. Producción de alfalfa en Argentina. In: JORNADA NACIONAL DE FORRAJES CONSERVADOS, 7., 2016, Buenos Aires. [Resúmenes...] Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2016. p. 83-85. (Colección divulgación).

BUAINAIN, A. M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J. M. da; NAVARRO, Z. (Ed.). **O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 1182 p.

EMBRAPA. **Visão 2014–2034: o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira**. Brasília, DF, 2014. 194 p.

FUGLIE, K. O.; WANG, S. L.; BALL, V. E. (Ed.). **Productivity growth in agriculture: an international perspective**. Wallingford: CAB International, 2012. DOI: 10.1079/9781845939212.0000.

ONU – **Organização das Nações Unidas diz que população mundial chegará a 8,6 bilhões de pessoas em 2030**. Internacional. Agência Brasil. 2017. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2017-06/onu-diz-que-populacao-mundial-chegara-86-bilhoes-de-pessoas-em-2030>

POPULAÇÃO da América Latina pode aumentar 25% até 2061. **Revista Exame**, 8 out. 2015. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/mundo/cepal-preve-que-populacao-da-america-latina-e-do-caribe-crescera-25-ate-2061/>>. Acesso em: 21 ago. 2017.

RABOBANK. **Annual report 2016**. [Amsterdam], 2017. 409 p. Disponível em: <<https://www.rabobank.com/en/images/annual-report-2016.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2017.

VILELA, D.; FERREIRA, R. de P.; RODRIGUES, A. de A.; RASSINI, J. B.; TUPY, O. Prioridades de pesquisa e futuro da alfafa no Brasil. In: FERREIRA, R. de P.; RASSINI, J. B.; RODRIGUES, A. de A.; FREITAS, A. R.; CAMARGO, A. C.; MENDONÇA, F. C. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. p. 441-455.

2. Aspectos agronómicos

CAPÍTULO 2. ORIGEN, DIFUSIÓN, MORFOLOGÍA Y FENOLOGÍA

Nora Estela Rodríguez, Sandra Fabiana Eroles, Daniel Horacio Basigalup y Mauricio Marino Köpp

2.1 Origen y difusión

Se estima que desde unos 4.000 años AC la alfalfa ya era cultivada en Paquistán y que de 3.000 a 2.000 años AC se cultivaba en Afganistán y Cachemira. Los indicios más antiguos sobre el origen de la alfalfa datan de 10.000 a 6.000 años AC, cuando semillas de alfalfa silvestre fueron encontradas en estudios arqueológicos en Siria e Irán, respetivamente (SHIFINO-WITTMANN, 2008). En Turquía, los registros más antiguos referidos a la utilización de alfalfa datan de aproximadamente 1.300 años AC (LANGER, 1995).

La alfalfa tuvo un papel importante en el avance de las civilizaciones, dado que era usada para la alimentación de caballos. De este modo, si bien se fue propagando y cultivando en diversas partes del mundo, tuvo su producción concentrada en el Medio Oriente hasta aproximadamente 1.200 AC. Después de ese período, y gracias a las guerras lideradas por Darío en 490 AC, la alfalfa llegó a Grecia (SHIFINOWITTMANN, 2008), país que se constituyó en el principal centro de difusión del cultivo en el mundo.

El género *Medicago* tiene como centro de origen el NO de Irán y el NE de Turquía (QUIROS; BAUCHAN, 1998), regiones caracterizadas por inviernos fríos y veranos secos y cálidos, con suelos bien drenados y de pH próximo a la neutralidad (MICHAUD et al., 1988). Las formas más ancestrales, perennes y preferentemente alógamas, tendrían como centro de origen la costa norte del Mediterráneo (SHIFINO-WITTMANN, 2008).

La alfalfa puede ser encontrada en todo el Medio Oriente, habiendo sido introducida en Grecia y la antigua Mesopotamia aproximadamente 500 años AC. En el siglo II AC llegó a Italia y desde allí se propagó por todo el Imperio Romano, especialmente en España, norte de África y Francia. Con la invasión de los bárbaros y la caída del Imperio Romano (fin del siglo IV), su cultivo desapareció en el sur de Europa. Posteriormente, es posible que haya sido reintroducida en España y Francia durante las invasiones árabes en los siglos VII y VIII, aunque en Francia su cultivo fue llevado a cabo recién en torno a 1550 (MICHAUD et al., 1988). Su presencia en Holanda y Bélgica fue informada en 1565, en Inglaterra en 1650, en Alemania y Austria en 1750, en Suecia en 1770 y en Rusia durante el siglo XVIII.

En Alemania y el norte de Francia, la hibridación entre la subespecie *sativa* y la subespecie *falcata* permitió una enorme evolución de la alfalfa. Este híbrido se propagó por todo el centro y norte europeo, lo que hizo que esta leguminosa se alejara de su ambiente seco y cálido original hacia regiones más frías (LESINS; LESINS, 1979).

A partir del descubrimiento de América, tanto portugueses como españoles la introdujeron en México y Perú durante el siglo XVI. A través del Perú llegó a Argentina y Chile (HIJANO; BASIGALUP, 1995). Su introducción en Estados Unidos ocurrió a mediados del siglo XIX, por dos vías diferentes: a) desde Chile a California y desde México a Colorado; y b) desde Europa al norte del país (MICHAUD et al., 1988).

Fue precisamente que desde Estados Unidos la alfalfa se expandió de la forma más extraordinaria. Los primeros registros sobre la evolución del cultivo, basados en estudios científicos que datan de 1903 a 1915, enfatizan principalmente los aspectos de resistencia al frío. Más tarde, se produce el surgimiento del marchitamiento bacteriano (*Clavibacter michiganensis ssp. insidiosus*). Existen documentos que registran el interés de introducir alfalfa en áreas de campo natural del NE de Estados Unidos entre 1897 y 1909, cuando Hanson colectó en las estepas de Siberia un tipo de alfalfa adaptado a esas condiciones. Estas accesiones sirvieron de base para programas de mejoramiento de pasturas naturales de clima seco en Canadá. De ese programa resultó el lanzamiento en 1955 del cultivar Rambler, considerado como un hito en la evolución del cultivo de alfalfa en América del Norte (HEINRICHS, 1978).

Con la colonización de América del Sur y América Central por parte de los españoles, la alfalfa – como ya fuera dicho- llegó primero a México y Perú. Desde este último país alcanzó Chile y posteriormente Argentina y Uruguay hacia 1775. A Brasil llegó en el siglo XIX, entrando primero a Río Grande do Sul y desde allí a los demás estados, especialmente Santa Catarina y Paraná (NUERNBERG et al., 1992). En Río Grande do Sul, su cultivo de inició en los valles de los ríos Caí, Taquarí, Jacuí y Uruguay y en las laderas de las montañas del NE del estado, donde se instalaron colonias de inmigrantes alemanes e italianos (SAIBRO, 1985). De esa forma surgió una población –denominada actualmente alfalfa Crioula- que es el resultado de la acción de la selección natural y de la selección realizada por el hombre a través de la cosecha de semilla de alfalfares que llegaban a los cuatro o cinco años, seleccionando así la simiente de las plantas más persistentes (OLIVEIRA, 1991).

Argentina, con una superficie actual de más de tres millones de hectáreas, es el principal productor de alfalfa de América Latina. De ese total, cerca del 60% es de cultivos puros, destinados principalmente para la producción de leche bovina y heno. La superficie restante se hace en mezcla con gramíneas templadas para la producción de carne. Según estimaciones, en 2015 el país cortó unas 850.000 ha de alfalfa para la confección de heno y unas 150.000 ha para la producción de silaje. Si bien con alguna disminución en cantidad de superficie, el pastoreo directo de alfalfa todavía continúa siendo importante en el país. En el año agrícola 2015/16, se comercializaron en el país 7.500 toneladas de semilla fiscalizada, de las cuales 42% fueron de procedencia nacional y 58% de origen importado (BASIGALUP, 2016).

Debido a su elevado potencial de producción de forraje y su adaptación a diversas condiciones ambientales, la alfalfa es una de las especies forrajeras cultivadas más importantes, con más de 32 millones de ha en todo el mundo. Estados Unidos, Rusia, Canadá y Argentina son los principales países productores (COMERON et al., 2015).

2.2 Morfología

La morfología botánica es la ciencia que estudia la forma de las plantas, describiendo la forma de diferentes órganos vegetales. Para mayor claridad en el tratamiento de este capítulo, los órganos o estructuras de la alfalfa se dividen en semilla, raíz, corona, tallo, hoja, flor y fruto.

También se presentará la fenología de la alfalfa, incluyendo la definición y caracterización de las etapas de maduración.

2.2.1 Semilla

Las semillas de alfalfa poseen generalmente forma arrionada y color amarillento, pero también se pueden encontrar semillas angulares y de coloración que varía desde el verde oliva a distintas tonalidades de marrón (Figura 1).



Figura 1. Formas y colores de semillas de alfalfa.
Fotos: Nora Estela Rodríguez.

Las semillas, en estado maduro, miden 1-2 mm de largo, 1-2 mm de ancho y 1 mm de espesor. Están constituidas por el funículo, el tegumento (testa), el embrión y el albumen (Figura 2). El funículo es el que mantiene unida la semilla al fruto; al secarse, se desprende y forma una cicatriz llamada hilio. El tegumento o testa es la capa externa que rodea al embrión y le brinda protección, siendo además el responsable del color de la semilla.

El embrión originará la futura plántula y en él se pueden observar la radícula, el hipocótilo, la plúmula y los cotiledones. La radícula, que durante la germinación emerge a través de la micrópila, formará la raíz. En sentido contrario, el hipocótilo dará origen a las partes aéreas de la plántula. Por su parte, la plúmula, que es un esbozo formado por hojitas, al desarrollarse originará el tallo. Los cotiledones, gruesos y carnosos, almacenan la mayor parte del tejido de reserva para el desarrollo del embrión. Por último, el albumen es un tejido de reserva que, en el caso de la alfalfa, se encuentra reducido y cuya función principal es facilitar el proceso de germinación.

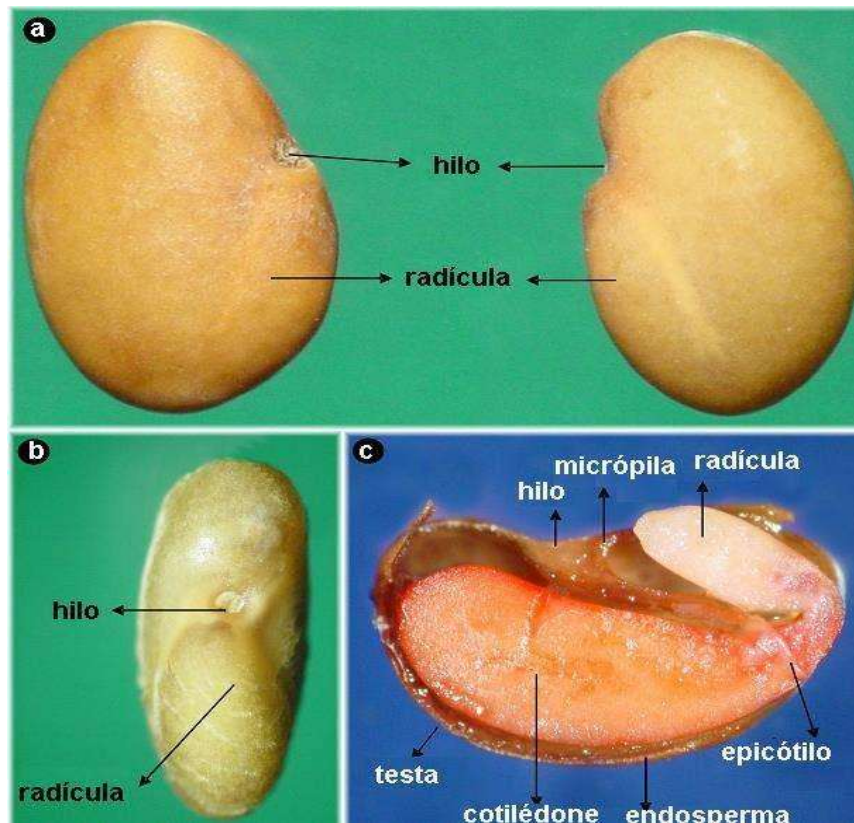


Figura 2. Partes de semilla de alfalfa. Sección externa: vista lateral (a) y vista frontal (b). Sección interior: vista transversal (c).
Fuente: Del Pozo Ibañez (1977).

2.1.2 Germinación y primeros pasos del desarrollo

En el proceso de germinación, la semilla en contacto con el suelo comienza a embeberse de agua, lo que desencadena una serie de transformaciones que se resumen en el desarrollo de una raíz (partiendo de la radícula preexistente en la semilla) y de un talluelo, que se alarga hasta sacar los cotiledones por encima de la superficie del suelo (Figura 3). Estos procesos se realizan a costa de las reservas existentes en la semilla (Del Pozo Ibañez, 1977).



Figura 3. Germinación de la semilla de alfalfa: aparición de la raíz (a) y desarrollo de plántula, con aparición de cotiledones (b).

Fotos: Nora Estela Rodríguez

Para que las semillas absorban agua es necesario que el suelo tenga suficiente humedad. Sin embargo, para su desarrollo, la plántula también necesita unas condiciones de aireación mínimas, ya que el exceso de humedad puede paralizar la germinación debido a la reducción del volumen de poros libres en el suelo. Por otro lado, es común en la alfalfa la presencia de "semillas duras", que son aquellas que no pueden absorber agua, incluso en condiciones óptimas de humedad. Este fenómeno, que es un mecanismo de supervivencia de la especie, se debe al aumento del grosor de las paredes celulares que forman el tegumento externo, lo que constituye una barrera física para la absorción de agua. El porcentaje de semillas duras, que puede ser alto en el momento de la cosecha, disminuye con el tiempo. El mejor método para eliminar las semillas duras es la escarificación mecánica, que consiste en exponer la testa a la acción de superficies abrasivas

A medida que continúa el desarrollo de la parte aérea de la plántula, el hipocótilo crece y expone los cotiledones por encima de la superficie del suelo (Figura 4a). Posteriormente, la plántula exhibe primero una hoja unifoliada (Figuras 4 a₁, b y b₁) y luego las hojas trifoliadas, también llamadas hojas "verdaderas" (Figura 5).

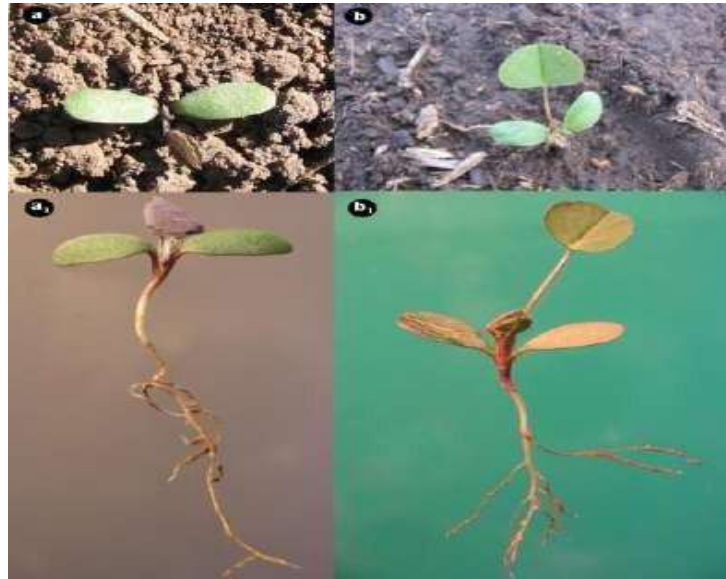


Figura 4. Primeras etapas de desarrollo vegetativo de la alfalfa: cotiledón: (a y a₁) y hoja unifoliada (b y b₁).
Fotos: Nora Estela Rodríguez

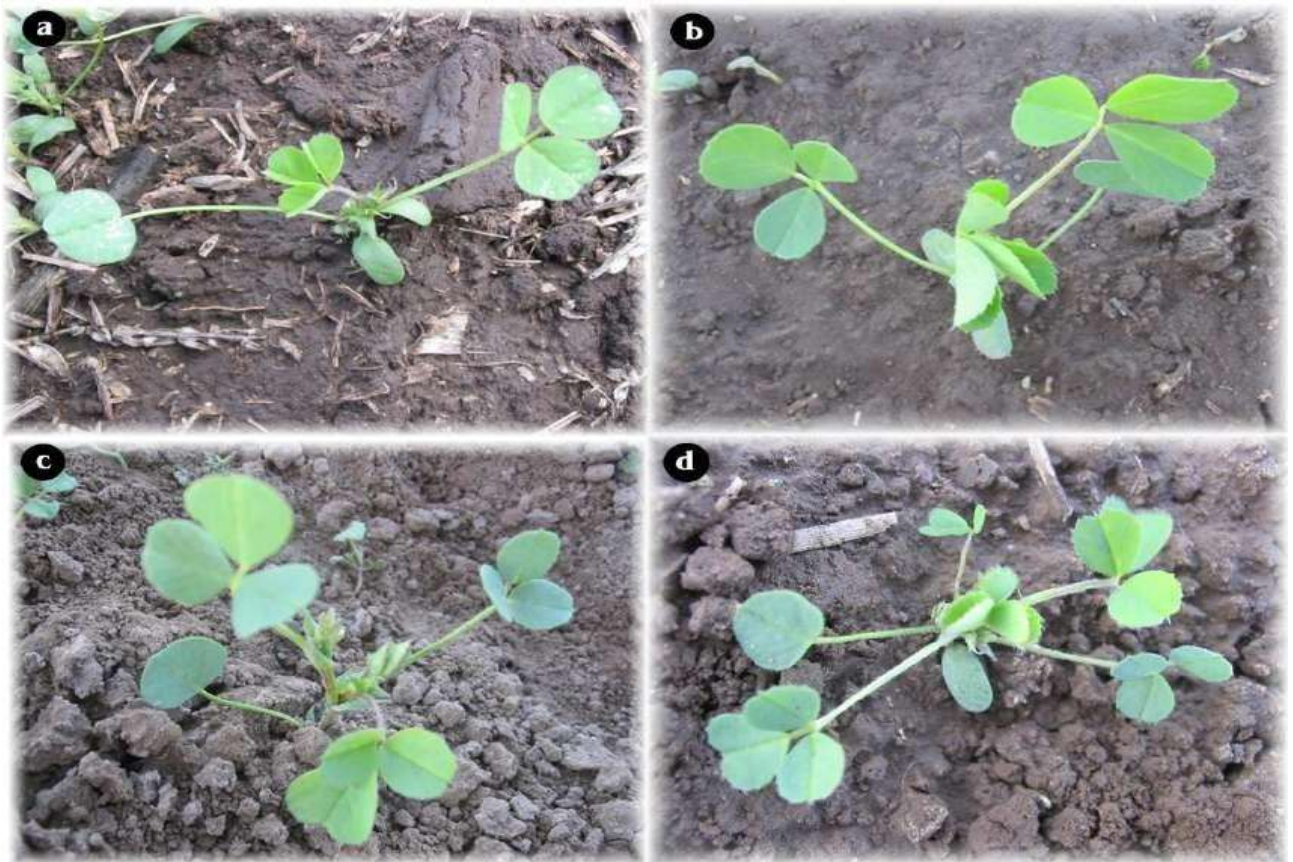


Figura 5. Primeras etapas de desarrollo vegetativo de la alfalfa, con la aparición de una (a), dos (b), tres (c) y (d) cuatro hojas trifoliadas.
Fotos: Nora Estela Rodríguez

2.2.2 Raíz

En general, el sistema radicular de la alfalfa es robusto y profundo y su función principal es la absorción de agua. Si no hay impedimentos en el perfil del suelo, la raíz puede alcanzar de 2 a 5 m de profundidad en dos a cuatro años de vida (Figura 6). Esto permite a la planta absorber agua de las capas profundas del suelo, lo que le ha conferido a la especie su reputación de tolerante a la sequía.



Figura 6. Raíces de alfalfa con dos años de cultivo que alcanzaron los 1,40 m de profundidad en el suelo.
Fuente: Adaptado de Goplen et al. (1980).

El sistema radicular de la alfalfa se puede clasificar en cuatro tipos: pivotante (axonomorfa), ramificada, rizomatosa y rastrera (GOPLÉN et al., 1980; HEINRICHS, 1968; PEREYRA PÉREZ; AGUILAR DE ESPINOSA, 2002). En cultivares sin reposo invernal [GRI (grado de reposo invernal) 8-11], por lo general se observa la presencia de raíz pivotante, sin muchas ramificaciones (Figura 7a). Los cultivares con reposo invernal intermedio o moderado (GRI 4-7) suelen presentar un alto número de raíces secundarias (Figura 7b). En otros tipos de alfalfas, comúnmente con marcado reposo

invernal (GRI 1-3), las raíces laterales poseen yemas de las que se originan tallos que, al emerger, formarán nuevas plantas o “matas”. Cuando las yemas activas son solo 1 o 2 y las nuevas “matas” se desarrollan a poca distancia de la planta original esas raíces se denominan rizomatosas (Figura 7c); por el contrario, si las yemas activas son varias y los renuevos alcanzan a cubrir una extensión de cierta magnitud, esa raíz se denomina rastrera (Figura 7d). Mientras que la existencia de una raíz pivotante se asocia con alfalfas de la especie *Medicago sativa*, la presencia de un alto número de raíces secundarias, rizomatosas o rastreras se asocia con aportes crecientes de germoplasma de *M. falcata* y *M. varia*.

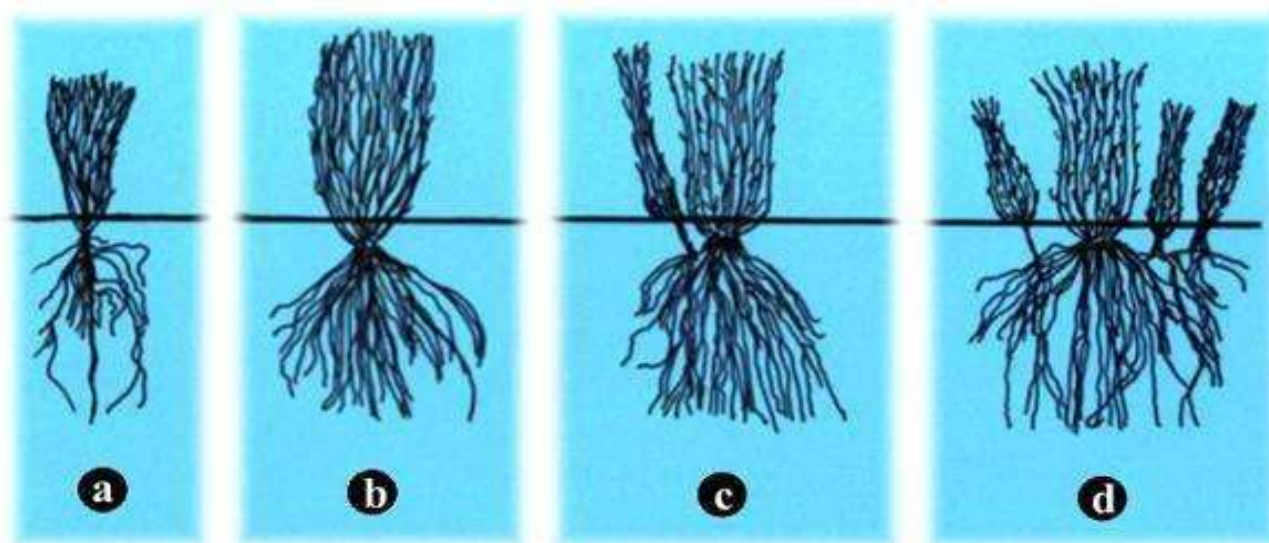


Figura 7. Tipos de raíces de alfalfa: pivotante (a), ramificada (b), rizomatoso (c) y rastrero (d).
Fuente: Adaptado de Goplen et al. (1980)

2.2.3 Tallo y corona

Los tallos presentan nudos de los que nacen las hojas. El número de tallos depende de la edad y del vigor de la planta, pudiendo llegar hasta 20 (Figura 8). El crecimiento de los tallos es inducido por su utilización (pastoreo o corte) o por un nuevo ciclo fisiológico de crecimiento.



Figura 8. Tallo de alfalfa con nudos de los que salen las hojas trifoliadas.

Fotos: Nora Estela Rodríguez

Los cultivares sin reposo invernal presentan tallos de crecimiento erecto, mientras que los cultivares con reposo invernal intermedio o marcado presentan usualmente tallos de crecimiento semierecto y semirrastrero, respectivamente.

A medida que el desarrollo de la planta continúa, el conjunto de la parte basal de tallos nuevos y viejos forma, entre la parte aérea y la raíz, una estructura que recibe el nombre de corona (Figura 9). Más adelante, en la planta adulta, la corona incluirá la porción perenne de los tallos.



Figura 9. Primeras etapas de formación de coronas en plantas de alfalfa de cuatro meses de cultivo.
Fotos: Nora Estela Rodríguez

La corona no es ni una estructura simple ni única, sino una zona compleja formada por varias estructuras independientes (TEUBER; BRICK, 1988). Aunque Stewart (1926) sugirió que la corona estaba formada sólo por las porciones perennes de los tallos, Simonds (1935) concluyó que la parte superior de la raíz también está involucrada en su formación. De todas maneras, la delimitación morfológica exacta de la corona tiene muy poca importancia, ya que - además de las partes involucradas de la planta - es razonable suponer que la sequía estival, el frío invernal, las prácticas culturales, el ataque de plagas y enfermedades, el vigor general y la edad de las plantas influyen en la cantidad y el tipo de partes vegetativas que pueden intervenir en su conformación (GROVE; CARLSON, 1972).

Además de su constitución morfológica, es conveniente destacar la importancia funcional de la corona como estructura de almacenamiento de sustancias de reserva y asiento de las yemas a partir de las cuales saldrán los rebrotes de la planta. El ciclo de acumulación y uso de sustancias de reserva es fundamental para la persistencia y condiciona las prácticas de manejo del cultivo.

El tamaño (pequeña, mediana o grande) y el tipo (compacta/cerrada, intermedia o abierta) de la corona dependen de factores genéticos y ambientales (Figura 10). En general, los cultivares sin reposo invernal tienen coronas pequeñas y compactas, mientras que aquellos con mayor reposo invernal tienden a tener coronas más anchas y abiertas. Sin embargo, varios factores, como la densidad de plantas del cultivo, el tipo de suelo, el ataque de plagas y enfermedades, el pisoteo de los animales o los daños por maquinaria, pueden influir en gran medida en las características de la corona.



Figura 10. Corona de diferentes tipos y tamaños en plantas de alfalfa de uno (a), dos (b) y tres (c) años de cultivo.

Fotos: Nora Estela Rodríguez

2.2.4 Hoja

La primera hoja de la plántula de alfalfa es unifoliolada y orbicular. La segunda y las siguientes son pinadicompuestas, imparipenadas y en la mayoría de los casos trifolioladas. Las hojas están unidas al tallo por el peciolo y están normalmente compuestas por tres folíolos peciolados. Los folíolos suelen ser oblongos u obovados, pero se pueden encontrar desde formas redondeadas hasta obovado-oblongas e incluso lineales (Figura 11).

Las hojas se originan en el ápice del tallo, cuando la planta ya está desarrollada, pero también pueden nacer de las yemas laterales ubicadas en los tallos.

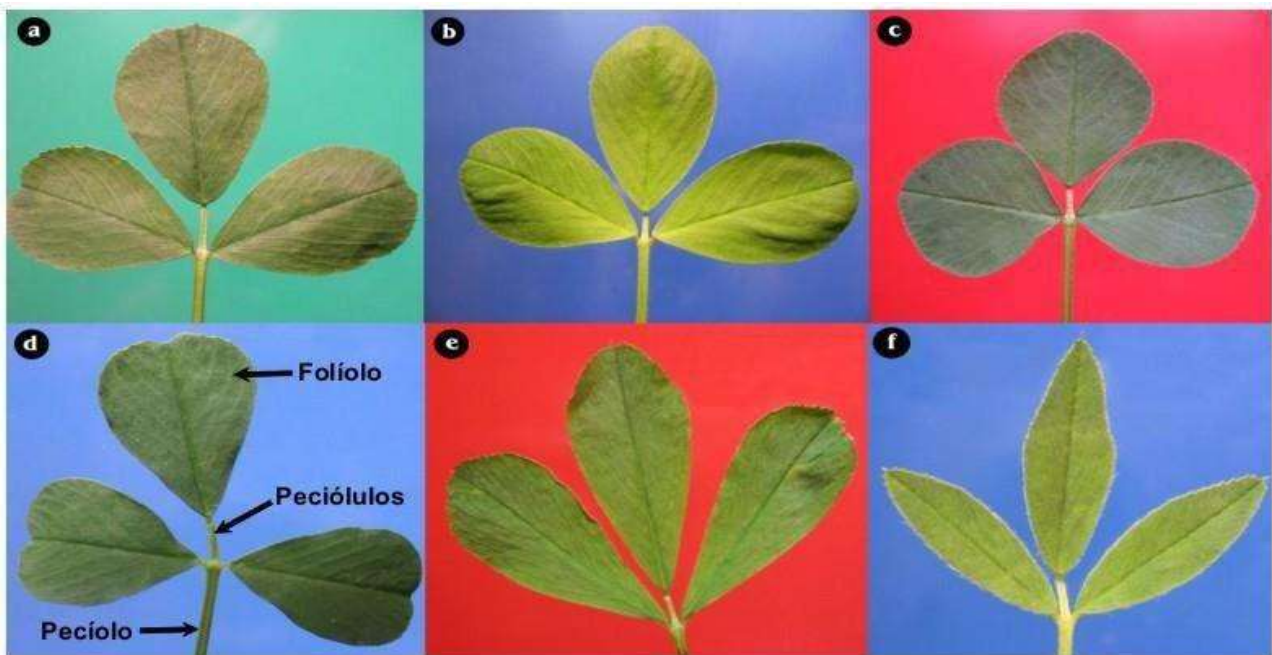


Figura 11. Formas de folíolos en hojas trifoliolares de alfalfa: obovada (a), oblonga (b), redondeada (c), cordiforme (d), espatulada (e) y lineal (f).

Fotos: Nora Estela Rodríguez

Por lo general, el borde de los folíolos es dentado sólo en el tercio superior, aunque este borde dentado puede extenderse a la mitad superior y también incluir el tercio inferior (Figura 12). La distribución de los bordes dentados está relacionada con la forma de los folíolos.

Las hojas se disponen a lo largo del eje del tallo en forma alterna. En el nacimiento de las hojas se observan las estípulas (Figura 13), que son apéndices delgados similares a hojas pequeñas modificadas que se ubican en la base del peciolo y que están adheridas a sus lados. Las estípulas suelen ser laciniadas (Figura 13a), pero también hay lisas (Figura 13b).



Figura 12. Distribución del borde dentado de la hoja de los folíolos: sólo en el tercio superior (a), hasta la mitad superior (b) e incluso en el tercio inferior (c).

Fotos: Nora Estela Rodríguez

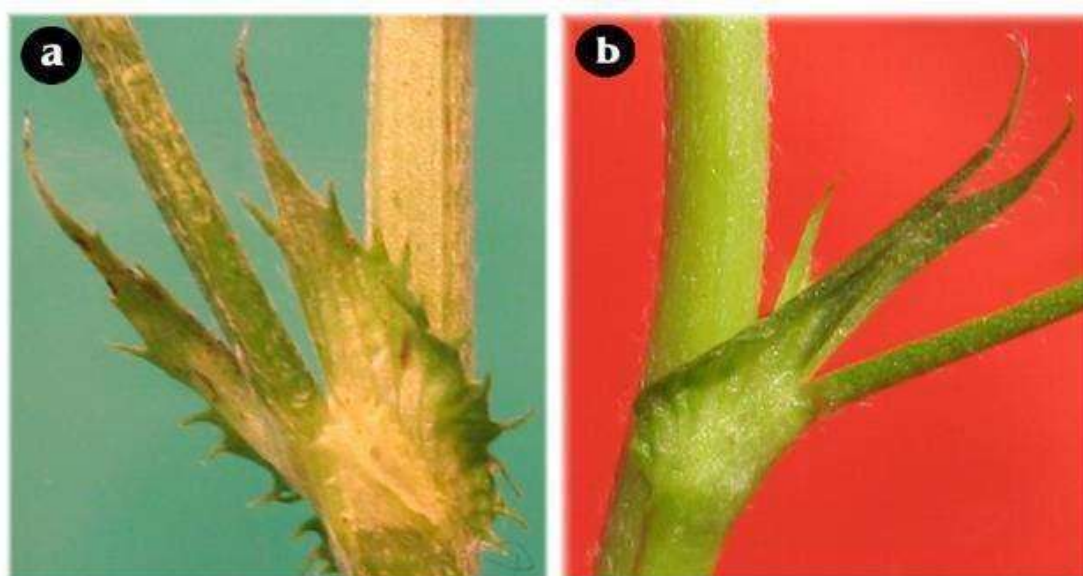


Figura 13. Tipos de estípulas observados en hojas de alfalfa: a) laciniados, en una planta de tres años; (b) liso, en una planta de un año de edad.

Fotos: Nora Estela Rodríguez

Los folíolos tienen una nervadura central prominente que se extiende a lo largo del limbo (lámina) y de la que parten otras nervaduras laterales pinnadas que se subdividen formando una red. Las nervaduras son más notables en la cara abaxial (inferior) del folíolo, que es pubescente. La observación microscópica de la hoja indica que las estomas (aberturas o poros por donde se produce el intercambio de gases en las hojas) son más numerosos en la cara superior y en el ápice del folíolo.

Aun cuando la situación normal es la hoja trifoliada, hay hojas con cuatro (tetrafolioladas), cinco (pentafolioladas) o más folíolos, que por ello reciben el nombre de hojas multifolioladas o, más correctamente, multifolioladas (Figura 14).

2.2.5 Flor

La flor se desarrolla cuando el ápice del tallo pasa de la etapa de crecimiento vegetativo a reproductivo. Este cambio, llamado transición, comienza con la presencia de una protuberancia en la axila del primordio foliar, adyacente al ápice del tallo. De cada primordio se origina una inflorescencia en forma de racimo simple (Figura 15).

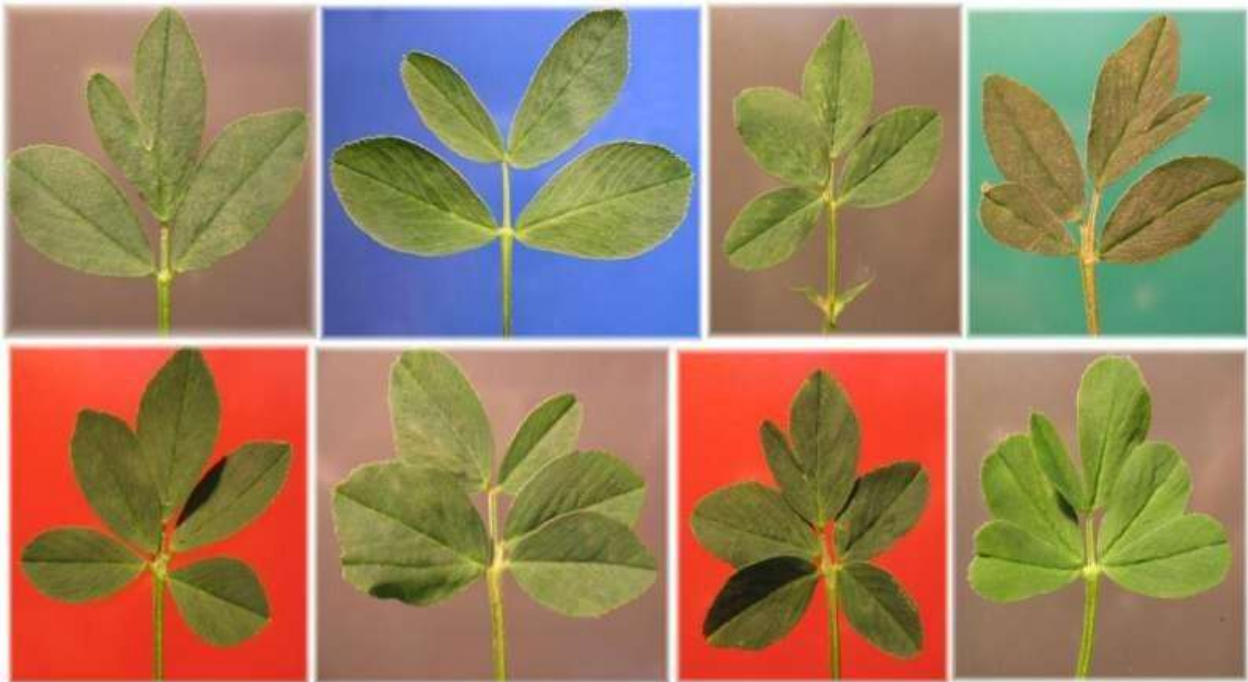


Figura 14. Hojas multifoliadas de alfalfa exhibiendo de cuatro a seis folíolos.

Fotos: Nora Estela Rodríguez



Figura 15. Inflorescencia de alfalfa: racimo con botones de flores (a) y con dos flores abiertas (b).

Fotos: Nora Estela Rodríguez

La flor de la alfalfa es completa y está formada por el cáliz, la corola, los estambres y el gineceo (Figura 16).

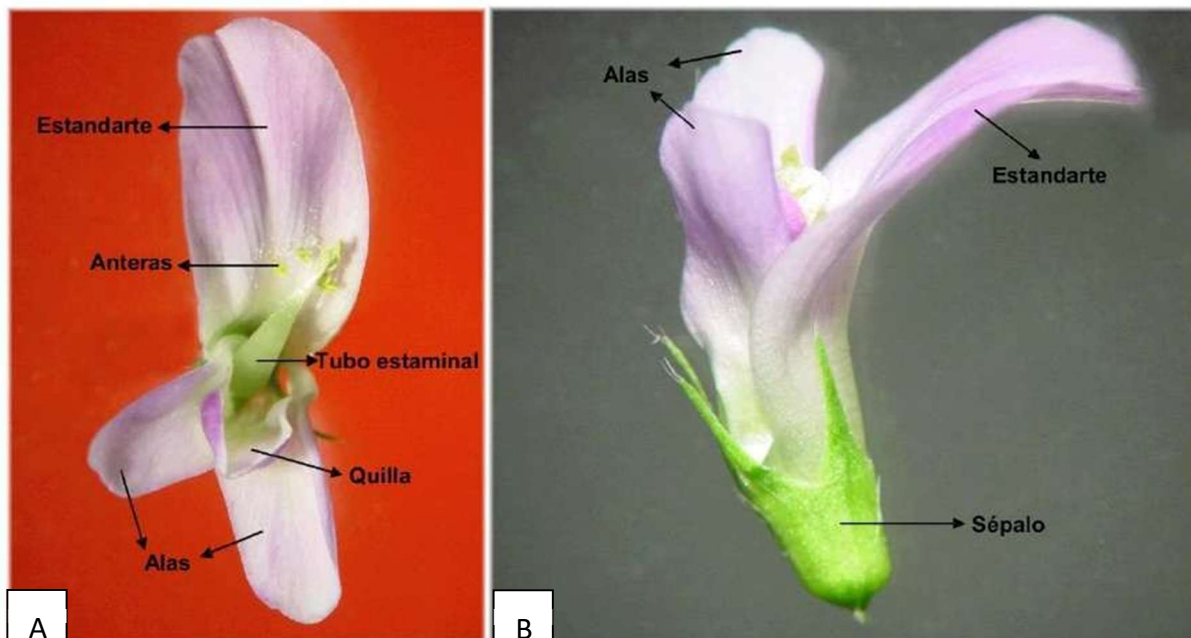


Figura 16. Estructura de la flor de la alfalfa: vista superior (a) y vista lateral (b).
Fotos: Nora Estela Rodríguez

El cáliz consiste en cinco sépalos soldados que forman un tubo, con cada sépalo terminando en un lóbulo o diente (Figura 16b). La corola consta de cinco pétalos diferentes: el estandarte, que es el pétalo superior y el más grande de los cinco; las alas, que son dos pétalos más pequeños situados junto al estandarte; y la quilla, que está rodeada por las alas y formada por dos pétalos soldados, situados más internamente (Figura 16a).

Los estambres son diez y se dividen en dos grupos: uno formado por nueve estambres, unidos por la base, y el otro formado por el décimo, que es libre y más cercano al estandarte. Esta disposición, llamada diadelfia, indica que los estambres de alfalfa son diadelfos. Los filamentos de los nueve estambres unidos tienen diferente longitud y, cuando se fusionan para formar el tubo, se alternan los largos y cortos. El estilo pasa por el interior del tubo, que termina en un estigma rodeado por las anteras de los estambres fusionados. El gineceo presenta un carpelo, que se desarrolla en un ovario, con un estilo y estigma bien definidos (DEL POZO IBAÑEZ, 1977).

La flor es generalmente de color púrpura, con extremos que van desde violeta claro hasta púrpura oscuro (Figura 17). También se pueden encontrar flores blancas, amarillas o variegadas, es decir, presentan mezclas de colores o tonos que cambian a medida que se desarrolla la flor (BURKART, 1952).



Figura 17. Algunos colores de flores de alfalfa. En el sentido de las agujas del reloj: azulado, violeta claro, púrpura claro y púrpura oscuro.
Fotos: Nora Estela Rodríguez

2.2.5.1 Desarrollo floral y polinización

Las alas, en la corola, tienen en la base pequeños apéndices, similares a ganchos, que mantienen la columna estaminal unida y rígida; esta última, a su vez, contiene al estilo empaquetado en su interior. Por lo tanto, la polinización sólo es posible cuando -al separarse las alas por medio de un proceso llamado desenlace floral- la columna estaminal se libera y expone el estigma al contacto con el polen (Figura 18). El movimiento repentino producido por la liberación

de la columna estaminal causa la apertura de las anteras maduras y, en consecuencia, la propagación de los granos de polen.

Varios mecanismos naturales pueden provocar el desenlace floral, como la acción de los insectos y las variaciones en la temperatura, la humedad y la velocidad del viento. El hombre también puede provocarlo artificialmente a través de movimientos mecánicos producidos con sus manos o con varios instrumentos. La flor puede fertilizar con su propio polen (autofertilización o autogamia) o con polen de otra flor (fertilización cruzada o alogamia). No obstante, la alfalfa es una especie de fertilización predominantemente alógama, favorecida por mecanismos naturales de autoincompatibilidad y autoesterilidad (VIANDS et al., 1988).



Figura 18. Desarrollo floral de alfalfa (a) flor cerrada, sin separación de alas; y (b) flor abierta, con exposición al estigma y estamens.

Fotos: Nora Estela Rodríguez

En condiciones naturales, la polinización de la alfalfa es entomófila y se realiza principalmente por la acción de varias especies de abejas y abejorros. Cuando los insectos acuden a la flor para recoger néctar o cosechar polen, la presión que ejercen al posarse es suficiente para provocar el desenlace floral, lo que hace que la columna del tallo impacte en su abdomen. A medida que los insectos visitan flores de varias plantas en forma sucesiva, su abdomen se va cargando de polen de diferentes plantas, lo que asegura la alogamia. Se estima que entre el 85 % y el 95 % de las flores desenlazadas son fertilizadas por este mecanismo (DEL POZO IBÁÑEZ, 1977).

2.2.6 Fruto

El fruto de la alfalfa es del tipo legumbre o vaina, monocarpelar, seco e indehisciente, generalmente alargado y comprimido, con las semillas alineadas en la fila ventral (Figura 19). La vaina se curva y desarrolla una espiral que generalmente tiene una vuelta con autofertilización y de tres a cinco vueltas con fertilización cruzada. La dirección de la espira puede ser dextrógira (en el sentido de las agujas del reloj) o levógira (en sentido contrario a las agujas del reloj). Cada vaina contiene un número variable de semillas arriñonadas: dos a tres con autofertilización y alrededor de nueve con fertilización cruzada (TEUBER; BRICK, 1988).



Figura 19. Momentos en la evolución del fruto de la alfalfa, desde poco después de la fertilización de la flor (arriba a la izquierda) hasta la vaina madura con varias vueltas (abajo, derecha).

Fotos: Nora Estela Rodríguez

2.3 Fenología

Conocer la fenología de la alfalfa, es decir la evolución del desarrollo morfológico de las plantas, es importante para definir el manejo apropiado del cultivo. Sobre la base de la altura del canopeo y la sucesión de etapas vegetativas y reproductivas, se establecieron cuatro categorías básicas de etapas fenológicas: estado vegetativo, botón floral, floración y fructificación.

Aunque esta clasificación es una forma sencilla de determinar el tiempo adecuado de uso del forraje, no tiene en cuenta los cambios de calidad que se producen a lo largo de las diferentes fases de crecimiento, en las que el medio ambiente y la fisiología de las plantas influyen en la calidad del forraje (FICK; MUELLER, 1989; KALU; FICK, 1981; SANDERSON; WEDIN, 1989). En este contexto, Kalu y Fick (1981), basados en la altura de la planta y la presencia/ausencia de órganos distintos en los tallos, definieron 10 (0 a 9) estadios de maduración de la alfalfa: tres de estado vegetativo, dos de botón floral, dos de floración y tres de fructificación. Estos estadios son:

ESTADO VEGETATIVO: primeras etapas de desarrollo, sin estructuras reproductivas.

Estadio 0 (vegetativo temprano): la altura de los tallos es inferior a 15 cm y las yemas axilares no son visibles debido a su escaso desarrollo (Figura 20).

Estadio 1 (vegetativo medio): la altura de los tallos es de 16 a 30 cm y, como consecuencia del desarrollo de yemas axilares, se observan de una a dos hojas nuevas en las axilas de las hojas viejas.

Estadio 2 (vegetativo tardío): la altura de los tallos es de más de 30 cm y se observan ramificaciones de las yemas axilares con dos a tres hojas en al menos dos nudos.

ESTADO DE BOTÓN FLORAL: a partir de este momento comienza la diferenciación de los meristemas reproductivos y se visualizan los botones florales. Las yemas reproductivas aparecen cerca del ápice de crecimiento del tallo principal o sus ramificaciones. La proximidad de los primordios florales forma una estructura globular, fácilmente reconocible al tacto o visualmente.

Estadio 3 (botón floral temprano): las yemas de los botones florales sólo se visualizan en uno o dos nudos. Los botones florales, en cada racimo, se pueden palpar dado que están muy cerca el uno del otro.

Estadio 4 (botón floral): tres o más nudos presentan inflorescencias visibles y se aprecia una clara separación de los botones florales en el racimo (Figura 20).

ESTADO DE FLORACIÓN: cuando las condiciones ambientales (fotoperiodo y temperatura) lo permiten, las flores se abren y se hacen visibles. La floración es la expresión del estado reproductivo de la planta.

Estadio 5 (floración temprana): una o más flores abiertas se observan en el racimo floral de un nudo del tallo. Se considera una flor abierta cuando el estandarte de la flor está desplegado.

Estadio 6 (floración tardía): en un tallo se presentan al menos dos nudos con flores abiertas. Además, a diferencia del anterior, hay una mayor cantidad de inflorescencias en el tallo (Figura 20).

ESTADO DE PRODUCCIÓN DE SEMILLAS: Cubre el desarrollo de vainas y semillas, que comienza después de la polinización de las flores.

Estadio 7 (fructificación temprana): uno a tres nudos contiene una vaina recién formada, de color verde. Una o más vainas se pueden contar en cada racimo. Mientras que las vainas se encuentran principalmente en la parte media de los tallos, en las partes apicales todavía se observan flores.

Estadio 8 (fructificación tardía): cuatro o más nudos tienen vainas todavía verdes, pero bien formadas y en espiral. Los tallos más viejos se encuentran muy ramificados y con una baja proporción de hojas.

Estadio 9 (vainas maduras): la mayoría de las vainas, ya maduras, son de color marrón y están secas (Figura 20). La proporción de hojas es muy baja y los tallos son muy fibrosos. Este es el momento adecuado para la recolección de semillas.



Figura 20. Detalle de plantas en el estadio 0 (a), estadio 4 (b), estadio 6 (c) y estadio 9 (d).

Fotos: Nora Estela Rodríguez

Aunque la altura del tallo se utiliza para definir los estadios vegetativos, su uso debe hacerse con precaución. Debido a la influencia de las condiciones ambientales en el crecimiento de las plantas, la altura de los tallos no representa necesariamente su etapa de maduración. Esto es particularmente crítico en períodos de deficiencia de agua, en los que las plantas no alcanzan una altura adecuada y tienden a iniciar su desarrollo reproductivo, acelerando su maduración. Por lo tanto, aunque la altura de la planta es una variable práctica para estimar el grado de maduración, debe considerarse esta variable cuidadosamente para no cometer errores de evaluación.

Referencias

- BASIGALUP, D. 2016. Producción de Alfalfa en Argentina. In: JORNADA NACIONAL DE FORRAJES CONSERVADOS, 7., 2016, Buenos Aires. [Resúmenes...] Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2016. p. 83-85. (Colección divulgación).
- BURKART, A. E. **Las leguminosas argentinas, silvestres y cultivadas**: descripción sistemática de la familia, los géneros y las principales especies, de su distribución y utilidad en el país y en las regiones limítrofes. 2. ed. Buenos Aires: Acme Agency, 1952. 569 p.
- COMERON, E. A.; FERREIRA, R. de P.; VILELA, D.; KUWAHARA, F. A.; TUPY, O. Utilização da alfafa em pastejo para alimentação de vacas leiteiras. In: FERREIRA, R. de P.; VILELA, D.; CAMERON, E. A.; BERNARDI, A. C. de C.; KARAM, D. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa em pastejo para alimentação de vacas leiteiras**. Brasília, DF: Embrapa Sede, 2015. p. 131-149.
- DEL POZO IBÁÑEZ, M. La Alfalfa, su cultivo y aprovechamiento. 2. ed. Madrid: Mundi- Prensa, 1977. 379p.
- FICK, G. W.; MUELLER, S. C. **Alfalfa**: quality, maturity, and mean stage of development. New York: Cornell Cooperative Extension, 1989. 14 p. (Information bulletin, 217).
- GOPLEN, B. P.; BAENZIGER, H.; BAILEY, L. D.; GROSS, A. T. H.; HANNA, M. R.; MICHAUD, R.; RICHARDS, K. W.; WADDINGTON, J. **Growing and managing alfalfa in Canada**. Ottawa: Agriculture Canada, 1980. 49 p. (Publication, 1705).
- GROVE, A. R.; CARLSON, G. E. Morfología y anatomía. In: HANSON, C. H. (Ed.). **Ciencia y tecnología de la alfalfa**. Montevideo: Hemisferio Sur, 1972. Tomo I, p. 145-166.
- HEINRICHS, D. H. The future of alfalfa for pasture in dry regions and research requirements. In: BARNES, D. K. (Ed.). **Report of the 26th Alfalfa Improvement Conference**. St. Paul: USDA- ARS, 1978. p. 47-48.
- HEINRICHS, D. H. **Alfalfa in Canada**. Ottawa: Canada Department of Agriculture, 1968. 28 p. (Publication, 1377).
- HIJANO, E. H.; BASIGALUP, D. H. El cultivo de la alfalfa en la República Argentina. In: HIJANO, E. H.; NAVARRO, A. (Ed.). **La alfalfa en la Argentina**. Cuyo: INTA, 1995. p. 11-18.
- KALU, B. A.; FICK, G. W. Quantifying morphological development of alfalfa for studies of herbage quality. **Crop Science**, v. 21, n. 2, p. 267-271, 1981. DOI: 10.2135/cropsci1981.0011183X002100020016x.
- LANGER, A. M. Alfalfa, lucerne. In: SMARTT, J.; SIMMONDS, N. W. (Ed.). **Evolution of crop plants**. Harlow: Longman, 1995. p. 283-286.
- LESINS, K. A.; LESINS, I. **Genus Medicago (Leguminosae)**: a taxogenetic study. The Hague: Dr. W Junk bv Publishers, 1979. 228 p.
- MICHAUD, R.; LEHMAN, W. F.; RUMBAUGH, M. D. World distribution and historical development. In: HANSON, A. A.; BARNES, D. K.; HILL, R. R. (Ed.). **Alfalfa and alfalfa improvement**. Wisconsin: American Society of Agronomy, 1988. p. 25-91.
- NUERNBERG, N. J.; MILAN, N. A.; SILVEIRA, C. A. M. **Manual de produção de alfafa**. Florianópolis: Epagri, 1992. 86 p.

- OLIVEIRA, P. R. **Avaliação da variabilidade genética e seleção de plantas de alfafa crioula (*Medicago sativa* L.)**. 1991. 153 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- PÉREZ DE PEREYRA, A. I.; AGUILAR ESPINOSA, N. B. **Diccionario bilingüe de términos de interés para las ciencias agropecuarias**: inglês-español e español- inglês. Córdoba: Comunicarte, 2002. 192 p.
- QUIROS, C. F.; BAUCHAN, G. R. The genus *Medicago* and the origin of the *Medicago sativa* complex. In: HANSON, A. A.; BARNES, D. K.; HILL, R. R. (Ed.). **Alfalfa and alfalfa improvement**. Wisconsin: American Society of Agronomy, 1988. p. 93-124.
- SAIBRO, J. C. Produção de alfafa no Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 1, 1985, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fealq, 1985. p. 61-106.
- SANDERSON, M. A.; WEDIN, W. F. Phenological stage and herbage quality relationships in temperate grasses and legumes. **Agronomy Journal**, v. 81, n. 6, p. 864-869, 1989. DOI: 10.2134/agronj1989.00021962008100060005x.
- SIMONDS, A. O. Histological studies on the development of the root and crown of alfalfa. **Journal of Science**, v. 9, n. 4, p. 641-659, 1935.
- SHIFINO-WITTMANN, M. T. S. Alfafa. In: BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. (Ed.). **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 89- 120.
- STEWART, G. **Alfalfa growing in the United States and Canada**. New York: MacMillan, 1926.
- TEUBER, L. R.; BRICK, M. A. Morphology and anatomy. In: HANSON, A. A.; BARNES, D. K.; HILL, R. R. (Ed.). **Alfalfa and alfalfa improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1988. p. 125-162. (Agronomy, 29).
- VIANDS, D. R.; SUAN, P.; BARNES, D. K. Pollination control: mechanical and sterility. In: HANSON, A. A.; BARNES, D. K.; HILL, R. R. (Ed.). **Alfalfa and alfalfa improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1988. p. 931-960. (Agronomy, 29).

CAPÍTULO 3. CULTIVARES EN AMÉRICA LATINA

Daniel H. Basigalup, Ariel Sebastián Odorizzi y Reinaldo de Paula Ferreira

El área de cultivo de alfalfa en América Latina es muy heterogénea, desde los 3,2 millones de hectáreas que Argentina cultiva actualmente hasta las 35.000 hectáreas en Brasil. Las formas de utilización son variadas y van desde el uso exclusivo bajo corte para la producción de heno o para pastoreo mecánico hasta el uso en pastoreo directo para la producción de carne o leche. Las diferentes condiciones edafoclimáticas de la región también causan cambios significativos en términos de potencial de producción, persistencia y manejo de cultivo. Se puede hacer un comentario similar con respecto al número de cultivares disponibles en cada país. En este capítulo discutiremos las particularidades de cada país latinoamericano en el que el cultivo de alfalfa es importante y proporcionaremos algunos criterios para la elección de cultivares.

3.1 Criterios para la elección del cultivar

La elección del cultivar a sembrar por parte del productor -especialmente en los casos en que el número de cultivares que ofrecidos es muy abundante - debe considerar el grado de reposo invernal (GRI), la producción potencial de forraje y su distribución estacional, la persistencia y los niveles de resistencia combinada a las principales plagas y enfermedades (POOLE et al., 2003). De todos ellos, el potencial de producción de forraje es probablemente el más importante para el productor.

3.1.1 Reposo invernal. Es una característica genética de la alfalfa por la cual, en respuesta a la disminución del fotoperiodo y a las bajas temperaturas de otoño-invierno, las plantas reducen su crecimiento (McKENZIE et al., 1988). Este mecanismo permite la persistencia de plantas en regiones de inviernos muy rigurosos. Durante la preparación para el descanso invernal, la planta acumula carbohidratos y compuestos nitrogenados en la raíz y la corona, lo que le permite no sólo sobrevivir al invierno sino también reiniciar el crecimiento en la primavera siguiente. La caracterización del GRI se realiza en función de la altura del rebrote medido a los 25-30 días del último corte del otoño, según una escala que incluye incrementos de 5 cm entre los grados 1 (extremadamente con reposo) a 11 (extremadamente sin reposo), utilizando cultivares de referencia (controles) (TEUBER et al., 1998). Sin embargo, Teuber et al. (1995) ya habían señalado que la altura de rebrote del mismo cultivar puede variar entre tiempos de corte o lugares de medición y, por lo tanto, no constituye necesariamente un indicador fiable para la estimación del GRI. Los cultivares con reposo (GRI 1-4) se adaptan a climas fríos y concentran su producción a mediados/finales de primavera-verano. Por otro lado, los cultivares sin reposo (GRI 8-11) están menos subordinados al fotoperiodo y continúan su crecimiento con

temperaturas $\geq 5^{\circ}\text{C}$ (POOL et al., 2003). Los cultivares con reposo intermedio (GRI 5-7) se encuentran obviamente entre los dos extremos. Mármol (1986) menciona que mientras los cultivares de GRI 1-3 no se ven afectados por las heladas, los cultivares de GRI 8-11 pueden ser dañados por temperaturas inferiores a -1°C , por lo que recomienda que estos últimos sean utilizados en zonas templadas y tropicales. En general, en América Latina se utilizan cultivares de GRI entre 4 y 10.

Usualmente los cultivares con reposo invernal exhiben en otoño tallos cortos y postrados, alcanzan su máxima producción en primavera y tienen bajas tasas de crecimiento durante el verano. Por su lado, los cultivares sin reposo invernal siguen creciendo durante el otoño y tienen tallos más erectos, con tasas de crecimiento más altas durante la primavera y el verano (SHEAFFER et al., 1992). Otro aspecto que podría estar relacionado con el reposo invernal es la calidad del forraje: los tallos más erectos y fibrosos de los cultivares sin reposo pueden disminuir la digestibilidad y el contenido proteico de forraje (BRUMMER et al., 2002; KNIPE et al., 1998; PUTNAM; ORLOFF, 2003); sin embargo, esta tendencia no se aplica necesariamente en todos los casos y debe tomarse con precaución.

3.1.2 Producción y distribución estacional de forraje. Para obtener los mejores resultados económicos, la siembra debe hacerse con cultivares que tienen un alto potencial productivo. La mejor manera de conocer esta información es consultar los resultados de las redes de evaluación que algunos países han desarrollado y que implican la medición de los rendimientos de forraje y la persistencia en diversas localidades, de acuerdo con pautas de manejo preestablecidas y con diseños de ensayos con repeticiones y cultivares control. La productividad se puede expresar en kilos (kg) o toneladas (t) de materia verde (MV) o seca (MS), ya sea por corte, acumulada por temporada o acumulada por el total del ensayo (≥ 2 temporadas de evaluación). En varios países de América Latina existen redes públicas de evaluación -que en algunos casos tienen estatus oficial y obligatorio- que proporcionan información fiable y objetiva.

Utilizando tanto las estimaciones de producción de forraje y persistencia a lo largo del tiempo como las interacciones genotipo x ambiente (cultivares x localidades), se pueden definir la adaptabilidad y la estabilidad de los cultivares. La adaptabilidad se refiere al rendimiento en un ambiente determinado y la estabilidad a la repetición del comportamiento en varios ambientes. Una forma de visualizar la interacción genotipo x ambiente es hacerlo a través del análisis de componentes principales (CP), que incluye la producción acumulada de cada cultivar a lo largo de todas las temporadas y localidades, el rendimiento medio de cada cultivar en todas las localidades y el rendimiento medio en cada localidad para todos los cultivares. Sobre la base de las dos CPs que explican la mayor parte de la variabilidad se puede elaborar un gráfico (*GGE biplot*) para visualizar

el comportamiento de los cultivares durante todo el período de evaluación.

Analizando el rendimiento de cada corte se puede calcular la distribución estacional de la producción de forraje. Como se mencionó anteriormente, los cultivares con reposo invernal detienen su crecimiento en otoño-invierno, mientras que los de menor reposo tienen una temporada de crecimiento más larga y, por lo tanto, un período de mayor disponibilidad de forraje en el tiempo (SHEAFFER et al., 1988; WEISHAAR et al., 2002). No obstante, el porcentaje de la posible distribución estacional de esa producción está muy influenciado por las condiciones ambientales en que los cultivares se desarrollan. En este sentido, Spada (2003) analizó en Argentina la distribución estacional de la producción de MS de un grupo de cultivares con reposo intermedio (GRI 5-7) y sin reposo (GRI 8-9) en ensayos conducidos en secano (sin riego) durante el período 1998-2002 en tres localidades agroecológicas diferentes: Anguil (zona semiárida), Marcos Juárez (zona sub-húmeda) y Rafaela (zona húmeda). Concluyó que en las zonas húmeda y sub-húmeda el ciclo de crecimiento de los dos grupos de reposo incluyó el invierno, mientras que en la zona semiárida estos mismos cultivares no registraron crecimiento invernal en ninguno de los dos grupos de reposo. En las localidades con mayor humedad (Rafaela y Marcos Juárez), los cultivares sin reposo acumularon más forraje en primavera que en verano, mientras que en los de reposo intermedio la producción estival fue comparativamente más importante que la de primavera, lo que indica que el crecimiento de los grupos de reposo no sólo se ve afectado por el fotoperíodo y las temperaturas, sino también por las condiciones de humedad. Todos estos factores tienen un impacto en las tasas de crecimiento de cada GRI, determinando así las diferencias de distribución de la producción de forraje a lo largo de las temporadas.

3.1.3 Persistencia. La persistencia se refiere a la capacidad de las plantas para sobrevivir en el tiempo, lo que permite a la alfalfa alcanzar los niveles esperados de rentabilidad. Entre los diversos factores que determinan la persistencia, la tolerancia a las bajas temperaturas en invierno y la resistencia a plagas y enfermedades se enumeran generalmente como los más importantes. No obstante, Volenec et al. (2002) no encontraron en Estados Unidos una alta correlación entre elevados niveles de resistencia a plagas y enfermedades y altos porcentajes de persistencia. Esto coincide con lo que se ha observado durante muchos años de ensayos en diversos ambientes de la Región Pampeana de Argentina. De lo anterior se infiere que la persistencia del cultivo es un fenómeno complejo, donde el comportamiento sanitario es sólo uno de los factores. En este contexto, la persistencia de las plantas está influenciada por procesos fisiológicos interdependientes que condicionan la adaptación y el comportamiento a lo largo del tiempo. Como se mencionará para la producción de forraje, en el caso de la persistencia también se observa una importante interacción cultivar x localidad.

La importancia de la persistencia es que el rendimiento del forraje está directamente relacionado con la densidad de las plantas en el cultivo. Analizando los datos del período 1990-2002 de la Red de Evaluación de Cultivares de Alfalfa (RECA) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) en Argentina, se detectó una correlación lineal ($r = 0,35$, $p < 0,0004$) entre la producción de forraje acumulado durante cuatro años y la persistencia de los cultivares de diferentes GRI (Figura 1). Si bien esta relación directamente proporcional entre mayor persistencia y producción de forraje puede ser más fuerte en algunas localidades que en otras, no siempre se verifica (KALLENBACH et al., 2002). Una posible explicación a esto último es que el cultivo puede compensar la pérdida de plantas con un aumento del número de tallos en las plantas sobrevivientes (SHEAFFER et al., 1988).

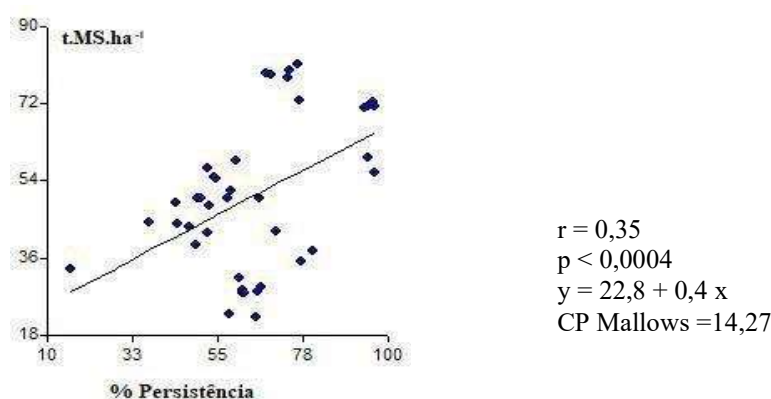


Figura 1. Relación entre la producción acumulada de forraje (t MS ha⁻¹) y la persistencia (%) de cultivares de alfalfa con diferente grado de reposo invernal.

Otro concepto generalizado es el que establece una relación directamente proporcional entre mayor descanso invernal y mayor persistencia (ROSSANIGO et al., 1995). Para las condiciones templadas de Argentina, este concepto fue aceptado como válido durante un largo período de tiempo. Sin embargo, el análisis de los últimos quince años de los ensayos de la RECA-INTA permite concluir que esta tendencia ya no puede ser aceptada en todos los casos. Si bien hay cultivares con mayor reposo invernal que demostraron tener más persistencia, en la mayoría de las localidades de la red se observó que todos los grados de reposo exhibieron buena persistencia -después de cuatro temporadas de evaluación-, con una media general del 60% de la población original de plantas. Sin duda, el progreso genético alcanzado durante la última década en el desarrollo de cultivares sin reposo invernal ha contribuido significativamente a este resultado. Obviamente, en los países donde las condiciones invernales son más estrictas, la mayor resistencia al frío de los cultivares con más reposo contribuye a su mayor persistencia (VOLENEC et al., 2002).

3.1.4 Resistencia a las plagas y enfermedades. Los daños causados por plagas (principalmente insectos) y enfermedades reduce la productividad, calidad y persistencia del cultivo, además de predisponer las plantas a la acción de otros agentes de estreses abióticos. Cuando existen datos disponibles sobre la caracterización de los niveles de resistencia, la elección de cultivares de alfalfa debe dirigirse a aquellos con altos niveles de resistencia a las plagas y enfermedades económicamente importantes de cada región.

De acuerdo con su comportamiento frente al ataque de plagas y enfermedades, los cultivares pueden clasificarse básicamente como: a) resistentes: las plantas son capaces de restringir o eliminar la actividad de un patógeno; b) tolerantes: las plantas no impiden el avance o desarrollo del patógeno, pero no manifiestan una disminución significativa de su producción; y c) susceptibles: las plantas son incapaces de restringir la actividad patógena y sufren daños económicos o mueren. La forma habitual de expresar el nivel de resistencia a las plagas y enfermedades que tiene un cultivar de alfalfa es a través de una categorización basada en el porcentaje de plantas resistentes presentes en la población (Tabla 1). En América del Norte y Argentina estos porcentajes de resistencia se determinan en pruebas estandarizadas bajo condiciones controladas y con la participación de cultivares de control resistentes y susceptibles (FOX et al., 1998).

Tabla 1. Categorías de resistencia basadas en los porcentajes de plantas resistentes a plagas y enfermedades determinadas en pruebas protocolizadas.

AR	altamente resistente	$\geq 51\%$
R	resistente	31 - 50%
MR	moderadamente resistente	15 - 30%:
BR	baja resistencia	6 - 14%
S	susceptible	$\leq 5\%$

Fuente: Adaptado de Fox et al. (1998).

Es importante notar que la categoría "inmune" no está incluida en la Tabla 1 y que la categoría "altamente resistente" implica la existencia de hasta el 49% de las plantas susceptibles en la población. Por lo tanto, un primer análisis de la situación podría sugerir que esta categorización refleja niveles aparentemente insuficientes de resistencia para proporcionar un nivel adecuado de protección de los cultivos. Sin embargo, Miller (1993) concluyó que, si al menos el 30% de las plantas de un cultivo

fueran resistentes y suponiendo que estas plantas resistentes se distribuyeran aleatoriamente a través de toda la superficie, este nivel sería suficiente para detener la propagación del patógeno al resto del lote.

Como ya se ha señalado, la asociación entre la persistencia y el daño de enfermedades o plagas no sigue una tendencia clara. Más a menudo de lo esperado, la resistencia de un cultivar a ciertos insectos o enfermedades no necesariamente se traduce en altos niveles de persistencia. En ese sentido, la aparición de condiciones ambientales muy favorables para los patógenos y/o para el estrés de las plantas puede condicionar su persistencia. Por ejemplo, las inundaciones causadas por fuertes lluvias o por un mal manejo del riego favorecen el ataque de las enfermedades de raíz y corona y pueden causar una alta mortalidad de plantas susceptibles. Del mismo modo, la aparición de períodos secos favorece la proliferación de áfidos y ácaros (*Tetranychus desertorum* y *T. telarius*).

3.2 Situación de la alfalfa y cultivares recomendados en los principales países productores de América Latina

3.2.2 Argentina

Argentina, uno de los principales productores mundiales de alfalfa y el más importante de América Latina, tiene una superficie sembrada estimada en 2017 en 3,2 millones de hectáreas, de las cuales 60% son cultivos puros y 40% en asociación con gramíneas templadas. La mayor parte de la superficie cultivada se concentra en la Región Pampeana, donde se produce principalmente en secano (sin riego) y se utilizan sistemas rotativos de pastoreo directo, aprovechando los eventuales excesos de producción primavera/verano para confeccionar reservas de forraje (heno y ensilado). En otras áreas -como Cuyo, NOA y Patagonia- se cultiva en condiciones de regadío y se utiliza básicamente para la producción de heno y semillas.

En comparación con años anteriores, como en el año agrícola 1996/1997 en que la alfalfa alcanzó más de 7 millones de hectáreas, se registró en los últimos años una reducción significativa de la superficie de siembra. La crisis de varios años del sector lácteo y la producción más rentable de granos en los mejores suelos de la Región Pampeana contribuyeron a este descenso. Como contrapartida, las actuales condiciones favorables para la producción de carne vacuna y el creciente interés por la producción de heno de calidad, tanto para la exportación como para el mercado interno, permiten vislumbrar interesantes perspectivas de recuperación de superficie de siembra en el futuro cercano. El área destinada a la producción de heno de alfalfa en Argentina se estima en 800.000 ha año⁻¹, con una producción total de 5,5 millones de toneladas de MS, de las cuales el 70% son rollos, el 18% son megafardos (fardos prismáticos de gran tamaño) y el resto son fardos pequeños. Las

exportaciones de megafardos, principalmente a países árabes, pasaron de 47.000 t en 2013 a más de 70.00 t en 2017.

El mercado nacional de semilla de alfalfa fiscalizada alcanzó 5.822 t en 2014, 6.661 en 2015 y 4.707 t en 2016. Esta cifra incluye la producción nacional (1.675, 1.875 y 2.169 t en 2014, 2015 y 2016, respectivamente), el sobrante de las campañas anteriores o *carry-over* (estimado en 900 t por año) y la semilla importada. Las importaciones de semilla llegaron a 3.247, 3.886 y 1.638 t en 2014, 2015 y 2016, respectivamente. Los principales proveedores de semilla importada en Argentina son Australia (48% en 2016, 51% en 2015 e 43% en 2014) y Estados Unidos (29% en 2016, 36% en 2015 y 51% en 2014). Otros proveedores son Canadá, Francia e Italia. Todas las cifras anteriores se refieren a semillas pildoradas (peletizadas), que es la modalidad que representa más de 90% de la semilla fiscalizada que se vende en el país. Es interesante notar que la participación de semilla nacional está creciendo: 42%, 40% y 56% del mercado en 2014, 2015 y 2016, respectivamente

El Registro Nacional de Cultivares (RNC) del INASE (Instituto Nacional de Semillas) de Argentina incluía en 2016 un total de 426 cultivares de alfalfa. Cerca de 62 cultivares fueron registradas en 1981/1990, 168 en 1991/2000, 135 en 2001/2010 y 61 en 2011/2017. En los últimos años hubo una marcada disminución en el registro de nuevos cultivares: 4 en 2014, 3 en 2015 y 6 en 2016². En relación con el origen de los 426 cultivares registrados, 134 fueron desarrollados en Argentina, 244 en los Estados Unidos, 27 en Australia, 12 en Francia y 9 en otros países. Del total de variedades registradas, aproximadamente 120 son actualmente comercializadas.

Durante las últimas dos décadas, la tendencia fue usar una mayor proporción de cultivares sin reposo invernal (GRI 8-10) y, en menor grado, con reposo intermediario (GRI 6-7). Los cultivares de GRI 5 están concentrados en las partes más australes de la Región Pampeana y en la Patagonia. La red de evaluación de cultivares (RECA), coordinada por el INTA Manfredi, incluye 17 localidades y fue creada para ofrecer información sobre la adaptación de los cultivares a las diferentes condiciones edafoclimáticas del país.

Los ensayos son implantados agrupando los cultivares por GRI y son conducidos por cuatro años bajo condiciones de corte, registrando la producción acumulada de MS y la persistencia. Los resultados son publicados anualmente en "Avances en Alfalfa" (AROLFO; ODORIZZI, 2016), incluyendo la caracterización de los niveles de resistencia de cada cultivar a los pulgones verde (*Acyrtosiphon pisum*), azul (*A. kondoi*) y moteado (*Therioaphis trifolii*) y a enfermedades como podredumbre húmeda o fitóftora (*Phytophthora megasperma* f. sp. *medicaginis*), fusariosis (*Fusarium oxysporum* s. sp. *medicaginis*) y antracnosis (*Collettorichum trifolii*). También existe una red privada de evaluación de cultivares conducida por la Cámara de Semilleristas de la Bolsa de

Cereales de Buenos Aires, cuyos resultados se publican en “Pastura Test” (RED DE ENSAYOS DE VARIEDADES FORRAJERAS, 2017).

La Tabla 2 muestra los cultivares destacados de la RECA en las Series 2010 y 2012 (AROLFO; ODORIZZI, 2016).

Tabla 2. Cultivares de alfalfa cuya producción acumulada de forraje (4 temporadas) igualó o superó en al menos tres localidades el promedio del ensayo de la RECA INTA-Series 2010 y 2012.

Serie	GRI	Cultivar	MF	CDU	AN	MJ	VD	GV	HA	RF	PA	VM	SDE	BO	RQ
2010	6	WL 611				x		x		x					x
	6	Pintado				x				x	x				
	6	Pro INTA Luján				x				x					
2012	6	G 686		x				x	x	x	x				
	6	CW 660	x	x		x				x	x	x			
	6	CW 620		x					x		x				
2010	7	Magna 787	x			x		x		x		x			x
	7	P 5681		x	x							x			
	7	ProINTA Patricia	x		x					x		x			
2010	8	WL 818	x	x				x							
	8	Verdor		x					x						x
2012	8	Verdor	x			x		x	x		x		x		
	8	WL 818	x			x		x		x	x		x		
2010	9	WL 903				x		x	x	x			x	x	x
	9	CW 194				x		x		x					
	9	DK 192		x	x										x
	9	EBC 90		x	x							x			x
	9	Villa		x	x										
2012	9	BAR 9242		x							x		x		
	9	Brava							x	x	x		x		
	9	CW 194				x				x	x				
	9	WL 903				x			x		x		x		
2010	10	WL 1058				x	x	x		x	x	x	x	x	
	10	Ruano	x			x		x							
2012	10	Mireya II						x	x		x	x	x		
	10	WL 1058				x		x	x	x	x		x		

MF = Manfredi; CDU = Concepción del Uruguay; AN = Anguil; MJ = Marcos Juárez; VD = Viedma; GV = General Villegas; HA = Hilario Ascasubi; RF = Rafaela; PA = Paraná; VM = Villa Mercedes; SDE = Santiago del Estero; BO = Bordenave e RQ = Reconquista.

3.2.3 Brasil

A diferencia de países con mayor tradición en el cultivo de alfalfa -como Estados Unidos, Canadá y Argentina-, que tienen un alto número de cultivares, Brasil tiene la mayor parte del área cultivada con variedades derivadas de la población Crioula, como son los cultivares Crioula CRA, Crioula Itapuã, Crioula na Terra, Crioula Nativa, Crioula Ledur, Crioula Roque, Crioula Chile y Crioula UFRGS (KÖPP et al., 2011).

Los cultivares de alfalfa derivados de la población Crioula se caracterizan por no presentar caída de hojas durante su desarrollo, lo que se traduce en una mayor acumulación de reservas en las raíces y la corona. Esta retención foliar proporciona un rebrote intenso y vigoroso y conduce a una rápida recuperación de la zona foliar después del corte, con buen rendimiento de materia seca, buena distribución estacional y gran persistencia. Además, debido a que no tienen reposo invernal, muestran un crecimiento activo durante el otoño y el invierno (NUERNBERG et al., 1992). La población Crioula tiene un hábito de crecimiento erecto, lo que constituye una característica interesante para la henificación, que es el uso prácticamente excluyente del cultivo de alfalfa en Brasil; aunque también posee plantas tolerantes al pastoreo, lo que amplía sus posibilidades de uso (FAVERO, 2006). La gran adaptación de las poblaciones Crioulas a las condiciones ambientales de Brasil es el resultado de más de 150 años de selección -tanto natural como dirigida- en introducciones de alfalfa realizadas en Rio Grande do Sul desde Argentina y Uruguay (OLIVEIRA et al., 1993; PEREZ, 2003).

Actualmente Brasil tiene alrededor de 35.000 ha de alfalfa, de las cuales la gran mayoría se concentra en los estados de Paraná y Rio Grande do Sul. Existe un gran potencial de expansión del cultivo hacia las regiones del Sureste y Medio Oeste, donde se dispone de áreas más extensas y tecnificadas. Sin embargo, este proceso de expansión enfrenta importantes restricciones, incluida la falta de cultivares adaptados a las condiciones tropicales, la baja fertilidad del suelo, la falta de conocimiento sobre las tecnologías de manejo y la baja disponibilidad de semillas (FERREIRA et al., 2004).

Las características de la alfalfa -como alta producción, alto valor nutricional y elevada digestibilidad- le confieren un papel importante en la mejora de la calidad de las dietas utilizadas en las regiones tropicales, donde las forrajeras megatérmicas que son muy productivas en estas regiones se caracterizan por muy bajos niveles de digestibilidad de fibra y de contenido proteico, lo que afecta la ingesta de nutrientes digestibles y, en consecuencia, el rendimiento animal (VILELA, 1994).

El uso de la alfalfa como parte de la dieta es una alternativa prometedora como complemento de las forrajeras tropicales, ya que no solo proporciona una mejor calidad del forraje consumido por el animal, sino que también permite un mejor equilibrio en la relación energía/proteína. Otro aspecto positivo es que el uso de alfalfa como parte de la dieta disminuye el riesgo de aparición de timpanismo, que puede ser alto en condiciones donde la alfalfa es el único alimento (VILELA, 1994).

Durante la estación seca, lo que se recomienda en Brasil es utilizar la alfalfa en pastoreo suplementada con forraje conservado (ensilaje de maíz) y concentrado. Durante la época de lluvias se recomienda alternar el pastoreo de alfalfa con pastoreo de forrajeras tropicales, como pasto Tanzania o Tobiatá (*Megathyrsus maximus*) y suplementar con concentrado. Para los animales que producen más de 6.000 litros de leche/lactancia, se recomienda la participación de la alfalfa en valores de al menos 30 a 40% de la materia seca consumida (FERREIRA et al., 2016).

3.2.4 Perú

La alfalfa se cultiva en diversos ambientes, desde templados a fríos o cálidos, y en altitudes que oscilan entre los 1.500 y los 3.000 metros sobre el nivel del mar (BERNAL, 2005). Sin embargo, los mejores rendimientos se obtienen entre los 1.500 y 2.500 metros y con 8-10 cortes año⁻¹. En zonas más frías se obtienen alrededor de 8 t MS ha⁻¹ año⁻¹ con tres cortes. En las zonas costeras con riego el potencial de producción es muy alto. Por ejemplo, en ensayos con riego complementario se obtuvieron en Arequipa hasta 32 t MS ha⁻¹ año⁻¹ en 12 cortes, alcanzando una producción de 3,7 t MS corte⁻¹ en diciembre-enero y 2 t MS ha⁻¹ corte⁻¹ en junio-julio. Esto demuestra que es posible obtener aumentos en la producción de leche utilizando pasturas basadas en alfalfa a pesar de la menor producción de forraje en invierno. También se obtuvieron valores de calidad forrajera muy altos, con digestibilidad *in vitro* de 68-76% y contenido de proteína bruta (PB) de 23 a 27%. En valles costeros e interandinos se recomiendan cultivares con reposo intermedio (6-8 cortes año⁻¹) y sin reposo (que proporcionan hasta 12 cortes año⁻¹), mientras que para la Puna (Meseta del Altiplano) se recomiendan cultivares con reposo invernal (2-3 cortes año⁻¹). En la Puna, se obtuvieron rendimientos de 11 a 13 t MS ha⁻¹ en pasturas bien manejadas de alfalfa pura (ARGOTE, 2004).

La alfalfa, ya sea como forraje verde o heno, se utiliza para ganado bovino, caballos, ovejas, cabras y animales más pequeños como conejos. La forma de cultivarla en muchos lugares es hacer caballones de 4 a 5 m de ancho, para facilitar el riego por surco. La densidad de siembra suele ser de 25 a 30 kg ha⁻¹. La semilla utilizada proviene de importaciones, siendo Chile uno de los principales proveedores.

Se estima que en la actualidad el Perú cultiva unas 120.000 ha de alfalfa, distribuidas básicamente en la zona costera, siendo los departamentos de Arequipa, Lima, Ancash, Ayacucho y Tacna los más importantes. A finales de la década de 1990, los cultivares locales (ecotipos) Yaragua, Tambo y Caravelli eran más productivos que las variedades importadas de los Estados Unidos, como Moapa y Cuf 101 o la población denominada “Común de California” (*California Common*). Más recientemente, cultivares como Sceptre y SWI-8210 (australianos) y Moapa Mejorada y WL528HQ (de EE.UU.) se destacaron por su precocidad. En algunas áreas los cultivares Beacon y WL 625 y los ecotipos Sampedrana, Monsefu y Paijanera se destacaron por su alta productividad. En Puno los cultivares con descanso invernal se pueden usar sin riego, ya que durante la estación seca (invierno) las plantas no crecen debido a las bajas temperaturas. En esta localidad se recomiendan los cultivares Joya, WL 320, WL 325, WL 350, Rebound, Prince, Gold Plus y TPC (para la zona del Lago Titicaca). También se recomiendan pasturas de alfalfa sembradas en líneas alternadas con *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* o *F. pratensis*, con una dosis de 15 (sembrado en línea) a 20 (sembrado a voleo) kg ha⁻¹ de alfalfa y 6 a 8 kg ha⁻¹ de las gramíneas.

3.2.5 Uruguay

Durante más de tres décadas los sistemas de producción ganadera en Uruguay se han caracterizado por la intensificación. Dentro de este proceso, la implantación de pasturas a base de gramíneas templadas y tréboles (*Trifolium spp.* o *Lotus spp.*) ha alcanzado especial importancia. Sin embargo, durante los últimos años el interés por la alfalfa ha aumentado, particularmente para la producción de leche bovina, no solo por su calidad y su potencial de producción y persistencia, sino también por su capacidad para tolerar períodos secos. Las principales limitaciones para la expansión de la alfalfa están relacionadas con problemas del suelo, particularmente acidez, altas deficiencias de fósforo (P), drenaje inadecuado y restricciones al crecimiento de las raíces. La inoculación con rizobios (*Ensifer meliloti*, ex *Sinorhizobium meliloti*) para fijación de N₂ es esencial para la persistencia del alfalar.

Actualmente, se estima que el país cuenta con unas 70.000 ha de alfalfa, principalmente en la costa oeste, donde se concentra la producción de leche bovina. También hay cierto grado de producción en el centro y, en una proporción muy pequeña, en el centro-norte. En términos generales, la durabilidad de los lotes de alfalfa promedia los cuatro años y la densidad de siembra utilizada es de aproximadamente 15 kg ha⁻¹.

Las necesidades de semilla se satisfacen tanto con la producción nacional como con las importaciones, especialmente de los Estados Unidos y Canadá, y en menor medida de Argentina y

Francia. Sin embargo, las primaveras y los veranos húmedos de Uruguay hacen que la producción nacional sea impredecible y de bajo rendimiento. Por lo tanto, con la relativa expansión del cultivo, las importaciones son cada vez más importantes. Actualmente, se estima que alrededor del 40% de las necesidades del mercado se satisfacen con semilla importada.

En relación con la adopción de cultivares, Rebuffo (2000) afirma que uno de los principales criterios para su elección debe ser la distribución de la producción forrajera a lo largo del año, una característica que está estrechamente relacionada con el grado de reposo invernal (GRI). Para las condiciones de Uruguay, la producción forrajera se concentra en primavera-verano (65 a 75%). Las diferencias entre GRI son evidentes en el período otoño-invierno: mientras que los cultivares sin reposo pueden producir en este período hasta 20% del total anual, los cultivares con reposo alcanzan sólo el 6-10%. Los cultivares con reposo se recomiendan para la producción de heno (fardos), ya que pueden producir cerca de 8 t MS ha⁻¹ en primavera-verano. Por otro lado, los cultivares sin reposo o con reposo intermedio se recomiendan para pastoreo directo o para doble propósito (pastoreo y heno), ya que sus características en cuanto a velocidad de rebrote y ciclo de producción más prolongado permiten un mayor número de cortes o pastoreos durante todo el año. Con el fin de diversificar la oferta de forraje y asegurar una adecuada alimentación del ganado durante el año, se recomienda que el sistema de pastoreo uruguayo utilice cultivares de diferentes GRI.

Aunque hay unos 100 cultivares de alfalfa registrados en el Instituto Nacional de Semillas¹, los dos cultivares más extendidos en Uruguay son -por orden de importancia- Estanzuela Chaná y Crioula. Ambos son de reposo intermedio y tienen alta producción y persistencia para las condiciones imperantes en el país. En 1993 se puso en marcha el Programa Nacional de Evaluación de Cultivares del INIA La Estanzuela. Desde 1999, los ensayos son oficiales y se realizan como parte del sistema nacional de evaluación agropecuaria bajo la coordinación del INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). Los cultivares que destacaron en los ensayos de evaluación son 903, Sigma 890, ACA 605, Crioula, Estanzuela Chaná, Marsh 10, Marsh Brotos, Hybriforce 2600, Magna 787, Magna 804, Magna 868, Marina, Monarca SP INTA, Nobel 620, Nobel 720, Speeda, Super Sonic, Sutter, Tigresa y Uru Alfalfa 9². En estos ensayos, las producciones acumuladas (tres años) alcanzaron las 32 t MS ha⁻¹, con producciones de hasta 19 o 21 t ha⁻¹ en el segundo año.

Aproximadamente el 60% de la alfalfa se utiliza bajo pastoreo directo en sistemas de producción de leche bovina y, en menor medida, en la producción intensiva de carne vacuna. El área restante se utiliza 30% para heno y 10% para ensilaje o semillas.

¹ Disponible en: <www.cultivares.uy>.

² Disponible en: <www.cultivares.uy>.

3.2.6 Chile

El área de alfalfa en Chile ha aumentado sostenidamente en los últimos quince años, pasando de poco menos de 20.000 ha en 2001 a unas 110.000 ha en 2009 y alcanzando las 176.000 ha en 2016³. Alrededor del 70% de la superficie cultivada se concentra en las regiones de Valparaíso y Biobío, aunque también se siembra en las zonas altas de la región más austral del país, en Magallanes. El uso principal de la alfalfa es como suplemento de forraje en invierno para los sistemas intensivos de producción de leche en el área irrigada del centro-sur. Sin embargo, dada su gran versatilidad, también se la utiliza en sistemas intensivos de engorde de vacunos o en sistemas extensivos para ganado bovino y ovino. Cabe destacar que la alfalfa en Chile se emplea principalmente para la suplementación, sea en forma de forraje verde picado, pastoreo directo o como *pellets*.

Aunque existe una producción nacional de semilla, la mayoría de las necesidades del mercado interno están cubiertas por las importaciones, en particular desde los Estados Unidos. Por otro lado, hay empresas chilenas que exportan la mayor parte de su producción de semilla a países vecinos, especialmente Perú. Si bien los valores de importación y exportación de semilla de alfalfa han variado en los últimos 15 años, las exportaciones generalmente superaron a las importaciones. Así, por ejemplo, en 2009 se exportaron 700 t y se importaron alrededor de 470 t, mientras que en 2011 fueron 300 t y 100 t y en 2013 470 t y 140 t, respectivamente. Sin embargo, en 2015 se importaron 220 t y se exportaron 180 t.

Dada la diversidad agroclimática del país, la elección de las variedades sigue siendo una de las decisiones más importantes que debe tomar el productor. El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA Chile) lleva décadas realizando ensayos para evaluar cultivares de alfalfa, con el objetivo de identificar los más adaptados a las diferentes condiciones edafoclimáticas (SOTO, 2000). En estos ensayos se dispone de cultivares de diferentes GRI, buscando aquellos con mayores rendimientos y niveles de resistencia a enfermedades y factores abióticos. En los últimos años, los ensayos han incorporado una gran diversidad de GRI. Por ejemplo, Ivelic-Sáez et al. (2017a), trabajando en la región de Magallanes (Patagonia Austral), evaluaron 21 cultivares de GRI 3 a 10.

La elección de los cultivares está estrechamente relacionada con el reposo invernal, que define el área geográfica donde se utilizarán. Para la zona central, bajo condiciones de riego, los cultivares sin reposo proporcionan altos rendimientos de forraje (25 t MS ha⁻¹ año⁻¹) con hasta ocho cortes por temporada. En la región centro-sur (Libertador Bernardo O'Higgins, regiones del Maule y Biobío), en condiciones de secano, se obtuvieron rendimientos de 5 a 13 t MS ha⁻¹ año⁻¹ en el tercer año (Tabla

³ Disponible en: <www.ine.cl>.

3), dependiendo del cultivar y de la zona geográfica (DEL POZO et al., 2017; ESPINOZA y BARAHONA, 2017). En otro trabajo, Ovalle et al. (2016) informaron niveles de persistencia de 63 a 97%, reflejando la capacidad de la alfalfa para sobrevivir a diferentes niveles de precipitación.

En la región sur del país (Región de los Lagos), se obtuvieron rendimientos anuales de 18 a 21 t MS ha⁻¹ bajo las condiciones usuales de altas precipitaciones (PARGA, 1994). Más al sur, donde predominan las variedades de GRI 3 y 4, los rendimientos disminuyen considerablemente debido a las bajas temperaturas y el acortamiento de la temporada de crecimiento. Por ejemplo, en la Región de Aysén, con buenas precipitaciones pluviales, se registraron producciones de hasta 15 t MS ha⁻¹ año⁻¹; pero en la región de Magallanes, aunque la producción puede alcanzar las 12 t MS ha⁻¹ año⁻¹, el promedio regional es de sólo 5 t MS ha⁻¹ año⁻¹. Independientemente de los rendimientos que la alfalfa pueda alcanzar en la Patagonia chilena, la gran ventaja en esta región es la persistencia, que puede llegar a más de 40 años, produciendo hasta 5 t MS ha⁻¹ año⁻¹ (IVELIC-SÁEZ et al., 2017b).

Tabla 3. Producción de biomasa aérea (PBA) en kg MS ha⁻¹ año⁻¹ y persistencia (P) en porcentaje en cuatro regiones de la centro-sur de Chile y en dos temporadas de crecimiento (2012/14 o 2013/15).

Cultivar	GRI	Litueche (800 mm) ¹		Cauquenes (650 mm) ¹		Los Guindos (900 mm) ¹		Yungay (1200 mm) ³	
		PBA ⁴	P ⁵	PBA	P	PBA	P	PBA	P
Aquarius	8	9.292 a ²	85	13.008 a	67	9.369 a	95	7.326 a	90
WL 458 HQ	6	10.775 a	89	10.386 a	68	7.829 a	92	5.289 a	93
WL 326 HQ	4	10.000 a	80	9.888 a	59	9.344 a	92	3.860 a	88
Venus	5	8.900 a	82	10.225 a	77	7.423 a	85	5.896 a	92
Genesis	7	8.987 a	86	11.321 a	67	7.880 a	96	5.617 a	93
Sardi 5	5	10.012 a	86	10.400 a	67	7.261 a	93	6.128 a	91
Sardi 7	7	9.087 a	74	11.723 a	63	8.320 a	94	10.051 a	92
Sardi 10	10	9.412 a	94	12.950 a	73	10.013 a	92	10.893 a	92
Sardi Grazer	6	7.862 a	91	11.527 a	75	9.058 a	97	7.749 a	90
WL 903 HQ	9			10.536 a	88				

¹ Temporada 2013/15

² Valores con la misma letra en columnas no muestran diferencias significativas entre ellas (Duncan, p ≤ 0,05)

³ Temporada 2012/14

⁴ PBA: Producción de biomasa aérea

⁵ P: Persistencia

Agradecimientos

Los autores reconocen la colaboración de los colegas Jorge Ivelic-Sáez, Carlos Ovalle, Viviana Barahona, Soledad Espinoza y Cristian Moscoso del INIA Chile; Rodrigo Zarza, Carlos Rossi y Rafael Reino del INIA Uruguay; y Valeria Arolfo del INTA Argentina.

Referencias

ARGOTE, G. **Cultivo de alfalfa, instalación, producción y manejo**. Puno: Estación Experimental Illpa, 2004. (INIA. Boletín, n. 1).

AROLFO, V.; ODORIZZI, A. **Avances en Alfalfa**: ensayos territoriales. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, año 26, n. 26, 2016. 83 p.

BERNAL, J. **Manual de manejo de pastos cultivados para zonas alto andinas**. 2005. Disponible em: <http://infoalpacas.com.pe/wp-content/uploads/2016/10/manual_pastos.pdf>. Acceso em: 2 mar. 2018.

BRUMMER, E. C.; MOORE, K. J.; BJORK, C. Agronomic consequences of dormant-nondormant alfalfa mixtures. **Agronomy Journal**, v. 97, n. 4, p. 782-785, Apr. 2002. DOI: 10.2134/agronj2002.7820.

RED DE ENSAYOS DE VARIEDADES FORRAJERAS: Pastura TEST: resultados de la *campaña 2015/16, ene. 2017. Disponible em: <<http://www.csbc.org.ar/images/PasturaTest-2015-2016.pdf>>. Acceso em: 2 mar. 2018.

DEL POZO, A.; OVALLE, C.; ESPINOZA, S.; BARAHONA, V.; GERDING, M.; HUMPHRIES, A. Water relations and use-efficiency, plant survival and productivity of nine alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars in dryland Mediterranean conditions. **European Journal of Agronomy**, v. 84, p. 16-22, Mar. 2017. DOI: 10.1016/j.eja.2016.12.002.

ESPINOZA, S.; BARAHONA, V. **Alfalfa en condiciones de secano Mediterráneo**: una nueva alternativa para la producción de forraje en períodos de escasez. Cauquenes: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2017.

FAVERO, D. **Morfofisiologia comparada de populações de alfafa de diferentes hábitos de crescimento**. 2006. 110 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

FERREIRA, R. de P.; BOTREL, M. de A.; RUGGERI, A. C.; PEREIRA, A. V.; COELHO, A. D. F.; LÉDO, F. J. da S.; CRUZ, C. D. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa em relação a diferentes épocas de corte. **Ciência Rural**, v. 34, n. 1, p. 265-269, jan./fev. 2004. DOI: 10.1590/S0103-84782004000100041.

FERREIRA, R. de P.; VILELA, D.; TUPY, O.; COMERON, E. A.; BASIGALUP, D. H.; BERNARDI, A. C. de C.; KUWAHARA, F. A.; KARAM, D. Potencial forrageiro da alfafa para alimentação de vacas de leite nos trópicos. In: VILELA, D.; FERREIRA, R. de P.; FERNANDES, E. N.; JUNTOLLI, F. V. (Ed.). **Pecuária de leite no Brasil**: cenários e avanços tecnológicos. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2016. p. 213-238.

IVELIC-SÁEZ, J.; MARTÍNEZ, M. P.; SOLÍS, C.; CÁRCAMO, J. **¿Cómo elegir una variedad de alfalfa?** Punta Arenas: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2017a. (Informativo, 72).

IVELIC-SÁEZ, J.; VALENZUELA, J.; SUAREZ, A.; DOMÍNGUEZ, J. Evaluación de la persistencia de la alfalfa en la zona de transición de Magallanes. In: CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE ESPECIALISTAS EN PEQUEÑOS RUMIANTES Y CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS, 10., 2017, Punta Arenas. Santiago: Universidad de Chile, 2017b.

KALLENBACH, R. L.; NELSON, C. J.; COUTTS, J. H. Yield, quality, and persistence of grazing- and hay-type alfalfa under three harvest frequencies. **Agronomy in Journal**, v. 94, n. 5, p. 1094-1103, Sept. 2002. DOI: 10.2134/agronj2002.1094.

KNIPE, B.; REISEN, P.; McCASLIN, M. The relationship between fall dormancy and stand persistence in alfalfa varieties. In: CALIFORNIA ALFALFA SYMPOSIUM, 28., 1998, Reno. **Proceedings...** Davis: University of California, Department of Agronomy and Range Science Extension, 1998. p.203-208. Disponível em: <<http://alfalfa.ucdavis.edu/+symposium/proceedings/1998/98-203.pdf>>. Acesso em: 2 mar. 2018.

KÖPP, M. M.; PEREIRA, A. V.; FERREIRA, R. P. Cultivares de alfafa no Brasil. In: FERREIRA, R. P.; BASIGALUP, D. H.; GIECO, J. O. (Ed.). **Melhoramento genético da alfafa**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2011. p. 309-331.

MARBLE, V. Relative advantages of different dormancies of alfalfa grown in Central and Northern California. CALIFORNIA ALFALFA SYMPOSIUM, 18., 1986, Sacramento. **Proceedings...** Davis: University of California, Department of Agronomy and Range Science Extension, 1986. p. 6-35. Disponível em: <<http://alfalfa.ucdavis.edu/+symposium/proceedings/1986/86-06.pdf>>. Acesso em: 2 mar. 2018.

McKENZIE, J. C.; PAQUIN, R.; DUKE, S. H. Cold and heat tolerance. In: HANSON, A. A.; BARNES, D. K.; HILL, R. R. (Ed.). **Alfalfa and alfalfa improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1988. p. 259-302. (Agronomy, 29).

MILLER, D. R. Alfalfa disease and resistant varieties. In: CALIFORNIA ALFALFA AND FORAGE SYMPOSIUM, 23., 1993, Visalia. **Proceedings...** Davis: University of California, Department of Agronomy and Range Science Extension, 2003. p. 96-98. Disponível em: <<http://alfalfa.ucdavis.edu/+symposium/proceedings/1993/93-96.Pdf>>. Acesso em: 2 mar. 2018.

FOX, C.; BERBERET, R.; GRAY, F.; GRAU, C.; JESSEN, D.; PETERSON, M. (Ed.). **Standard tests to characterize alfalfa cultivars**. 3rd ed. St. Paul: North American Alfalfa Improvement Conference, 1998. Disponível em: <<http://naaic.org>>. Acesso em: 2 mar. 2018.

NUERNBERG, N. J.; MILAN, P. A.; SILVEIRA, C. A. M. Cultivo, manejo e utilização da alfafa. In: NUERNBERG, N. J.; MILAN, P. A.; SILVEIRA, C. A. M. **Manual de produção de alfafa**. Florianópolis: Epagri, 1992. p. 15-61.

OLIVEIRA, P. R. D. de; PAIM, N. R.; CZERMAINSKI, A. B. C. Seleção para rendimento e qualidade da forragem em alfafa crioula. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 9, p. 1039- 1044, set. 1993.

OVALLE, C.; ESPINOZA, S.; BARAHONA, V.; GERDING, M.; HUMPHRIES, A.; DEL POZO, A. Lucerne and other perennial legumes provide new options for rain fed livestock production in the Mediterranean-climate region of Chile. **Ciencia e Investigación Agraria**, v. 42, n. 3, p. 461- 464, Dic. 2016. DOI: 10.4067/S0718-16202015000300014.

PARGA, J. P. M. de. Consideraciones técnicas para el establecimiento y manejo de alfalfa. In: PRODUCCIÓN y utilización de la alfalfa en la décima región. [S.l.]: Instituto Investigaciones Agropecuaria, 1994. p. 3-24. (INIA. Serie remehue, 54). Disponível em: <<http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/seriesinia/NR16750.pdf>>. Acesso em: 2 mar. 2018.

PEREZ, N. B. **Melhoramento genético de leguminosas de clima temperado – alfalfa (*Medicago sativa* L.) e cornichão (*Lotus corniculatus* L.) – para aptidão ao pastejo**. 2003. 174 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

POOLE, G.; PUTNAM, D.; ORLOFF, S. Considerations in choosing an alfalfa variety. In: CALIFORNIA ALFALFA AND FORAGE SYMPOSIUM, 33., 2003, Monterey. **Proceedings...** Davis: University of California, Department of Agronomy and Range Science Extension, 2003. p. 191-200. Disponível em: <<http://alfalfa.ucdavis.edu/+symposium/proceedings/2003/03-191.pdf>>. Acesso em: 2 mar. 2018.

- PUTNAM, D.; ORLOFF, S. Using varieties or cutting schedules to achieve high quality hay: what are the tradeoffs? In: CALIFORNIA ALFALFA AND FORAGE SYMPOSIUM, 33., 2003, Monterey. **Proceedings...** Davis: University of California, Department of Agronomy and Range Science Extension, 2003. p. 201-214. Disponível em: <<http://alfalfa.ucdavis.edu/+symposium/proceedings/2003/03-201.pdf>>. Acesso em: 2 mar. 2018.
- REBUFFO, M. Variedades de alfalfa. In: REBUFFO, M.; RISSO, D.; RESTAINO, F. (Ed.). **Tecnología en alfalfa**. Montevideo: INIA La Estanzuela, 2000. p. 3-16. (INIA. Boletín de divulgación, 69).
- ROSSANIGO, R.; SPADA, M. del C.; BRUNO, O. A. Evaluación de cultivares de alfalfa y panorama varietal en la Argentina. In: HIJANO, E. H.; NAVARRO, A. (Ed.). **La alfalfa en la Argentina**. San Juan: Editar, 1995. p. 63-78. (Manuales, 11).
- SHEAFFER, C. C.; BARNES, D. K.; WARNES, D. D.; LUESCHEN, W. E.; FORD, H. J.; SWANSON, D. R. Seeding-year cutting affects winter survival and its association with fall growth score in alfalfa. **Crop Science**, v. 32, n. 1, p. 225-231, Dec. 1992. DOI: 10.2135/cropsci1992.0011183X003200010046x.
- SHEAFFER, C. C.; LACEFIELD, G. D.; MARBLE, V. L. In: HANSON, A. A.; BARNES, D. K.; HILL, R. R. (Ed.). **Alfalfa and alfalfa improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1988. p. 412-430. (Agronomy, 29).
- SOTO, P. **Alfalfa en la zona centro sur de Chile**. Chillán: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2000. 266 p. (Libro, n. 4).
- SPADA, M. del C. (Ed.). **Avances en alfalfa**: ensayos territoriales. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, año 24, n. 24, 2014. 96 p.
- SPADA, M. del C. Evaluación de cultivares y panorama varietal. In: BASIGALUP, D. H. (Ed.). **El cultivo de la alfalfa en la Argentina**. Buenos Aires: Ediciones Inta, 2007. p. 131-151.
- TEUBER, L. R.; TAGGARD, K. L.; GIBBS, L. K.; McCASLIN, M. H.; PETERSON, M. A.; BARNES, D. K. Fall dormancy. In: FOX, C.; BERBERET, R.; GRAY, F.; GRAU, C.; JESSEN, D.; PETERSON, M. (Ed.). **Standard test to characterize alfalfa cultivars**. 3rd ed. Beltsville: North American Alfalfa Improvement Conference, 1998. p. A-1. Agronomic tests.
- TEUBER, L. R.; TAGGARD, K. T.; GIBBS, L. K.; ORLOFF, S. Characterization of a certified alfalfa cultivar: importance and evaluation of fall dormancy. In: CALIFORNIA ALFALFA SYMPOSIUM, 25., 1995, Modesto. **Proceedings...** Davis: University of California, Department of Agronomy and Range Science Extension, 1995. p. 41-45. Disponível em: <<http://alfalfa.ucdavis.edu>>. Acesso em: 2 mar. 2018.
- VILELA, D. Potencialidade do pasto de alfalfa (*Medicago sativa* L.) para produção de leite. In: WORKSHOP SOBRE PONTECIAL FORRAGEIRO DA ALFAFA (*Medicago sativa* L.) NOS TRÓPICOS, 1994, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL, 1994. p. 205-217.
- VOLENEC, J. J.; CUNNINGHAM, S. M.; HAAGENSEN, D. M.; BERG, W. K.; JOERN, B. C.; WIERSMA, D. W. Physiological genetics of alfalfa improvement: past failures, future prospects. **Field Crops Research**, v. 75, n. 2-3, p. 97-110, May 2002. DOI: 10.1016/S0378-4290(02)00020-5.
- WEISHAAR, M. A.; BRUMMER, E. C.; VOLENEC, J. J. **Selecting for winter hardiness in non-dormant alfalfa**. 2002. Disponível em: <https://www.naaic.org/Meetings/National/2002meeting/2002Abstracts/Weishaar.pdf>>. Acesso em: 2 mar. 2018.

CAPÍTULO 4. CORRECCIÓN DE SUELO, FERTILIZACIÓN Y SIEMBRA

Alberto Carlos de Campos Bernardi, Adônis Moreira y Reinaldo de Paula Ferreira

En el mundo, la alfalfa (*Medicago sativa* L.) es considerada uno de los forrajes más importantes no sólo por su área de cultivo sino también por sus destacadas características, como baja estacionalidad, alta productividad por unidad de superficie, elevado contenido proteico, muy buena palatabilidad, alta digestibilidad y capacidad para fijar nitrógeno en el suelo. Es uno de los forrajes más importantes para la alimentación de ganado de alta producción y se puede ofrecer en forma conservada (heno y ensilado), como forraje verde picado o en pastoreo directo.

En este capítulo se abordarán los temas de corrección de la fertilidad del suelo, fertilización a la siembra y fertilización de mantenimiento, todos aspectos esenciales para el establecimiento y adecuado manejo del alfalfar en condiciones tropicales.

4.1 Corrección de suelo y siembra

Después que el productor ha tomado la decisión de sembrar alfalfa, el proceso de elección del lote es muy importante para el éxito del cultivo. El lote debe ser plano, con suelo de textura media, profundo, bien drenado, sin impedimentos físicos (como horizontes compactados), con buena fertilidad, altos niveles de materia orgánica y facilidades de riego.

Para el análisis de suelo, el muestreo del lote debe realizarse a dos profundidades: 0 a 20 y 20 a 40 cm, recogiendo 20 sub-muestras por área homogénea (color, vegetación, etc...). Sobre la base del resultado de este análisis, se debe corregir la saturación de bases al 80% ($V=80\%$) mediante la siguiente expresión: $NC - CTC (V_2 - V_1) / PRNT$, donde NC es la necesidad de encalado en $t\ ha^{-1}$, CTC es la capacidad de intercambio catiónico en $mmol_c\ dm^{-3}$, V_2 es la saturación de bases a alcanzar (alfalfa = 80%), V_1 es el valor actual de la saturación de bases detectado por el análisis, y PRNT es el poder relativo de neutralización total que viene especificado en el corrector a utilizar (MOREIRA et al., 2008, 2011, WERNER et al., 1996).

Al ser la alfalfa una planta muy sensible a la acidez, el encalado ejerce varios efectos beneficiosos sobre el cultivo, no sólo por la eliminación o disminución significativa de la acidez edáfica, sino también por reducir la toxicidad del aluminio y del manganeso, incrementar la disponibilidad de nutrientes, favorecer la mineralización de la materia orgánica (fuente de N, P, S, B y otros elementos), aumentar la eficiencia de la fijación simbiótica de N, proporcionar Ca y Mg,

mejorar la eficiencia de uso de fertilizantes potásicos y –principalmente- fosfatados, además de mejorar la actividad microbiana del suelo (MOREIRA et al., 2008).

Inicialmente se debe aplicar la mitad de la dosis calculada de calcáreo, dando preferencia a fuentes que tengan un contenido de $Mg > 12\%$; más tarde, con el suelo seco, pasar un subsolador para destruir capas de suelo compactadas o algún otro impedimento en el perfil. Seguidamente, se debe promover una arada profunda, que invierta el pan de tierra, a fin de colocar el corrector en las capas más profundas del suelo, favoreciendo así el crecimiento de las raíces. Sobre esa tierra arada se debe entonces aplicar la mitad restante del calcáreo y luego hacer dos a tres pasajes de rastra hasta lograr un suelo libre de terrones. Antes de la última rastreada se deben aplicar al voleo los fertilizantes de mantenimiento del cultivo (P, K y micronutrientes). En suelos más arcillosos es necesario utilizar una azada rotativa para mejorar el desterronamiento del suelo y así facilitar una mejor siembra del cultivo (RASSINI et al., 2008).

Cuando se riega, la alfalfa se puede sembrar durante todo el año, aunque la siembra al final del verano (abril/mayo) es la más adecuada, ya que en este momento la competencia de las malezas es menor. La siembra debe ser mecánica, con un espaciado de 20 cm entre hileras y utilizando 15 kg ha^{-1} de semilla. Después de la siembra se debe pasar un rodillo (rolo) compactador para incorporar mejor la semilla en el suelo. Se considera que un buen *stand* inicial debe rondar las $400 \text{ plantas m}^{-2}$, que disminuirá con el tiempo y que debería estabilizarse en aproximadamente $200 \text{ plantas m}^{-2}$ (RASSINI et al., 2008).

4.2 Fertilización a la siembra y de mantenimiento

La alfalfa es extremadamente exigente en fertilidad que, por cada 20 toneladas de materia seca (t MS) que produce, extrae 400 kg de N, 133 kg de P_2O_5 y 678 kg de K_2O (WERNER et al., 1996). Por lo tanto, los desequilibrios que se produzcan en la corrección del suelo y en la fertilización pueden conducir a la pérdida de vigor y a la reducción de la longevidad del cultivo.

En una alfalfa bien manejada, los efectos beneficiosos del encalado ocurren a lo largo de todo el ciclo de producción; por ello, el monitoreo a través de análisis de suelo anuales es esencial para la recomendación adecuada de correctores. Cabe destacar que el suministro de nitrógeno (N) para la alfalfa se lleva a cabo exclusivamente por medio de la inoculación de la semilla con cepas de la bacteria *Ensifer meliloti* (ex *Sinorhizobium meliloti*) y por lo tanto no hay necesidad de proporcionar este nutriente en forma de fertilizantes en ningún momento del ciclo de cultivo.

El fósforo (P) es uno de los nutrientes que ha presentado las respuestas más grandes y frecuentes cuando se aplica al cultivo de alfalfa, cuya longevidad y producción están directamente relacionadas con la fertilización fosfatada durante el establecimiento y el mantenimiento del alfalfar. El contenido ideal de P disponible en el suelo, estimado por el método de la resina de intercambio iónico, es de 40 mg dm⁻³ (WERNER et al., 1996). La aplicación de P para lograr este contenido debe, cuando sea necesario, realizarse a la siembra del cultivo (RASSINI et al., 2008).

En la etapa de producción del alfalfar se necesita prestar especial atención a la fertilización con potasio (K) dado que este elemento es uno de los nutrientes más extraídos por el cultivo (BERNARDI et al., 2013 b; MOREIRA et al., 2008). El macronutriente K es esencial para el proceso fotosintético, de modo que cuando hay deficiencias la fotosíntesis disminuye y la respiración aumenta, condiciones que reducen el suministro de carbohidratos a la planta, afectando incluso a la fijación biológica de N (LANYON; GRIFFITH, 1988). Berg et al. (2005) y Bernardi et al. (2013b) informó que el encalado, asociado con el yeso y la fertilización con K, contribuye decisivamente a la longevidad del alfalfar. Estos autores verificaron que las mejores respuestas de la alfalfa a la fertilización con potasio ocurrieron con el 80% de saturación de bases (V). También se observó la tendencia a disminuir la incidencia de malezas a medida que mejora la fertilidad del suelo, ya que en esta situación las plantas de alfalfa son más vigorosas.

Se han informado altos rendimientos de alfalfa con valores de K intercambiable a nivel del 5% del CTC del suelo (BERNARDI et al., 2013a). Por lo tanto, debido a la alta extracción de K que genera el cultivo, es necesario realizar frecuentes fertilizaciones de cobertura. Dosis de 100 a 120 kg ha⁻¹ de K₂O después de cada corte han sido suficientes para obtener altos rendimientos de forraje (BERNARDI et al., 2013a; RASSINI; FREITAS, 1998).

El azufre (S) es otro macronutriente importante para el metabolismo y crecimiento de la alfalfa, y, en combinación con N, participa en la síntesis de aminoácidos y proteínas. Debido a la exigencia que la alfalfa tiene de este macronutriente, su suministro aumenta la producción de materia seca incluso en suelos cuyo contenido se considera suficiente (MOREIRA et al., 1997). Se recomienda aplicar anualmente 4 kg ha⁻¹ de S por tonelada de materia seca producida (MOREIRA et al., 2008).

Los micronutrientes (B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni y Zn) son elementos esenciales para el crecimiento de las plantas, pero son necesarios en cantidades más pequeñas que los macronutrientes. Los resultados de los ensayos de campo mostraron que la aplicación de 50 kg ha⁻¹ de BR-12 FTE BR-12® por año eran suficientes para satisfacer las necesidades de estos micronutrientes (MOREIRA et al., 2008). Si las plantas no adquieren el vigor ni la productividad que se espera, se sugiere realizar

una fertilización foliar cada tres ciclos de corte o pastoreo. Las fertilizaciones de mantenimiento deben hacerse al voleo en toda la superficie del cultivo. Con estas prácticas, en la región sureste se obtienen comúnmente producciones de 20 t MS ha⁻¹ año⁻¹ con entre 10 y 12 ciclos de corte o pastoreo.

La Tabla 1 muestra un resumen de las sugerencias para el encalado y la aplicación de fertilizantes en alfalfa. Existen otras tablas de recomendación para el cultivo sugeridas por Werner et al. (1996) y Cantarutti et al. (1999). Y en la Tabla 2 se presentan rangos adecuados de concentración de nutrientes en análisis foliares para que el cultivo alcance su mayor potencial productivo (MOREIRA et al., 2008; WERNER et al., 1996).

Tabla 1. Sugerencias para el encalado y la aplicación de fertilizantes en alfalfa

Calcáreo	Elevar y mantener la saturación de bases al 80% (Ca: 60% de CTC; Mg: 20% de CTC)
Nitrógeno	Inocular las semillas con <i>Sinorhizobium meliloti</i>
Fósforo	Elevar y mantener el tenor de P en 40 g dm ⁻³
Potásio	Elevar y mantener un tenor equivalente a 5% CTC
Azufre	4 kg ha ⁻¹ por t de materia seca producida
Micronutrientes	1,0 kg ha ⁻¹ de B; 0,5 kg ha ⁻¹ de Cu; 1,0 kg ha ⁻¹ de Mn; 0,1 kg ha ⁻¹ de Mo y 5 kg ha ⁻¹ de Zn cada 2 años.

Tabla 2. Rangos de nutrientes adecuados en análisis foliares de alfalfa.

Macronutrientes (g kg⁻¹)					
N	P	K	Ca	Mg	S
26 a 35	2,5 a 3,5	20 a 40	10 a 20	2 a 6	1,2 a 1,4
Micronutrientes (mg kg⁻¹)					
B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
46 a 60	11 a 14	124 a 220	60 a 82	1,1 a 4,0	42 a 83

Fuente: Adaptado de Moreira et al. (2008) y Werner et al. (1996).

El diagnóstico visual puede ser la primera etapa del diagnóstico nutricional, que deberá ser confirmado luego mediante análisis de suelo y/o de tejidos. Los síntomas de la deficiencia de N son hojas con un tono verde claro a amarillo; los de P son hojas de color verde azulado, que pueden ser rojas o moradas en casos severos; los de K son hojas con manchas blanquecinas en los bordes; los de B son hojas moradas, con acortamiento del tallo principal; y los de Cu son hojas nuevas con curvatura hacia arriba (Figura 1).

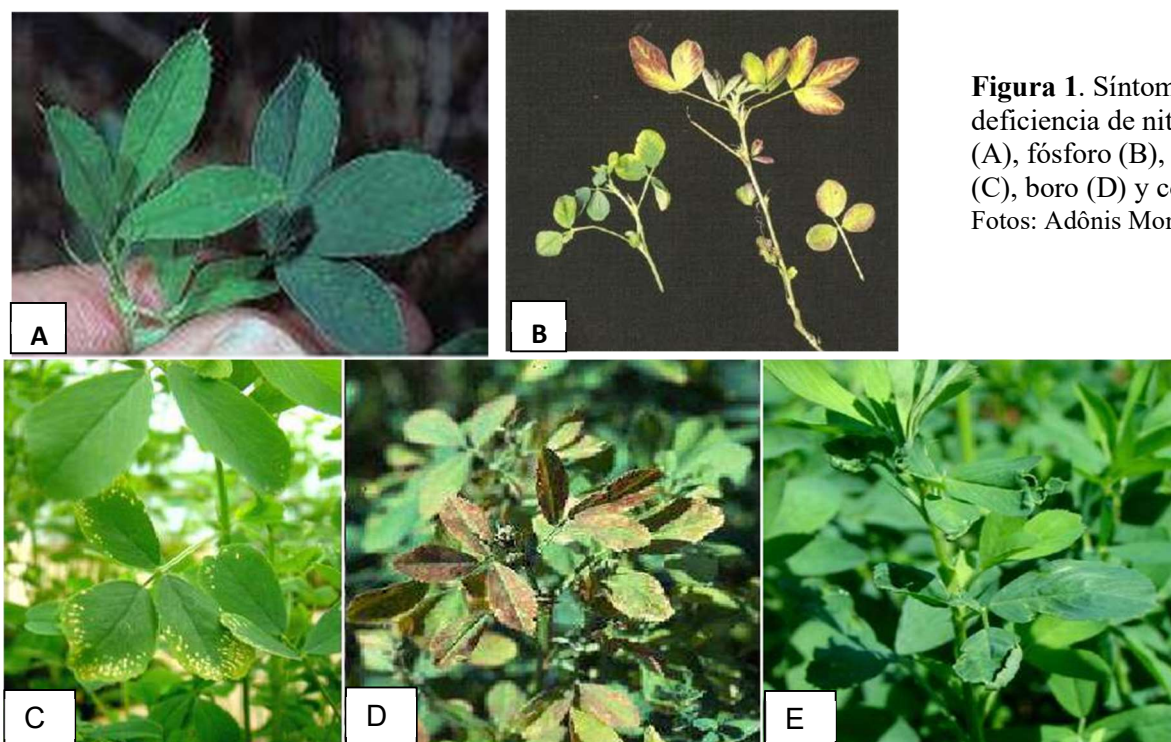


Figura 1. Síntomas de deficiência de nitrogênio (A), fósforo (B), potasio (C), boro (D) y cobre (E). Fotos: Adônis Moreira.

Referencias

- BERG, W. K.; CUNNINGHAM, S. M.; BROUDER, S. M.; JOERN, B. C.; JOHNSON, K. D.; SANTINI, J.; VOLENEC, J. J. Influence of phosphorus and potassium on alfalfa yield and yield components. **Crop Science**, v. 45, n. 1, p. 297-304, 2005. DOI: 10.2135/cropsci2005.0297.
- BERNARDI, A. C. C.; CARDOSO, R. D.; MOTA, E. P.; FERREIRA, R. P. Produção, estado nutricional e qualidade da alfafa sob pastejo e ocorrência de plantas daninhas em resposta à calagem, gessagem e adubação potássica. **Boletim de Indústria Animal**, v. 70, p. 67-74, 2013a. DOI: 10.17523/bia.v70n1p67.
- BERNARDI, A. C. de C.; RASSINI, J. B.; MENDONÇA, F. C.; FERREIRA, R. de P. Alfalfa dry matter yield, nutritional status and economic analysis of potassium fertilizer doses and frequency. **International Journal of Agronomy and Plant Production**, v. 4, n. 3, p. 389-398, 2013b.
- CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, M. M. et al. Pastagens. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. (Eds.) **Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais: Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 332-341.
- LANYON, L. E.; GRIFFITH, W. K. Nutrition and fertilizer use. In: HANSON, A. A.; BARNES, D. K.; HILL JUNIOR, R. R. (Ed.). **Alfalfa and alfalfa improvement**. Madison: Agronomy American Society, 1988. p. 333- 372.
- MOREIRA, A.; CARVALHO, J. G. de; EVANGELISTA, A. R. Efeito de doses de enxofre na produção e composição mineral da alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 5, p. 533-538, 1997.
- MOREIRA, A.; BERNARDI, A. C. de C.; RASSINI, J. B. Correção do solo, estado nutricional e adubação da alfafa. In: FERREIRA, R. de P.; RASSINI, J. B.; RODRIGUES, A. de A.; FREITAS, A. R.; CAMARGO, A. C.; MENDONÇA, F. C. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. p. 95-137.

MOREIRA, A.; FAGERIA, N. K.; GARCIA Y GARCIA, A. Effect of liming on the nutritional conditions and yield of alfalfa grown in tropical conditions. **Journal of Plant Nutrition**, v. 34, n. 8, p. 1107-1119, 2011. DOI: 10.1080/01904167.2011.558155.

RASSINI, J. B.; FERREIRA, R. de P.; CAMARGO, A. C. de. Cultivo e estabelecimento da alfafa. In: FERREIRA, R. P.; RASSINI, J. B.; RODRIGUES, A. A.; FREITAS, A. R.; CAMARGO, A. C.; MENDONÇA, F. C. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. p. 39-79.

RASSINI, J. B.; FREITAS, A. R. Desenvolvimento da alfafa (*Medicago sativa* L.) sob diferentes doses de adubação potássica. **Revista da Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 3, p. 487-490, 1998.

WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N. O.; QUAGGIO, J. A. Forrageiras.

In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1996. p. 245-258. (Boletim IAC, 100).

CAPÍTULO 5. FIJACIÓN BIOLÓGICA DE NITRÓGENO

Luis Henrique de Barros Soares, Daniele Cabral Michel y Jerri Édson Zilli

La fijación biológica de nitrógeno (FBN) es importante para el aporte de nitrógeno (N) tanto en ecosistemas naturales como agrícolas. Se estima que la entrada de N a los sistemas naturales es del orden de 260 millones de t N año^{-1} , a los que se suman alrededor de 40 millones de t N año^{-1} aportados por los sistemas agrícolas a través de la FBN (GALLOWAY et al., 2008). Además, se introducen otros 120 millones de t N año^{-1} en forma de fertilizantes químicos y orgánicos producidos principalmente a través del proceso industrial Harber-Boch (GALLOWAY et al., 2008).

La explotación de la FBN ha sido fundamental para la sostenibilidad de la agricultura brasileña, siendo Brasil el mejor ejemplo del uso racional de este proceso en el mundo. Solamente en el cultivo de soja se estima que más de 35 millones de ha reciben cada año inoculantes que contienen rizobios, lo que supone un ahorro de más de 10 mil millones de dólares anuales (HUNGRÍA; MENDES, 2015). No obstante, en el caso de las leguminosas forrajeras como la alfalfa el uso de inoculantes aún no está muy extendido en Brasil.

La alfalfa es una leguminosa perenne muy cultivada en regiones de clima templado y subtropical que es capaz de establecer simbiosis con rizobios y fijar N. Rizobios, de forma genérica, es el término que se utiliza para designar un grupo de bacterias de diferentes familias (Bradyrhizobiaceae, Brucellaceae, Hyphomicrobiaceae, Methylobacteriaceae, Phyllobacteriaceae, Xanthobacteraceae y Burkholderiaceae) capaces de inducir la formación de nódulos, que son estructuras en las raíces de las plantas de la familia Fabaceae (Leguminosae) donde ocurre el proceso de FBN.

El aporte de la FBN a través de la simbiosis de alfalfa con rizobios puede acercarse a los 200 $\text{kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, cantidad suficiente para asegurar la nutrición nirogenada del cultivo y prescindir de la aplicación de fertilizantes. Sin embargo, existen variaciones en las respuestas a la inoculación de las plantas, asociadas principalmente con las prácticas de manejo del suelo y de los cultivos.

En ese sentido, este capítulo tiene como objetivo aportar información relevante y actualizada sobre la FBN en alfalfa y proponer estrategias para una mejor exploración de esta tecnología.

5.1 Ciclo de nitrógeno y fijación biológica

El conjunto de procesos por los cuales un elemento químico circula a través del medio ambiente y de los seres vivos se denomina ciclo biogeoquímico. El ciclo del N es uno de los más importantes para la vida, ya que este nutriente es demandado en gran cantidad y es esencial para la biosíntesis de moléculas como nucleótidos, aminoácidos y proteínas, siendo constitutivamente indispensable para todas las formas de vida.

Si bien el N_2 atmosférico es la forma más abundante de N para la biosfera –donde alcanza el 78% de la composición de los gases atmosféricos–, esta forma no es accesible para la mayoría de los organismos vivos. Una vez en forma reactiva, el N es extremadamente dinámico, alternando sus formas iónicas en pocos días de acuerdo a las condiciones ambientales, las que interfieren directamente en el funcionamiento de los diferentes procesos.

Un esquema del ciclo N se muestra en la Figura 1. Entre las entradas de N al suelo generalmente se consideran la fijación biológica mediada por bacterias fijadoras de N (diazotróficas), la fertilización y, en menor cantidad, la fijación por descargas eléctricas durante las tormentas. Además de las anteriores, la entrada de N se puede incrementar por la descomposición de diversos residuos de animales, plantas y microorganismos.

Una vez en el suelo, el N sufre diferentes reacciones químicas y bioquímicas, siendo los microorganismos el principal factor para estas transformaciones. En forma orgánica, el N puede ser arrastrado y lixiviado, ser inmovilizado por el uso de microorganismos (varias formas de N se incorporan a la biomasa microbiana) o pasar por el proceso de mineralización (amonificación). El producto final amonio (NH_4^+) puede ser absorbido por las plantas o someterse al proceso de nitrificación, cuyo producto final es nitrato (NO_3^-). Este último también puede ser absorbido por las plantas, o de lo contrario pasar por el proceso de desnitrificación, en el que ciertos microorganismos utilizan esta molécula (y moléculas subsiguientes del proceso) para su respiración bajo condiciones de disponibilidad limitada de oxígeno, siendo el producto final la molécula gaseosa de N_2 .

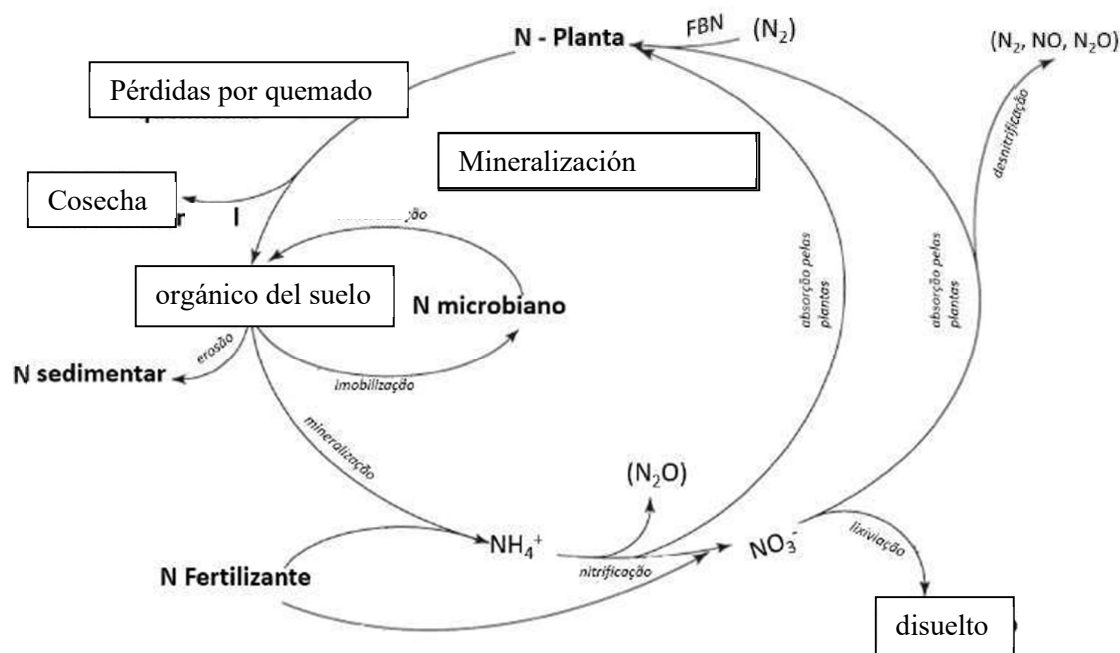


Figura 1. Representación simplificada del ciclo biogeoquímico de N en el medio ambiente. Los procesos principales se indican en cursiva y las formas gaseosas de N entre paréntesis.
Fuente: Robertson y Groffman, 2007.

La FBN es una de las principales formas de entrada del N al suelo (Figura 1). La agricultura representa alrededor del 30% del N utilizado actualmente, aunque el potencial es mucho mayor teniendo en cuenta las tecnologías disponibles. Las bacterias diazotróficas poseen el complejo enzimático de la nitrogenasa y en los ambientes terrestres se distribuyen principalmente en las subclases de proteobacterias alfa y beta. Las proteínas del complejo de la nitrogenasa son responsables de reducir el N_2 a NH_3 y representan la única familia conocida de enzimas que catalizan esta reacción. En la conversión de N_2 a NH_3 se produce la ruptura de la triple conexión (enlace covalente triple) entre los átomos de N, lo que requiere una gran cantidad de energía. La nitrogenasa consigue efectuar esa conversión en condiciones biológicas, proceso que requiere un alto consumo de electrones:



La mayor diversidad de bacterias diazotróficas ocurre entre las clasificadas como “de vida libre”, que fijan N para suministrar a su propio metabolismo y que al final de su ciclo liberan al medio ambiente el N en forma orgánica. En la agricultura las bacterias diazotróficas de vida libre más destacadas actualmente son especies del género *Azospirillum*, seguidas por *Burkholderia* spp. y *Herbaspirillum* spp., que son capaces de asociarse a las raíces de cultivos anuales y fijar N (REIS et al., 2015).

Los rizobios, a diferencia de las asociativas, son bacterias diazotróficas que inducen la formación de nódulos en las leguminosas, estructuras en las que se lleva a cabo la FBN. No todas las leguminosas son capaces de desarrollar nódulos, siendo la frecuencia más alta para las especies de la subfamilia Papilionoideae, a la que pertenece el género *Medicago* (SPRENT, 2009). La simbiosis entre las leguminosas y los rizobios comienza cuando compuestos específicos del grupo de los flavonoides (denominación genérica) son secretados por las raíces de las plantas, lo que constituye la señal molecular de inicio de la interacción planta-bacteria. Estos flavonoides son reconocidos por las proteínas *Nod* de los rizobios, lo que lleva a la activación de los genes *nod* que producen los factores de nodulación (lipoquitos-oligosacáridos). Los factores de nodulación son percibidos por la planta, iniciando así una compleja señalización con la bacteria y culminando con la invasión de éstas al hospedante y con la formación del nódulo (LIRA et al., 2015).

Los nódulos se pueden clasificar en dos grupos principales según su modo de desarrollo. Los nódulos formados en plantas como la soja (*Glycine max* L) y los porotos (frijoles) (*Phaseolus vulgaris* L.) tienen forma globular y son de crecimiento determinado, no poseyendo meristema de crecimiento permanente. En este grupo, los nódulos maduros contienen tejido central homogéneo, con células infectadas y algunas células no infectadas; en la mayoría de las simbiosis, después de la senescencia, las bacterias vuelven a la forma de vida libre (SPRENT, 2009). Por el contrario, los nódulos formados en especies de varios otros géneros -como *Medicago* spp.- tienen meristema apical de crecimiento permanente, están divididos en diferentes zonas de desarrollo y son considerados de crecimiento indeterminado (Figura 2). La zona I comprende el meristema de la planta y los tejidos están libres de bacterias; en la zona II las células vegetales se diferencian en células nodulares y están infectadas por rizobios; en la zona III los bacteroides realizan la FBN propiamente dicha; y en la zona IV, cuyas células sufren senescencia, es donde los bacteroides y las células vegetales degeneran. Además, se puede considerar otra zona de proliferación de bacterias no diferenciadas que viven de manera saprofítica (MARÓTI; KONDOROSI, 2014). A diferencia de la mayoría de los nódulos, los bacteroides formados en los nódulos indeterminados (región colonizadora III) pierden la capacidad de vida libre (DUPONT et al., 2012).

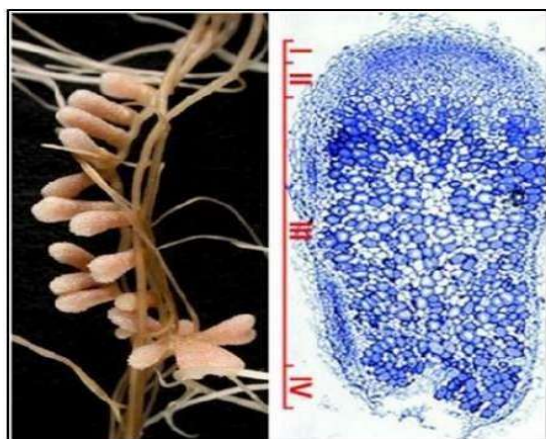


Figura 2. Estructura de la nodulación inducida por *E. meliloti* en la alfalfa. A la izquierda los nódulos de la raíz intactos y a la derecha, el corte longitudinal de los nódulos con indicación de las diferentes zonas.
Fuente: Maróti y Kondorosi (2014).

5.2 Diversidad de bacterias fijadoras de N en alfalfa

Actualmente se reconoce la capacidad de nodulación en más de cien especies de rizobios distribuidas en 15 géneros, que a su vez se distribuyen en siete familias (PEIX et al., 2014). Los géneros más abundantes en especies son *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* y *Paraburkholderia*.

Hasta principios de la década de 1980, todas las bacterias formadoras de nódulos se asignaban al género *Rhizobium*, con indicación del hospedante del que habían sido aisladas. Con el desarrollo de técnicas de caracterización molecular del ADN, se profundizó la taxonomía bacteriana y la definición de nuevos géneros y especies se expandió enormemente. La información actualmente disponible indica que la mayor diversidad se produce en los tres géneros mencionados anteriormente. En cuanto a las leguminosas, los géneros *Medicago*, *Melilotus* y *Trigonella* son miembros de la tribu Trifolieae y tienen como centro de origen la cuenca mediterránea y el oeste de Asia. Estos géneros están altamente relacionados y comparten características de simbiosis con rizobios similares (EARDLY et al., 2017).

Las especies bacterianas actualmente reconocidas como noduladoras eficientes del género *Medicago* pertenecen al género *Ensifer* (EARDLY et al., 2017), que también ha sido anteriormente denominado como *Sinorhizobium* y *Rhizobium* (BERKUM et al., 1998). La alfalfa, a su vez, establece la simbiosis sólo con cepas de las especies *E. medicae* y *E. meliloti*, siendo esta última el principal microsimbionte de la alfalfa en diferentes continentes (DEJEDIDI et al., 2011; RAM-REZ-BAHENA et al., 2015). Si bien *Rhizobium mongol* se había indicado como nodulante en *Medicago sativa* y *M. ruthenica*, la simbiosis se demostró eficiente sólo para esta última especie (BERKUM et al., 1998). En Brasil, Stroschein (2011) informó el aislamiento de bacterias afiliadas al género *Rhizobium* en nódulos de alfalfa recolectados en cultivos de Rio Grande do Sul. Sin embargo, estos resultados todavía parecen ser preliminares y merecen una investigación adicional para confirmar la capacidad de las cepas del género *Rhizobium* de nodular alfalfa.

Relevamientos sobre la diversidad de especies de bacterias que nodulan *Medicago* llevados a cabo en Japón, Argentina, Egipto, Arabia Saudita, España, Italia, Irán, Canadá, Brasil, México, Marruecos y Chile (ABDEL-AZIZ et al., 2008; BROMFIELD et al., 2010; DEJEDIDI et al., 2011; DEL PAPPÀ et al., 1999; EL BATANONY et al., 2015; ELBOUTAHIRI et al., 2010; LANGER et al., 2008; PAFFETTI et al., 1996; RAMÍREZ-BAHENA et al., 2015; SILVA et al., 2007; STROSCHEIN, 2011; TALEBI et al., 2008) confirmaron la presencia de *E. meliloti* y/o *E. medicae* en nódulos e indicaron una alta diversidad intraespecífica. Por lo tanto, la nodulación de la alfalfa ocurre sólo con unas pocas especies de rizobio, y casi exclusivamente con *E. medicae* y/o *E. meliloti* (RAMÍREZ-BAHENA et al., 2015).

En Brasil se vienen utilizando tres cepas de rizobios para la inoculación de alfalfa: SEMIA 116, SEMIA 134 y SEMIA 135. La cepa SEMIA 116 (USDA 1038) se introdujo para la producción de inoculantes. Por otro lado, las otras dos cepas se obtuvieron de aislamientos de nódulos de alfalfa cultivados con suelos de Río Grande do Sul.

5.3 Resultados de la inoculación de alfalfa en las condiciones brasileñas

En varias regiones donde la alfalfa tiene importancia agrícola se han estudiado recurrentemente cuestiones relacionadas con la adaptación, eficacia y competitividad de las cepas de rizobios. Estos aspectos se relacionan directamente con la elección de una cepa determinada para su uso en productos comerciales, de lo que se infiere que los casos de fracaso en el proceso de inoculación son frecuentes. Es común que muchas cepas de *E. meliloti*, cuando se inoculan en semillas de alfalfa, no sean capaces de competir en el largo plazo con la flora nativa de la rizosfera, aun cuando promuevan una nodulación rápida y abundante (BELL; NUTMAN, 1971; LO LEÍ. ALEXANDER, 1986).

El concepto de predominio en la competencia entre cepas de rizobio fue introducido por Nicol y Thornton (1941) como una forma de explicar la mayor o menor competitividad de una determinada cepa. Estos autores también concluyeron que el dominio no está directamente relacionado con el grado de eficacia de la FBN. En Nueva Zelandia, Blair y Bennet (1960) demostraron las dificultades para establecer una nodulación adecuada y eficiente de un cultivo en suelos donde no había rizobios específicos. La recuperación de cepas inoculadas a partir de nódulos de alfalfa es a menudo menor en comparación con otras forrajeras (NAEEM et al., 2004).

Las condiciones edáficas también son decisivas para la eficiencia del proceso de FBN. Wagner et al. (1978) observaron que para otras especies de *Medicago* la fertilización fosfatada promovía un aumento de la nodulación, un resultado también señalado por Moreira y Fageria (2010) con la corrección del pH con el encalado. Parece ser que el desarrollo de los cultivos se ve más afectado por

altos niveles de aluminio intercambiable en el suelo que por un pH bajo *per se* (GOMES et al., 2002; SU; EVANS, 1996). Sin embargo, el aumento del contenido de Ca del suelo favorece sustancialmente el establecimiento de la relación simbiótica y la eficiencia de la FBN (GOMES et al., 2002; MOREIRA, MOREIRA, FAGERIA, 2010). En condiciones tropicales y subtropicales, los suelos corregidos con piedra caliza aumentaron significativamente la productividad de la alfalfa (KORNELIUS; RITCHEY, 1992).

Debido a que la alfalfa es originalmente un cultivo de climas templados, durante mucho tiempo la investigación en Brasil se limitó a las regiones sureste y sur. Argentina fue el primer país en iniciar una investigación sistemática sobre BNF, en atención a que la alfalfa siempre ha estado en el punto de mira por ocupar una superficie plantada casi siempre por encima de cinco millones de hectáreas (BASIGALUP, 2007; FREIRE, 1982). Las cepas aisladas en Argentina y Uruguay parecen estar adaptadas a las condiciones locales de suelo y son capaces de nodular alfalfa en estas condiciones, aunque puede ocurrir un retraso en la nodulación y una disminución en el número de nódulos (DEL PAPPÀ et al., 1999).

Teniendo en cuenta que los suelos de Brasil son pobres en materia orgánica y que no hay cepas nativas eficientes de rizobios para la alfalfa, la inoculación de cultivos con cepas específicas es necesaria (XAVIER et al., 2005). En la región sur y a principios de la década de 1980, en un ensayo con tres años de duración y 18 cortes, Kolling et al. (1983) compararon seis cepas disponibles para alfalfa utilizando el cv. Crioula, corrigiendo el pH del suelo y aplicando fertilización de base y de reposición. Las tres cepas más recomendadas en Brasil (SEMIA 116, SEMIA 134 y SEMIA 135) tuvieron un rendimiento similar en el total acumulado de N, produciendo alrededor de 50% más de materia seca que el control no inoculado.

En las regiones tropicales de Brasil, la investigación de alfalfa es más reciente y la evaluación de cultivares respecto de los parámetros productivos ha tenido en cuenta, por lo general, la necesidad de inoculación (MOREIRA et al., 1996; RASSINI; FREITAS, 1995; SUTTON, SUTTON, 2010 MONTEIRO, 1997; VIANA et al., 2004). El trabajo de Oliveira et al. (1999) estudió la interacción entre las tres cepas recomendadas en Brasil y cuatro cultivares (Crioula, Florida 77, CUF 101 y Pioneer 5929). En la producción de materia seca no hubo diferencias entre cultivares o cepas. Sin embargo, el contenido acumulado de N en el tratamiento con la cepa SEMIA 134 mostró resultados superiores, equivalentes al control fertilizado con 50 kg N ha⁻¹. La cepa SEMIA 116 presentó un número significativamente mayor de nódulos que los otros tratamientos. En este estudio, también se probó el efecto de los fungicidas Iprodiona y Thiram, utilizados en el tratamiento de semillas y de suelo sobre el comportamiento general de las variedades inoculadas. La cepa SEMIA 135 se mostró como menos compatible con la Iprodiona aplicada a las semillas y al suelo, en tanto que la cepa

SEMIA 116 mostró mejores resultados en los parámetros evaluados cuando se utilizaron los fungicidas Thiram e Iprodiona.

Xavier et al. (2005) probaron la eficiencia de dos inoculantes comerciales sobre la nodulación de tres cultivares de alfalfa (Crioula, CNPGL1 y P-30, este último de origen argentino), en macetas con suelo de la región del Cerrado. Se demostró la eficiencia de los inoculantes, sin detectarse diferencias entre cultivares respecto de la producción de materia seca y el porcentaje de N. Las plantas de los tratamientos no inoculados no nodularon con la población nativa de bacterias de este suelo, lo que indica la necesidad real de inoculación para producir ganancias en la producción de materia seca con FBN.

5.4 Cómo realizar la inoculación de las semillas

El proceso de inoculación de semillas es decisivo para una buena nodulación y un uso eficiente del N proveniente de la FBN. Hay varias maneras de inocular las semillas de alfalfa. Debido al tamaño reducido de sus semillas, la práctica indica que una dosis de 50 g de turba + inoculante, conteniendo una concentración de células bacterianas del orden de 10^9 células por g de producto es suficiente para inocular alrededor de 2 kg de semillas.

El primer paso del proceso es preparar una solución con 10% de azúcar para humedecer la superficie de las semillas y promover la adhesión del inoculante. Para ello, en un recipiente adecuado colocar 100 ml de agua y agregar una cucharada de azúcar común de cocina y disolver bien. Por cada kilogramo de semillas utilice alrededor de 30 ml de esta solución. Seguidamente, humedecer las semillas de forma homogénea y aplicar el inoculante en la proporción indicada anteriormente, mezclando bien con las semillas húmedas para que todas estén cubiertas con el inoculante. Dependiendo de la cantidad, el proceso se puede hacer en una bolsa de plástico. Luego, esparcir las semillas en un lugar sombreado, fresco y aireado, y dejarlas secar. Una vez secas, las semillas se deben sembrar inmediatamente o no más allá del día siguiente; de lo contrario, el proceso debe realizarse otra vez con inoculante nuevo.

Kornelius y Ritchey (1992) sugieren realizar la peletización (pildorado) de las semillas con carbonato de calcio (CaCO_3) como una forma de aumentar la eficiencia de la nodulación; sin embargo, la inoculación descrita anteriormente es lo suficientemente eficiente para promover una adecuada FBN.

Referencias

- ABDEL-AZIZ, R. A.; AL-BARAKAH, F. N.; AL-ASMARY, H. M. Genetic identification and symbiotic efficiency of *Sinorhizobium meliloti* indigenous to Saudi Arabian soils. **African Journal of Biotechnology**, v. 7, n. 16, p. 2803-2809, Aug. 2008.
- BASIGALUP, D. H. (Ed.). **El cultivo de la alfalfa en la Argentina**. Buenos Aires: Ediciones INTA, 2007. 479 p.
- BELL, F.; NUTMAN, P. S. Experiments on nitrogen fixation by nodulated Lucerne. **Plant and Soil**, v. 35, n. 1, p. 231-264, Dec. 1971. Special volume. DOI: 10.1007/BF02661854.
- BERKUM, P. van; BEYENE, D.; BAO, G.; CAMPBELL, T. A.; EARDLY, B. D. *Rhizobium mongolense* sp. nov. is one of three rhizobial genotypes identified which nodulate and form nitrogen-fixing symbioses with *Medicago ruthenica* [(L.) Ledebour]. **International Journal of Bacteriology**, v. 48, p. 13-22, 1998. DOI: 10.1099/00207713-48-1-13.
- BLAIR, I. D.; BENNETT, A. Rhizobium inoculation of Lucerne (*Medicago sativa* L.). **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 3, p. 804-819, Aug. 1960. DOI: 10.1080/00288233.1960.10419880.
- BROMFIELD, E. S. P.; TAMBONG, J. T.; CLOUTIER, S.; PRÉVOST, D.; LAGUERRE, G.; BERKUM, P. van; THI, T. V. T.; ASSABGUI, R.; BARRAN, L. R. *Ensifer*, *Phyllobacterium* and *Rhizobium* species occupy nodules of *Medicago sativa* (alfalfa) and *Melilotus alba* (sweet clover) grown at a Canadian site without a history of cultivation. **Microbiology**, v. 156, p. 505-520, 2010. DOI: 10.1099/mic.0.034058-0.
- DJEDIDI, S.; YOKOYAMA, T.; TOMOOKA, N.; OHKAMA-OHTSU, N.; RISAL, C. P.; ABDELLYE, C.; SEKIMOTO, H. Phenotypic and genetic characterization of rhizobia associated with alfalfa in the Hokkaido and Ishigaki regions of Japan. **Systematic and Applied Microbiology**, v. 34, n. 6, p. 453-461, 2011. DOI: 10.1016/j.syapm.2011.04.006.
- DEL PAPPA, M. F.; BALAGUÉ, L. J.; SOWINSKI, S. C.; WEGENER, C.; SEGUNDO, E.; ABARCA F. M.; TORO, N.; NIEHAUS, P. A.; PÜHLER, A.; AGUILAR, O. M.; MARTÍNEZ-DRETS, G.; LAGARES, A. Isolation and characterization of alfalfa-nodulating rhizobia present in acidic soils of central Argentina and Uruguay. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 65, n. 4, p. 1420-1427, 1999.
- DUPONT, L.; ALLOING, G.; PIERRE, O.; EL MSEHLI, S.; HOPKINS, J.; HÉROUART, D.; FRENDON, P. The legume root nodule: from symbiotic nitrogen fixation to senescence. In: NAGATA, T. (Ed.). **Senescence**. Rijeka: InTech, 2012. p. 137-168. DOI: 10.5772/34438.
- EARDLY, B.; ELIA, P.; BROCKWELL, J.; GOLEMBOSKI, D.; BERKUM, P. van. Biogeography of a novel *Ensifer meliloti* clade associated with the Australian legume *Trigonella suavisissima*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 83, n. 10, e03446-16, 2017. DOI: 10.1128/AEM.03446-16.
- EL BATANONY, N. H.; CASTELLANO-HINOJOSA, A.; CORREA-GALEOTE, D.; BEDMAR, E. J. The diversity of rhizobia nodulating the *Medicago*, *Melilotus* and *Trigonella* inoculation group in Egypt is marked by the dominance of two genetic types. **Symbiosis**, v. 67, n. 1-3, p. 3-10, Nov. 2015. DOI: 10.1007/s13199-015-0365-8.
- ELBOUTAHIRI, N.; THAMI-ALAMI, I.; UDUPA, S. M. Phenotypic and genetic diversity in *Sinorhizobium meliloti* and *S. medicae* from drought and salt affected regions of Morocco. **BMC Microbiology**, v. 10, 2010. DOI: 10.1186/1471-2180-10-15.
- FREIRE, J. R. J. Research into the Rhizobium/Leguminosae symbiosis in Latin America. **Developments in Plant and Soil Sciences**, v. 6, p. 227-239, 1982. DOI: 10.1007/BF02182770.
- GALLOWAY, J. N.; TOWNSEND, A. R.; ERISMAN, J. W.; BEKUNDA, M.; CAI, Z.; FRENEY, J. R.; MARTINELLI, L. A.; SEITZINGER, S. P.; SUTTON, M. A. Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions. **Science**, v. 320, n. 5878, p. 889-892, 2008. DOI: 10.1126/science.1136674.

- GOMES, F. T.; BORGES, A. C.; NEVES, J. C. L.; FONTES, P. C. R. Nodulação, fixação de nitrogênio e produção de matéria seca de alfafa em resposta a doses de calcário, com diferentes relações cálcio:magnésio. **Ciência Rural**, v. 32, n. 6, p. 925-930, dez. 2002. DOI: 10.1590/S0103-84782002000600003.
- HUNGRIA, M.; MENDES, I. C. Nitrogen fixation with soybean: the perfect symbiosis? In: BRUIJIN, F. de (Ed.). **Biological nitrogen fixation**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2015. p. 1005-1019. DOI: 10.1002/9781119053095.ch99.
- KOLLING, J.; SCHOLLES, D.; SELBACH, P. A. Seleção de estirpes de *Rhizobium* para trevo subterrâneo, alfafa e cornichão. **Agricultura Sulriograndense**, v.19, p.103-111, 1983.
- KORNELIUS, E.; RITCHEY, K. D. Comportamento da alfafa em diferentes níveis de acidez do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 241-246, fev. 1992.
- LANGER, H.; NANDASENA, K. G.; HOWIESON, J. G.; JORQUERA, M.; BORIE, F. Genetic diversity of *Sinorhizobium meliloti* associated with alfalfa in Chilean volcanic soils and their symbiotic effectiveness under acidic conditions. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 24, n. 3, p. 301-308, Mar. 2008. DOI: 10.1007/s11274-007-9471-y.
- LI, D. M.; ALEXANDER, M. Bacterial growth rates and competition affect nodulation and root colonization by *Rhizobium meliloti*. **Applied Environmental Microbiology**, v. 52, n. 4, p. 807-811, Oct. 1986.
- LIRA JR., M. A.; NASCIMENTO, L. R. S.; FRACETTO, G. G. M. Legume-rhizobia signal exchange: promiscuity and environmental effects. **Frontiers in Microbiology**, v. 6, p. 1-9, 2015. DOI: 10.3389/fmicb.2015.00945.
- MARÓTI, G.; KONDOROSI, É. Nitrogen-fixing rhizobium-legume symbiosis: are polyploidy and host peptide-governed symbiont differentiation general principles of endosymbiosis? **Frontiers in Microbiology**, v. 5, p. 1-6, 2014.
- MOREIRA, A.; EVANGELISTA, A. R.; RODRIGUES, G. H. S. Avaliação de cultivares de alfafa na região de Lavras, Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 6, p. 407-411, jun. 1996.
- MOREIRA, A.; FAGERIA, N. K. Liming influence on soil chemical properties, nutritional status and yield of alfalfa grown in acid soil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1231-1239, jul./ago. 2010. DOI: 10.1590/S0100-06832010000400022.
- NAEEM, F. I.; ASHRAF, M.; MALIK, K. A.; HAFEEZ, F. Y. Competitiveness of introduced *Rhizobium* strains for nodulation in fodder legumes. **Pakistan Journal of Botany**, v. 36, n. 1, p. 159-166, Mar. 2004.
- NICOL, H.; THORNTON, H. G. Competition between related strains of nodule bacteria and its influence on infection of the legume host. **Proceedings of the Royal Society B – Biological Sciences**, v. 130, n. 858, p. 32-59, Aug. 1941. DOI: 10.1098/rspb.1941.0003.
- OLIVEIRA, P. P. A.; TSAI, S. M.; CORSI, M.; DÍAZ, M. Del P. Interação entre cultivares, estirpes comerciais de *Rhizobium meliloti* e fungicidas no incremento da produção de alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 3, p. 425-431, mar. 1999. DOI: 10.1590/S0100-204X1999000300014.
- PAFFETTI, D.; SCOTTI, C.; GNOCCHI, S.; FANCELLI, S.; BAZZICALUPO, M. Genetic diversity of an Italian *Rhizobium meliloti* population from different *Medicago sativa* varieties. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 62, n. 7, p. 2279-2285, Jul. 1996.
- PEIX, A.; RAMÍREZ-BAHENA, M. H.; VELÁZQUEZ, E.; BEDMAR, E. J. Bacterial associations with legumes. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 34, n. 1-3, p. 17-42, 2014. DOI: 10.1080/07352689.2014.897899.

- RAMÍREZ-BAHENA, M. H.; VARGAS, M.; MARTÍN, M.; TEJEDOR, C.; VELÁZQUEZ, E.; PEIX, A. Alfalfa microsymbionts from different ITS and *nodC* lineages of *Ensifer meliloti* and *Ensifer medicae* symbiovar *meliloti* establish efficient symbiosis with alfalfa in Spanish acid soils. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 99, n. 11, p. 4855-4865, June 2015. DOI: 10.1007/s00253-014-6347-6.
- RASSINI, J. B.; FREITAS, A. R. de. Efeitos da interferência de plantas daninhas no rendimento de alfafa (*Medicago sativa* L.). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 24, n. 4, p. 502-509, 1995.
- REIS, V. M.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I. Isolation, identification and biochemical characterization of *Azospirillum* spp. and other nitrogen-fixing bacteria. In: CASSÁN, F. D.; OKON, Y.; CREUS, C. M. (Ed.). **Handbook for *Azospirillum***: technical issues and protocols. Cham: Springer, 2015. p. 3-26. DOI: 10.1007/978-3-319-06542-7_1.
- ROBERTSON, G.P.; GROFFMAN, P.M. Nitrogen transformations. In: Soil microbiology, ecology and biochemistry. 2007. P.341-364.
- SILVA, C.; KAN, F. L.; MARTÍNEZ-ROMERO, E. Population genetic structure of *Sinorhizobium meliloti* and *S. medicae* isolated from nodules of *Medicago* spp. in Mexico. **FEMS Microbiology and Ecology**, v. 60, n. 3, p. 477-489, June 2007. DOI: 10.1111/j.1574-6941.2007.00301.x.
- SPRENT, J. I. Legume nodulation: a global perspective. Chichester: Wiley-Blackwell, 2009. 183 p. DOI: 10.1002/9781444316384.
- STROSCHEIN, M. R. D. **Seleção de rizóbios e efeito do nitrogênio na simbiose com alfafa e cornichão**. 2011. 140 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- SU, C.; EVANS, L. J. Soil solution chemistry and alfalfa response to CaCO₃ and MgCO₃ on an acidic Gleysol. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 76, n. 1, p. 41-47, 1996. DOI: 10.4141/cjss96-007.
- SUTTON, M.; MONTEIRO, F. A. Rendimento de matéria seca de quatro cultivares de alfafa em um latossolo vermelho-amarelo submetido à calagem e adubação potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 4, p. 591-597, out./dez. 1997. DOI: 10.1590/S0100-06831997000400009.
- TALEBI, M. B.; BAHAR, M.; SAEIDI, G.; MENGONI, A.; BAZZICALUPO, M. Diversity of *Sinorhizobium* strains nodulating *Medicago sativa* from different Iranian regions. **FEMS Microbiology Letters**, v. 288, n. 1, p. 40-46, Nov. 2008. DOI: 10.1111/j.1574-6968.2008.01329.x.
- VIANA, M. C. M.; PURCINO, H. M. A.; KONZEN E. A.; BOTREL, M. de A.; GIANASI, L.;
- MASCARENHAS, M. H. T.; FREIRE, F. M. Avaliação de cultivares de alfafa nas condições de Cerrado no estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 289-292, mar. 2004. DOI: 10.1590/S0100-204X2004000300013.
- WAGNER, G. H.; KASSIM, G. M.; MARTYNIUK, S. Nodulation of annual *Medicago* by strains of *R. Meliloti* in a commercial inoculant as influenced by soil phosphorous and pH. **Plant and Soil**, v. 50, n. 1-3, p. 81-89, Dec. 1978. DOI: 10.1007/BF02107158.
- XAVIER, D. F.; GOMES, F. T.; LÉDO, F. J. da S.; PEREIRA, A. V. Eficiência de inoculantes de rizóbio na nodulação de alfafa em solos de Cerrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 781-785, 2005. DOI: 10.1590/S1516-35982005000300.

CAPÍTULO 6. DEMANDA DE AGUA

Maria Alejandra Moreno-Pizani y Fernando Campos Mendonça

La intensificación en la producción de cultivos forrajeros es un hecho de considerable importancia para garantizar la alimentación de rumiantes y permitir la producción de leche y carne. Como la alimentación es el elemento más costoso en los sistemas de producción animal, a través de la intensificación se busca proporcionar una dieta adecuada para los animales altamente productivos que tenga al mismo tiempo la menor cantidad posible de suplementación energética y proteica.

La alfalfa es un importante cultivo forrajero, con una superficie cultivada mundial de más de 32 millones de hectáreas (BENABDERRAHIM et al., 2009; EL-SHARKAWY et al., 2017). En Brasil se produce en unas 40.000 hectáreas, con una distribución concentrada en Paraná y Rio Grande do Sul, siendo este último el mayor productor del país (VILELA et al., 2008).

Esta forrajera perenne tiene un alto rendimiento y es muy buscada por sus altos niveles de proteína bruta (PB%) y nutrientes digestibles totales (TDN%). Se cultiva en todo el mundo con el fin de mejorar la calidad de la leche, la carne y los huevos (BARNES et al., 1988; MCDONALD et al., 2003).

El forraje de alfalfa se puede cosechar varias veces a lo largo de su ciclo de vida. La gran variabilidad genética y fenotípica de sus cultivares permite el cultivo a gran escala en diversas condiciones climáticas y ambientales (BARNES et al., 1988; DU et al., 2018; MCDONALD et al., 2003). Existen cultivares de alfalfa seleccionados para desarrollar ajustes fisiológicos que contribuyan a tolerar condiciones de salinidad, calor y frío extremo (LU et al., 2017).

La cantidad de luz interceptada por la parte aérea (canopia) es el factor principal que determina el crecimiento de la alfalfa, que a su vez aumenta con la cobertura de las nuevas hojas que aparecen y se expanden. La tasa de aparición de hojas está condicionada por la temperatura, haciendo que en condiciones ideales aparezca en el tallo principal una nueva hoja cada $34 - 37\text{ }^{\circ}\text{C día hoja}^{-1}$. Analizando varios cultivares de alfalfa, se concluyó que el coeficiente de extinción de la luz (k) por unidad de área de hoja es alto, con valores entre 0,8 y 0,9. La eficiencia media del uso de radiación de alfalfa para la biomasa total (brotes, coronas y raíces) usada para la fotosíntesis líquida de la canopia es de $1,8\text{ g MJ}^{-1}$ (radiación solar total) (STEDUTO et al., 2012).

La alfalfa sobrevive durante el invierno mediante el almacenamiento de compuestos de carbono y nitrógeno como reservas en sus órganos perennes, que se utilizan para reanudar el crecimiento en la primavera siguiente y después de cada cosecha de forraje (AVICE et al., 1997; STEDUTO et al., 2012).

Durante la primavera, la mayor parte de la biomasa producida se destina al follaje y menos del 15% hacia la parte subterránea. Desde mediados del verano hasta finales de otoño, lo destinado a la parte aérea puede alcanzar el 60% del total asimilado. Los patrones estacionales de partición de biomasa difieren según el origen del cultivar (Mediterráneo o Norteño). En regiones de mayor latitud los cultivares tienen una estacionalidad más evidente y una mayor partición de biomasa hacia las raíces a finales del verano y el otoño, en respuesta a las temperaturas más bajas y a un fotoperiodo más corto. El alcance de la respuesta del cultivar a la disminución de las temperaturas y el fotoperiodo se define por su clasificación de grado de reposo (LU et al., 2017; STEDUTO et al., 2012; TEIXEIRA et al., 2008).

Durante el otoño, los cultivares con reposo tienen una baja tasa de crecimiento, hojas pequeñas y tallos delgados, lo que resulta en un bajo rendimiento de forraje. Sin embargo, estos cultivares tienen una fuerte resistencia al frío y una destacada capacidad de hibernación. Por el contrario, los cultivares sin reposo crecen vigorosamente, pero tienen poca tolerancia al frío y al invierno (DU et al., 2018). Estas características ciertamente afectan el manejo del riego durante el invierno dado que el área foliar influye en el consumo de agua del cultivo.

6.1 Clima

La alfalfa crece bajo diferentes condiciones ambientales y tiene la capacidad de adaptarse a una amplia variedad de climas y altitudes, lo que permite su cultivo en localidades tanto a nivel del mar como a altitudes elevadas (FERREIRA et al., 2008). Sin embargo, el estrés térmico es uno de los principales factores que limitan su expansión en ciertas regiones. Las altas temperaturas pueden inhibir el crecimiento y reducir el rendimiento y la longevidad de los cultivos. Las bajas temperaturas limitan las áreas de adaptación debido a lesiones que ocurren en invierno (MCKENZIE et al., 1988).

El desarrollo de la alfalfa es insignificante a temperaturas por debajo de 5°C o por encima de 45°C, por lo que estas se consideran las temperaturas base inferior (T_b) y superior (T_B) respectivamente. Entre estos umbrales, las tasas de desarrollo de la alfalfa aumentan linealmente y alcanzan el máximo a 30°C, lo que se considera la temperatura óptima para el cultivo.

Las bajas temperaturas también limitan las tasas netas de fotosíntesis de la canopia. La eficiencia en el uso de la radiación aumenta linealmente, de 0,6 g MJ⁻¹ a 6°C a 1,6 g MJ⁻¹ a 18°C (BROWN et al., 2006; STEDUTO et al., 2012). La alfalfa de flores amarillas (*Medicago falcata*) sobrevivió a temperaturas por debajo de -26°C en Alaska (EE.UU.) y algunas variedades de alfalfa común (*Medicago sativa*) se cultivan en el Valle de la Muerte en California (EE.UU.), donde se producen temperaturas de hasta 54°C (FERREIRA et al., 2008; RASSINI et al., 2007).

En regiones de alto potencial para el cultivo de alfalfa en Brasil, las altas temperaturas reducen el período entre cortes y pueden explicar la disminución de la productividad observada en verano. El intervalo entre cortes es de 35 a 42 días en el período otoño-invierno, y de 28 a 32 días en el período primavera-verano. En este último período se han obtenido los mayores rendimientos, si bien en las regiones con inviernos más moderados se puede aumentar la producción con el uso del riego (FERREIRA et al., 2008; RASSINI et al., 2007).

6.2 Necesidades hídricas y de riego en alfalfa

6.2.1 Estrés hídrico

Las necesidades hídricas de la alfalfa están asociadas con el propósito de su cultivo (forraje o semilla) y dependen del clima y la duración del ciclo fenológico del cultivo, oscilando entre 800 y 1600 mm por período de crecimiento (DOORENBOS; KASSAM, 1994). La cantidad de agua utilizada por esta forrajera varía entre 600 y 900 kg de agua por kg de MS de forraje producido (HEICHEL, 1983; RASSINI, 2001).

Para la producción de forraje se recomienda mantener una alta disponibilidad de agua en el suelo para que la planta permanezca en plena vegetación. Para la producción de semilla hay dos fases: la inicial, en la que se debe mantener una alta disponibilidad de agua; y la final, en la que la disponibilidad de agua debe restringirse a un grado que induzca a la planta a iniciar el proceso reproductivo (FERREIRA et al., 2008; RASSINI et al., 2007).

La alfalfa tiene un sistema radicular profundo que puede extenderse hasta 3 m en suelos sin impedimentos y que alcanza su profundidad máxima después del primer año (PAULA; SILVA, 1998). Dado que la mayoría de las raíces del cultivo están en las capas más cercanas a la superficie, no se debe considerar una capa de suelo demasiado profunda para tener en cuenta el agua disponible para el cultivo. Taylor y Marble (1986) llevaron a cabo experimentos de producción de semilla en regiones de marcada sequía, verificando que los rendimientos más altos se obtuvieron cuando el riego se manejó en función de una capa de suelo de 0,6 m para la extracción de agua (FERREIRA et al., 2008; RASSINI et al., 2007).

La humedad adecuada del suelo es esencial para la germinación y el establecimiento de las plántulas de alfalfa. Heichel (1983) señaló que la germinación se inhibe con potenciales osmóticos de -1.200 a -1.500 kPa (suelo muy seco). La reducción del potencial hídrico de -5 a -1.000 kPa (reducción de la humedad del suelo) durante cuatro semanas causó en las plántulas una reducción del 28% en el número de tallos, del 31% en el número de brotes y del 58% del peso de la planta.

Cuando la evapotranspiración máxima (ET_m) es de 5 a 6 mm día⁻¹, se puede agotar alrededor

del 50% de la disponibilidad total de agua en el suelo (DTA) sin afectar la evapotranspiración del cultivo (ETc) (DOORENBOS; KASSAN, 1994).

Cuando la demanda de evaporación de la atmósfera supera la capacidad interna de la planta para transportar agua, se produce la llamada tensión hídrica, que puede reducir el crecimiento radicular y la nodulación con *Rhizobium meliloti*, un microorganismo responsable de la fijación biológica del nitrógeno. La actividad de la enzima nitrogenasa en los nódulos puede reducirse hasta en un 85%. Aunque el estrés hídrico reduce la productividad, la alfalfa puede recuperarse cuando cesa (FERREIRA et al., 2008; DONAVAN, D.A. MEEK citados por GUITJENS, 1990; RASSINI et al., 2007).

6.2.2 Demanda de agua y de riego

Si las condiciones ambientales son favorables la alfalfa puede producir materia seca durante todo el año. La eliminación del área del área foliar reduce la transpiración y los valores de ETc pueden ser inferiores a 1 mm día⁻¹ inmediatamente después de la defoliación y en condiciones invernales, siendo el componente principal la evaporación del agua del suelo. Cuando el cultivo llega al punto de cosecha, con un follaje (o dosel) completo, el ETc puede superar los 8 mm día⁻¹.

En la fase en la que aumentan el desarrollo del follaje y el índice de área foliar (IAF), la proporción de la evaporación del suelo disminuye en relación con la ETc y la transpiración aumenta. El coeficiente de cultivo (Kc), que es la proporción entre ETc y ETo, alcanza su punto máximo entre 1,1 y 1,15 con un follaje completamente desarrollado y disminuye cuando se produce la senescencia de las hojas, como resultado del auto-sombreado (IAF alto), de la floración temprana o de eventos de heladas. El ETc acumulado varía entre valores inferiores a 200 mm en condiciones áridas y superiores a 1000 mm en condiciones bien regadas.

El requerimiento anual de agua de un cultivo de alfalfa se puede estimar para cualquier lugar por la suma de la estimación diaria de la ETc durante el período de crecimiento activo del cultivo. El riego durante el período de crecimiento se estima por la diferencia entre ETc y la suma de las precipitaciones efectivas (Ppt_{EF}) y del almacenamiento de agua fácilmente disponible en el suelo (ARM_i) al comienzo de la temporada de crecimiento (Ecuación 1):

$$I = ETc - (Ppt_{EF} + ARM_i) \quad (1)$$

donde

I = riego del cultivo (mm)

ETc = evapotranspiración del cultivo

(mm) P_{ptEf} = precipitación efectiva

(mm)

ARM_i = almacenamiento inicial del agua en el suelo (mm)

El agua fácilmente disponible (AFD) es un concepto ampliamente utilizado en el riego. El AFD se considera como la fracción del total de agua del suelo (DTA) que está disponible para un cultivo agrícola sin estrés por el déficit hídrico (Ecuación 2):

$$AFD = f \text{ DTA} \quad (2)$$

donde

AFD = Agua fácilmente disponible (mm)

f = factor de disponibilidad de agua para el cultivo

(adimensional) DTA = disponibilidad total de agua en el suelo

(mm)

$$DTA = (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) 10 z \quad (3)$$

Donde (ecuación 3)

θ_{cc} = humedad volumétrica del suelo a la capacidad de campo ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$)

θ_{pmp} = humedad volumétrica del suelo en el punto de marchitez permanente ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$)

z = profundidad efectiva del sistema radicular (cm)

La disponibilidad óptima de agua al comienzo de la temporada de cultivo se produce cuando el suelo está en el máximo almacenamiento ($ARM_i = DTA$). Por lo tanto, se puede considerar como agua fácilmente disponible un valor de 50% de DTA ($f = 0,5$; $AFD = 0,5 \text{ DTA}$) y su valor absoluto dependerá de la profundidad de las raíces del cultivo (z). Si hay una recarga incompleta, se puede utilizar un simple balance de agua para estimar el almacenamiento inicial y calcular el porcentaje de agua disponible en relación con la condición ideal (STEDUTO et al., 2012).

6.2.3 Respuesta al estrés hídrico

Si bien la alfalfa tiene un sistema radicular profundo que permite un mayor acceso al agua que los cultivos de sistema radicular más superficial, tiene poca resistencia a la sequía y se ve rápidamente afectada por la escasez de agua (SHEAFFER et al., 1988; STEDUTO et al., 2012). Incluso cuando la humedad del suelo está cerca de la capacidad del campo, el uso del agua por la alfalfa puede ser limitado si hubiera una alta demanda atmosférica de agua.

Cuando la demanda de agua es mayor que el agua disponible en el suelo en la zona radicular se restringen los principales procesos de expansión de la planta -transpiración y fotosíntesis-, con una caída en la eficiencia del uso de la radiación y una aceleración en la senescencia foliar. Las tasas de expansión de área foliar relativa ya se reducen cuando la humedad del suelo alcanza un umbral de humedad entre 15 y 20% de la capacidad de campo (BROWN et al., 2009; STEDUTO et al., 2012).

La alfalfa tiene un patrón de extracción de agua de arriba hacia abajo a lo largo de la temporada de crecimiento, tanto en el ciclo inicial como en los ciclos de rebrote.

Las reducciones en las tasas de extracción de agua se observan en situaciones de estrés hídrico. A falta de otras mediciones, se puede suponer que la alfalfa es capaz de extraer alrededor del 3% del agua disponible en el suelo en cualquier momento. Efectivamente, el suministro potencial diario de agua se puede estimar a partir de la capacidad de agua disponible en el suelo y la profundidad de las raíces del cultivo de alfalfa. Los coeficientes de la tasa de extracción de la alfalfa son bajos en comparación con otros cultivos (DARDANELLI et al., 1997; STEDUTO et al., 2012), de manera que la alfalfa prolonga el uso de agua disponible en el suelo debido a su sistema radicular profundo, lo que aumenta las reservas para abastecimiento en el suelo (DTA).

Si el estrés por déficit es un problema, también lo es el estrés por excedente de agua. La alfalfa es menos tolerante a los suelos saturados que otras especies forrajeras. Condiciones anaeróbicas en el suelo que duren de 7 a 14 días conducen a la muerte radicular y a infecciones secundarias, particularmente por hongos del género *Phytophthora* (STEDUTO et al., 2012).

6.2.4 Eficiencia en el uso del agua

La eficiencia en el uso del agua (EUA, o WUE por sus siglas en inglés: *water use efficiency*) es un parámetro ampliamente utilizado para la optimización del riego. La Tabla 1 presenta los resultados de la producción forraje y la estimación de la EUA de una alfalfa regada y sometida a un pastoreo rotativo en un ensayo conducido en São Carlos (SP) durante el período primavera-verano. Los valores promedio obtenidos para la producción del forraje fueron de 2.319.2 kg MS ha⁻¹, con una EUA de 13,9 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹ o de 75 mm t MS⁻¹. En este ensayo el riego contribuyó con 110,6 mm y la lluvia con 71,3 mm. No obstante que en esta región la primavera-verano es el período más lluvioso del año, el riego satisfizo el 61% de las necesidades de agua del cultivo.

Bolger y Matches (1990) realizaron un experimento comparando la producción de forraje de alfalfa y de esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.) en función del agua suministrada y estimaron para la alfalfa valores promedio de EUA de 16,7 a 18,3 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹.

En la región tropical y semiárida de Sudán, Saeed y El-Nadi (1997) condujeron un ensayo de alfalfa irrigada en el que variaron la frecuencia de riego y calcularon EUA de 12, 10 y 8 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹ para turnos de riego de 7, 10 y 13 días, respectivamente. Como los autores informaron que la lámina de agua diaria era la misma (8 mm día⁻¹), es posible afirmar que la frecuencia también es importante en el manejo del riego de alfalfa y que el turno de riego debe establecerse considerando la disponibilidad de agua en el suelo.

Tabla 1. Producción de forraje en pastos de alfalfa rotados e irrigados en São Carlos, SP (*)

Período	Masa de forraje	Riego	Lluvia	Productividad da agua (**)	
	(kg MS ha ⁻¹)	(mm)	(mm)	(kg MS ha ⁻¹ mm ⁻¹)	(mm t ⁻¹ MS)
13/8 a 12/9	2053,3	146,0	---	14,1	71,1
20/8 a 19/9	2145,3	165,9	---	12,9	77,3
24/8 a 25/9	1668,8	172,5	2,2	9,6	103,4
2/9 a 2/10	2194,4	155,9	2,2	13,9	72,0
10/9 a 10/10	2019,7	199,1	2,2	10,0	99,7
17/9 a 17/10	2161,1	114,7	3,2	18,3	54,6
29/9 a 29/10	1969,1	101,9	54,4	12,6	79,4
3/10 a 2/11	2026,2	101,9	55,6	12,9	77,7
9/10 a 8/11	2870,7	74,3	125,6	14,4	69,6
22/10 a 21/11	2752,4	21,2	199,8	12,5	80,3
29/10 a 28/11	2957,0	36,1	150,6	15,8	63,1
6/11 a 6/12	3012,3	38,2	117,2	19,4	51,6
Média	2319,2	110,6	71,3	13,9	75,0

Fuente: Adaptado de Mendonça y Rassini (2008).

(*) Tabla 1. Producción de forraje en pasturas de alfalfas irrigadas y pastoreadas rotativamente en Sao Carlos, SP

(**) Eficiencia de Uso del Agua (EUA) y Productividad del Agua

En clima templado, los valores más altos de EUA se registran en primavera y disminuyen durante el verano y el otoño. Lindenmayer et al. (2011) compilaron resultados de nueve estudios de alfalfa bajo riego realizados en los EE.UU. en los que la EUA varió entre 7 y 23 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹. No hubo diferencias significativas en la EUA entre variedades de alfalfa, pero sí observaron diferencias según las estaciones. Los primeros cortes se producen en primavera, cuando existen condiciones de alta luminosidad y temperaturas moderadas, lo que favorece la producción de biomasa y resulta en valores más altos de EUA. Por ello, los autores recomendaron que, en regiones con restricciones hídricas, el riego sea completo en los primeros cortes y restringido en los finales.

La alta EUA en primavera resulta de bajos déficits de presión de vapor de agua en la atmósfera y de más altas relaciones hoja/tallo en la producción total de biomasa área. Por el contrario, la menor EUA en el verano resulta de la alta demanda de evaporación de la atmósfera y de los consecuentemente mayores déficits de presión de vapor de agua. Por su parte, la reducción de la EUA en el otoño es la consecuencia de cambios en la producción y en el desarrollo de raíces y de las temperaturas más bajas. En el caso de los cultivares con reposo existe una relación lineal entre producción de MS y ETc (STEDUTO et al., 2012).

Otras formas de presentar la relación entre producción de MS y consumo de agua es la productividad del agua (PA). Grimes et al. (1992) indicaron valores de PA para la alfalfa entre 1,0 y 2,6 kg MS m⁻³ mientras que Brown et al. (2005) la estimaron en 2,9 kg MS m⁻³. Sin embargo, tales valores no son fijos y pueden variar de acuerdo con la fase del ciclo del cultivo. En este sentido, otro estudio determinó que la PA cayó de 2,1 a 0,4 kg MS m⁻³ inmediatamente después del corte (ASSENG; HSIAO, 2000; STEDUTO et al., 2012).

6.2.5 Riego

Hay varios estudios realizados en alfalfa centrados en determinar la relación entre la profundidad de riego y el rendimiento del cultivo (CARTER; SHEAFFER, 1983; CAVERO et al., 2017; GRIMES et al., 1992; PEEL et al., 2004; RETTA; HANKS, 1980; SAMMIS, 1981; SHANI; DUDLEY, 2001; SMEAL et al., 1992; UNDERSANDER, 1987). Estos trabajos muestran la importancia de planificar bien el riego y considerar la profundidad adecuada del sistema radicular del cultivo, que puede variar debido a las limitaciones de fertilidad edáfica, especialmente en lugares de clima tropical donde los suelos son de bajo pH y altos contenidos de aluminio.

Rassini (2002) desarrolló un método práctico de manejo de riego de alfalfa a partir de un ensayo desarrollado en un suelo Latosol Rojo-Amarillo. El autor monitoreó la humedad del suelo en la capa de 0-20 cm y su relación con la diferencia entre la evaporación de un tanque Clase A y la lluvia (ECA - PRP), concluyendo que valores acumulados de (ECA - PRP) entre 20 y 30 mm eran compatibles con la capacidad de agua disponible (CAD) de ese suelo, y que dicho rango de valores puede utilizarse como indicador para iniciar el riego del cultivo. También indicó que de esa forma fue posible aumentar la eficiencia del uso del agua aplicada a la alfalfa sin causar una caída en el rendimiento de forraje. Dicho manejo puede iniciarse a partir de la emisión del primer tallo secundario, tan pronto como los valores acumulados de (ECA - PRP) se acerquen a 30 mm.

El riego del cultivo de alfalfa generalmente se realiza por el método de aspersión, pero también hay informes sobre el uso del método de riego superficial (CARTER; SHEAFFER, 1983). Según algunos estudios, las pérdidas de agua por evaporación en áreas de alfalfa irrigada por aspersión

oscilaron entre 4% para el riego nocturno y 10% para el riego diurno (CAVERO et al., 2016, 2017; STAMBOULI et al., 2013).

Cavero et al. (2017) realizaron un experimento en Zaragoza (España) para estudiar los efectos de la aplicación de diferentes láminas de riego con un sistema de aspersión convencional fijo, observando que los cambios microclimáticos y fisiológicos del cultivo, así como la uniformidad del riego, pueden afectar la producción de forraje de alfalfa. El rendimiento aumentó linealmente a medida que la lámina de agua aplicada aumentó del 55% al 115% del requerimiento teórico de riego del cultivo (ETc estimado). La mayor respuesta productiva de láminas de riego superiores al 100% del requerimiento teórico estuvo relacionada con los efectos del viento (deriva y evaporación). Los autores concluyeron que la lámina de riego debe ser un 15% más alta que la ETc estimada para el cultivo, con el fin de optimizar la producción de alfalfa y el uso del agua en áreas con riego por aspersión convencional fijo.

6.2.6 Tolerancia a la Sequía

La tolerancia a la sequía en alfalfa se ha convertido recientemente en un importante objetivo de investigación, si bien los mecanismos que la condicionan aún no se han estudiado completamente debido a grandes variaciones en la interacción genotipo-ambiente. Esto implica cambios significativos en la clasificación de las poblaciones que se estudian no solo a nivel de grandes regiones, como la cuenca del Mediterráneo occidental (ANNICCHIARICO et al., 2011), sino también de regiones relativamente pequeñas, como el norte de Italia (ANNICCHIARICO et al., 2015; ANNICCHIARICO; PIANO, 2005).

El trabajo de Kang et al. (2011) sugiere que los germoplasmas con tolerancia y susceptibilidad a la sequía pueden compartir mecanismos fisiológicos similares de respuesta al estrés hídrico y que las principales diferencias son cuantitativas, como la reducción de la conductancia estomática bajo estrés o la producción de osmolitos y antioxidantes (ANNICCHIARICO et al., 2015; SUÁREZ et al., 2009).

Las adaptaciones morfológicas a la sequía que se observan en las colecciones de germoplasma incluyen la reducción del crecimiento y raíces rizomatosas (PROSPERI et al., 2006), características también asociadas con la tolerancia al pastoreo. Las raíces se ven favorecidas en ambientes secos, pero la extensión lateral y sus variaciones es un tema algo controvertido (ANNICCHIARICO et al., 2015; LAMB et al., 2000; ODORIZZI et al., 2008).

Aunque el enfoque no fue la tolerancia a la sequía, el trabajo de Botrel y Alvim (1997) evaluó el desempeño de 15 cultivares de alfalfa durante las temporadas de lluvia y de sequía en la Zona de

Mata de Minas Gerais. Los autores detectaron grandes diferencias en la producción de forraje, especialmente en la estación seca. En este período, el cultivar más productivo (Crioula, 8.100 kg MS ha⁻¹) superó en 81% al cultivar menos productivo (Maricopa, 4.482 kg MS ha⁻¹), mientras que en la temporada de lluvias la diferencia se redujo al 31% (9.126 y 6.966 kg DM ha⁻¹, respectivamente).

Viana et al. (2004) realizaron un estudio similar en la región del Cerrado de Minas Gerais, llegando a conclusiones similares: en la estación seca, la productividad del cultivar más productivo (Crioula, 8.770 kg MS ha⁻¹) superó en 59% al menos productivo (BR 3, 5.520 kg MS ha⁻¹). Sin embargo, en esta región la diferencia entre cultivares se mantuvo en el mismo nivel durante la temporada de lluvias (11.250 kg MS ha⁻¹ y 7.090 kg MS ha⁻¹).

Por lo tanto, las adaptaciones de la alfalfa referidas a la tolerancia a la sequía varían según el cultivar y las condiciones edafoclimáticas locales y deben considerarse en el proceso de toma de decisiones sobre el riego del cultivo. Al tratarse de una inversión relativamente elevada, dicha información es fundamental en el análisis de la viabilidad económica del regadío.

6.2.7 Tolerancia a la Salinidad

La alfalfa se caracterizó como un cultivo moderadamente sensible a la salinidad, con un umbral de conductividad eléctrica (CE) de 2,0 dS m⁻¹ [1.280 ppm de sólidos disueltos totales (SDT)] y un umbral de 1,5 bares (1 bar = 100 kPa) de potencial osmótico de la solución del suelo, estando este último con una humedad a capacidad de campo (EL-SHARKAWY et al., 2017).

El cultivo tiene una tolerancia relativamente alta a la salinidad en la zona radicular inferior, siempre que la solución del suelo sea poco salina en la zona superior. Es más sensible al Na⁺ que al Cl⁻, por lo que la acumulación de Na⁺ es la principal causa de la caída del rendimiento en el riego con agua salina. Incluso con agua moderadamente salina el riego puede promover el desplazamiento de sales y su acumulación en las capas profundas del suelo, permitiendo la proliferación de raíces en capas cercanas a la superficie y con baja salinidad.

Valores de conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo (CE) de 10 dS m⁻¹ causan reducciones significativas en la producción. Incluso en estas condiciones, el rendimiento absoluto de la alfalfa aún puede ser mayor que el de varias especies de gramíneas "tolerantes a la sal" (STEDUTO et al., 2012).

El-Sharkawy et al. (2017) llevaron a cabo un experimento en el que midieron el efecto de la salinidad sobre la germinación de semillas de diez genotipos de alfalfa en una cámara de crecimiento con cinco concentraciones salinas (0%, 0,5%, 1%, 1,5% y 2%) y concluyeron que las concentraciones de sal por encima del 1% reducían la germinación de las semillas en más del 70% en la mayoría de

los genotipos. En el mismo experimento, los autores seleccionaron dos genotipos -uno tolerante y otro sensible a la salinidad- y los sembraron en arena bajo dos tratamientos de salinidad ($CE = 10$ y 15 dS m^{-1}) y cuatro tratamientos de fertilización [control (solución de Hoagland (HOAGLAND; ARNON, 1950); extracto de algas; ácido húmico; y sulfato de potasio], verificando que la biomasa vegetal se redujo bajo ambas concentraciones salinas en ambos genotipos, aunque con mayor magnitud en el genotipo sensible. La aplicación de extracto de algas marinas dio como resultado un mayor contenido relativo de agua y de prolina (indicador de estrés hídrico en las plantas) bajo ambas concentraciones de sal en el genotipo sensible. En general, el extracto de algas marinas parece tener en la alfalfa un efecto positivo para aliviar el estrés causado por la salinidad.

6.2.8 Rendimiento y Calidad

La diversidad climática y edáfica en la que se cultiva alfalfa tiene un fuerte efecto sobre el rendimiento de los cultivos. Los rendimientos registrados en ensayos de Nueva Zelandia oscilaron entre menos de $1 \text{ t MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en secano, en áreas de suelos con baja capacidad de retención de agua y con escasas precipitaciones ($< 300 \text{ mm año}^{-1}$), a más de $28 \text{ t MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en sitios con suelos profundos, de alta capacidad de retención de agua y bien irrigados (BROWN et al., 2005). En África se notificaron niveles máximos de productividad de entre 10 y $20 \text{ t MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, que es un rango común de rendimientos obtenidos bajo riego en Europa, China y América del Norte. En condiciones de secano y con precipitaciones de $500\text{-}800 \text{ mm año}^{-1}$, fueron registrados rendimientos de 5 a $17 \text{ t MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

La productividad y la persistencia de la población de plantas de alfalfa se ven afectadas por el manejo y por la ubicación de los cultivos, con la expectativa de una disminución en la población de plantas en los primeros 4-5 años. La alfalfa puede persistir durante más de 20 años en lugares con escasas precipitaciones y con un período bien caracterizado de reposo invernal, siempre que los suelos no se congelen y causen la muerte de las plantas (STEDUTO et al., 2012).

La calidad del forraje de alfalfa está directamente relacionada con la fracción hoja en comparación con la fracción tallo, de menor calidad. Durante el crecimiento vegetativo de los cultivos, las primeras 2 t MS ha^{-1} son predominantemente forrajes de alta calidad, con un contenido de proteína bruta igual o superior al 25%. A medida que la alfalfa madura más allá de esta etapa, la proporción de tallo aumenta y la relación hoja/tallo disminuye (MARTEN et al., 1988). Por lo tanto, para obtener heno de alta calidad, generalmente la alfalfa se corta al comienzo del período de floración o antes de eso. Cuando se utiliza alfalfa en pastoreo rotativo se recomienda que cada piquete tenga un intervalo de pastoreo de 35 a 42 días (MOOT et al., 2003). El pastoreo continuo contribuye a la

disminución de las reservas de raíces y la consiguiente muerte de plantas debilitadas. Permitir un período de crecimiento prolongado en otoño es beneficioso para reponer las reservas de raíces y ayuda a garantizar la persistencia de la pastura.

Referencias

- ANNICCHIARICO, P.; BARRETT, B.; BRUMMER, E. C.; JULIER, B.; MARSHALL, A. H. Achievements and challenges in improving temperate perennial forage legumes. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 34, p. 327-380, 2015. DOI: 10.1080/07352689.2014.898462.
- ANNICCHIARICO, P.; PECETTI, L.; ABDELGUERFI, A.; BOUIZGAREN, A.; CARRONI, A. M.; HAYEK, T.; BOUZINA, M. M.; MEZNI, M. Adaptation of landrace and variety germplasm and selection strategies for lucerne in the Mediterranean basin. **Field Crops Research**, v. 120, n. 2, p. 283-291, Jan. 2011. DOI: 10.1016/j.fcr.2010.11.003.
- ANNICCHIARICO, P.; PIANO, E. Use of artificial environments to reproduce and exploit genotype x location interaction for lucerne in northern Italy. **Theoretical Applied and Genetics**, v. 110, n. 2, p. 219-227, Jan. 2005. DOI: 10.1007/s00122-004-1811-9.
- ASSENS, S.; HSIAO, T. C. Canopy CO₂ assimilation, energy balance, and water use efficiency of an alfalfa crop before and after cutting. **Field Crops Research**, v. 67, n. 3, p. 191-206, Aug. 2000. DOI: 10.1016/S0378-4290(00)00094-0.
- AVICE, J. C.; LEMAIRE, G.; OURRY, A.; BOUCAUD, J. Effects of the previous shoot removal frequency on subsequent shoot regrowth in two *Medicago sativa* L. cultivars. **Plant and Soil**, v. 188, n. 2, p. 189-198, Jan. 1997. DOI: 10.1023/A:1004291801023.
- BARNES, D. K.; GOPLEN, B. P.; BAYLOR, J. E. Highlights in the USA and Canada. In: HANSON, A. A.; BARNES, D. K.; HILL, R. R. (Ed.). **Alfalfa and alfalfa improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1988. p. 1-24. (Agronomy monograph, 29).
- BENABDERRAHIM, M. A.; MANSOUR, H.; ALI, F. Diversity of lucerne (*Medicago sativa* L.) populations in South Tunisia. **Pakistan Journal of Botany**, v. 41, n. 6, p. 2851-2861, 2009.
- BOLGER, T. P.; MATCHES, A. G. Water-use efficiency and yield of sainfoin and alfalfa. **Crop Science**, v. 30, n. 1, p. 143-148, 1990. DOI: 10.2135/cropsci1990.0011183X003000010032x.
- BOTREL, M. de A.; ALVIM, M. J. Avaliação de cultivares de alfafa na Zona da Mata de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 9, p. 971-975, set. 1997.
- BROWN, H. E.; MOOT, D. J.; FLETCHER, A. L.; JAMIESON, P. D. A framework for quantifying water extraction and water stress responses of perennial lucerne. **Crop and Pasture Science**, v. 60, n. 8, p. 785, 2009. DOI: 10.1071/CP08415.
- BROWN, H. E.; MOOT, D. J.; POLLOCK, K. M. Herbage production, persistence, nutritive characteristics and water use of perennial forages grown over 6 years on a Wakanui silt loam. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 48, n. 4, p. 423-439, dez. 2005. DOI: 10.1080/00288233.2005.9513677.
- BROWN, H. E.; MOOT, D. J.; TEIXEIRA, E. I. Radiation use efficiency and biomass partitioning of lucerne (*Medicago sativa*) in a temperate climate. **European Journal of Agronomy**, v. 25, n. 4, p. 319-327, Nov. 2006. DOI: 10.1016/j.eja.2006.06.008.
- CARTER, P. R.; SHEAFFER, C. C. Alfalfa response to soil water deficits. I. Growth, forage quality, yield, water use, and water-use efficiency. **Crop Science**, v. 23, n. 4, p. 669-675, 1983. DOI: 10.2135/cropsci1983.0011183X002300040016x.

- CAVERO, J.; FACI, J. M.; MARTÍNEZ-COB, A. Relevance of sprinkler irrigation time of the day on alfalfa forage production. **Agricultural Water Management**, v. 178, p. 304-313, Dec. 2016. DOI: 10.1016/j.agwat.2016.10.008.
- CAVERO, J.; FACI, J. M.; MEDINA, E. T.; MARTÍNEZ-COB, A. Alfalfa forage production under solid-set sprinkler irrigation in a semiarid climate. **Agricultural Water Management**, v. 191, p. 184-192, Sept. 2017. DOI: 10.1016/j.agwat.2017.06.018.
- DARDANELLI, J. L.; BACHMEIER, O. A.; SERENO, R.; GIL, R. Rooting depth and soil water extraction patterns of different crops in a silty loam Haplustoll. **Field Crops Research**, v. 54, n. 1, p. 29-38, Aug. 1997. DOI: 10.1016/S0378-4290(97)00017-8.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: Ed. da UFPB, 1994. (FAO. Estudos FAO. Irrigação e drenagem, 33).
- DU, H.; SHI, Y.; LI, D.; FAN, W.; WANG, Y.; WANG, G.; WANG, C. Proteomics reveals key proteins participating in growth difference between fall dormant and non-dormant alfalfa in terminal buds. **Journal of Proteomics**, v. 173, p. 126-138, Feb. 2018. DOI: 10.1016/j.jpro.2017.11.029.
- EL-SHARKAWY, M.; EL-BESHSBESHY, T.; AL-SHAL, R.; MISSAOUI, A. Effect of plant growth stimulants on alfalfa response to salt stress. **Agricultural Sciences**, v. 8, n. 4, p. 267-291, 2017. DOI: 10.4236/as.2017.84020.
- FERREIRA, R. de P.; RASSINI, J. B.; RODRIGUES, A. de A.; FREITAS, A. R. de; CAMARGO, A. C. de; MENDONÇA, F. C. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. 469 p.
- GRIMES, D. W.; WILEY, P. L.; SHEESLEY, W. R. Alfalfa yield and plant water relations with variable irrigation. **Crop Science**, v. 32, n. 6, p. 1381-1387, 1992. DOI: 10.2135/cropsci1992.0011183X003200060015x.
- GUITJENS, J. C. Alfalfa. **Agronomy**, n. 30, p. 537-568, 1990.
- HEICHEL, G. H. Alfalfa. In: TEARE, I. D.; PEET, M. M. Crop-water relations. New York: John Wiley, 1983. p. 128-155.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water-culture method for growing plants without soil**. Berkeley: The College of Agriculture University of California, 1950. (California Agricultural Experiment Station. Circular, 347).
- KANG, Y.; HAN, Y.; TORRES-JEREZ, I.; WANG, M.; TANG, Y.; MONTEROS, M.;
- UDVARDI, M. System responses to long-term drought and re-watering of two contrasting alfalfa varieties. **The Plant Journal**, v. 68, n. 5, p. 871-889, Dec. 2011. DOI: 10.1111/j.1365-313X.2011.04738.x.
- LAMB, J. F. S.; SAMAC, D. A.; BARNES, D. K.; HENJUM, K. I. Increased herbage yield in alfalfa associated with selection for fibrous and lateral roots. **Crop Science**, v. 40, n. 3, p. 693-699, 2000. DOI: 10.2135/cropsci2000.403693x.
- LINDENMAYER, R. B.; HANSEN, N. C.; BRUMMER, J.; PRITCHETT, J. G. Deficit irrigation of alfalfa for water-savings in the Great Plains and Intermountain West: a review and analysis of the literature. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 1, p. 45-50, 2011. DOI: 10.2134/agronj2010.0224.
- LU, X.; JI, S.; HOU, C.; SHEN, Y. Morphological development and dry weight distribution of alfalfa cultivars varying in fall dormancy under a short-term cultivation system. **Grassland Science**, v. 63, n. 1, p. 23-28, Jan. 2017. DOI: 10.1111/grs.12139.
- MARTEN, G. C.; BUXTON, D. R.; BARNES, R. F. Feeding value (forage quality). In: HANSON, A. A.; BARNES, D. K.; HILL, R. R. (Ed.). **Alfalfa and alfalfa improvement**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 1988. p. 463-491. (Agronomy monograph, 29).

- McDONALD, W.; NIKANDROW, A.; BISHOP, A.; LATTIMORE, M.; GARDNER, P.; WILLIAMS, R.; HYSONS, L. **Lucerne for pasture and fodder**. 3rd ed. [S.l.]: NSW Agriculture, 2003. 39 p.
- McKENZIE, J. S.; PAQUIN, R.; DUKE, S. H. Cold and heat tolerance. In: HANSON, A. A.; BARNES, D. K.; HILL, R. R. (Ed.). **Alfalfa and alfalfa improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1988. p. 259-302. (Agronomy, 29).
- MENDONÇA, F. C.; RASSINI, J. B. Manejo de irrigação da alfafa. In: FERREIRA, R. de P.; FERREIRA, R. de P.; RASSINI, J. B.; RODRIGUES, A. de A.; FREITAS, A. R. de; CAMARGO, A. C. de; MENDONÇA, F. C. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. p. 141-169.
- MOOT, D.; BROWN, H. E.; TEIXEIRA, E.; POLLOCK, K. Crop growth and development affect seasonal priorities for lucerne management. In: LEGUMES for dryland pastures: proceedings of a New Zealand Grassland Association (Inc.) Symposium Held at Lincoln University, 18-19 November, 2003. [S.l.]: New Zealand Grassland Association, 2003. p. 201-208.
- ODORIZZI, A.; BASIGALUP, D.; AROLFO, V.; BALZARINI, M. Root traits variability in alfalfa (*Medicago sativa* L.) populations with a high number of lateral roots. **AgriScientia**, v. 25, p. 65-73, 2008.
- PAULA, D. P.; SILVA, C. R. da. **Necessidades hídricas, métodos de irrigação e aspectos econômicos da cultura de alfafa**. 1998. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/alfafa.htm>>. Acesso em: 22 fev. 2018.
- PEEL, M. D.; WALDRON, B. L.; JENSEN, K. B.; CHATTERTON, N. J.; HORTON, H.; DUDLEY, M. Screening for salinity tolerance in Alfalfa: a repeatable method. **Crop Science**, v. 44, p. 2049-2053, 2004. DOI: 10.2135/cropsci2004.2049.
- PROSPERI, J.-M.; JENCZEWSKI, E.; ANGEVAIN, M.; RONFORT, J. Morphologic and agronomic diversity of wild genetic resources of *Medicago sativa* (L.) collected in Spain. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 53, n. 4, p. 843-856, June 2006. DOI: 10.1007/s10722-004-6476-3.
- RASSINI, J. B. Manejo da água na irrigação da alfafa num Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 4, p. 503-507, 2002. DOI: 10.1590/S0100-204X2002000400012.
- RASSINI, J. B. Manejo de água de irrigação para alfafa (*Medicago sativa* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 1681-1688, 2001. DOI: 10.1590/S1516-35982001000700004.
- RASSINI, J. B.; FERREIRA, R. de P.; MOREIRA, A.; VILELA, D. Avaliação de cultivares de alfafa na região de São Carlos, São. **Boletim de Indústria Animal**, v. 64, n. 4, p. 289-293, 2007.
- RETTA, A.; HANKS, R. J. Corn and alfalfa production as influenced by limited irrigation. **Irrigation Science**, v. 1, n. 3, p. 135-147, Feb. 1980. DOI: 10.1007/BF00270878.
- SAEED, I. A. M.; EL-NADI, A. H. Irrigation effects on the growth, yield, and water use efficiency of alfalfa. **Irrigation Science**, v. 17, n. 2, p. 63-68, Feb. 1997. DOI: 10.1007/s002710050023.
- SAMMIS, T. W. Yield of alfalfa and cotton as influenced by irrigation. **Agronomy Journal**, v. 73, n. 2, p. 323-329, 1981. DOI: 10.2134/agronj1981.00021962007300020019x.
- SHANI, U.; DUDLEY, L. M. Field studies of crop response to water and salt stress. **Soil Science Society of America Journal**, v. 65, n. 5, p. 1522-1528, 2001. DOI: 10.2136/sssaj2001.6551522x.

- SHEAFFER, C. C.; TANNER, C. B.; KIRKHAM, M. B. Alfalfa water relations and irrigation. In: HANSON, A. A.; BARNES, D. K.; HILL, R. R. (Ed.). **Alfalfa and alfalfa improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1988. p. 373-409. (Agronomy, 29).
- SMEAL, D.; GREGORY, E. J.; ARNOLD, R. N. Interseasonal variability in the water use- production function of alfalfa. **Crop Science**, v. 5, n. 4, p. 576-578, 1992. DOI: 10.2134/jpa1993.0576.
- STAMBOULI, T.; MARTÍNEZ-COB, A.; FACI, J. M.; HOWELL, T.; ZAPARA, N. Sprinkler evaporation losses in alfalfa during solid-set sprinkler irrigation in semiarid areas. **Irrigation Science**, v. 31, n. 5, p. 1075-1089, Sept. 2013. DOI: 10.1007/s00271-012-0389-2.
- STEDUTO, P.; HSIAO, T. C.; FERERES, E.; RAES, D. **Crop yield response to water**. Rome: FAO, 2012.
- SUÁREZ, R.; CALDERÓN, C.; ITURRIAGA, G. Enhanced tolerance to multiple abiotic stresses in transgenic alfalfa accumulating trehalose. **Crop Science**, v. 49, n. 5, p. 1791-1799, 2009. DOI: 10.2135/cropsci2008.09.0573.
- TAYLOR, A.; MARBLE, V. Lucerne irrigation and soil water use during bloom and seed set on a red-brown earth in south-eastern Australia. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 26, n. 5, p. 577-581, 1986. DOI: 10.1071/EA9860577.
- TEIXEIRA, E. I.; MOOT, D. J.; BROWN, H. E. Defoliation frequency and season affected radiation use efficiency and dry matter partitioning to roots of lucerne (*Medicago sativa* L.) crops. **European Journal of Agronomy**, v. 28, n. 2, p. 103-111, Feb. 2008. DOI: 10.1016/j.eja.2007.05.004.
- UNDERSANDER, D. J. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) growth response to water and temperature. **Irrigation Science**, v. 8, n. 1, p. 23-33, Apr. 1987. DOI: 10.1007/BF00256813.
- VIANA, M. C. M.; PURCINO, H. M. A.; KONZEN, E. A.; BOTREL, M. de. A.; GIANASI, L.; MASCARENHAS, M. H. T.; FREIRE, F. M. Avaliação de cultivares de alfafa nas condições de Cerrado no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 289-292, 2004. DOI: 10.1590/S0100-204X2004000300013.
- VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; BARIONI, L. G.; BARCELLOS, A. de O. Integração lavoura pecuária. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. de (Ed.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. p. 933-96.

CAPÍTULO 7. MANEJO DE FORRAJE

Reinaldo de Paula Ferreira, Décio Karam, Oscar Tupy, Dilermando Miranda da Fonseca, Frank Akiyoshi Kuwahara y Antonio Vander Pereira

La alfalfa se considera uno de los forrajes más importantes por reunir características importantes como productividad, calidad proteica, aceptabilidad, digestibilidad, capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico y baja estacionalidad de la producción de forraje. Sin embargo, es un cultivo exigente en manejo y su expansión en América Latina depende del uso correcto de insumos y de la adopción de prácticas adecuadas de cultivo y establecimiento.

El establecimiento de un alfalfar productivo y persistente, en cualquier condición edafoclimática, depende inicialmente de la buena preparación y corrección de la fertilidad del suelo. La planta de alfalfa tiene un vasto sistema radicular pivotante, que penetra de 2 m a 5 m de profundidad en el suelo y que le permite absorber agua y nutrientes del subsuelo (RASSINI et al., 2008).

La productividad y persistencia de la alfalfa están directamente relacionadas con su manejo, ya que el rebrote de la planta se produce a expensas de las reservas de carbohidratos de la raíz y la corona de la planta acumuladas durante el período de crecimiento forrajero (RODRIGUEZ; EROLES, 2008).

La corona es una estructura de almacenamiento de sustancias de reserva y lugar de yemas, de los cuales surgirán nuevos rebrotes (tallos) de la planta. Está formada por tejidos perennes del tallo y también de la parte superior de la raíz. La conformación de la corona está influenciada por la ocurrencia de períodos fríos y secos, la práctica cultural, el ataque de plagas y enfermedades, el vigor general y la edad de las plantas. Como esta estructura está cerca del nivel del suelo, está mejor protegida del daño causado por el pastoreo desproporcionado y el corte inadecuado del cultivo, por lo que esta ubicación puede convertirse en un mecanismo natural de protección de la planta. Los cultivares sin reposo invernal tienen coronas pequeñas y compactas y aquellos con reposo tienden a tener coronas más grandes y abiertas (RODRIGUEZ; EROLES, 2008).

El primer corte de alfalfa debe realizarse cuando el cultivo está en plena floración, con el 80% de las plantas florecidas, de manera que haya podido acumular una suficiente cantidad de hidratos de carbono y pueda presentar corona y raíz bien desarrolladas. Para los cultivares evaluados en la región sudeste de Brasil, este período es de 70 a 80 días. Preferiblemente, este primer corte debe hacerse con desmalezadora (hélice), a una altura de 8 a 10 cm de la superficie del suelo, ya que en esta etapa de maduración la alfalfa está sujeta a vuelco y ya ha reducido la calidad del forraje. Posteriormente, se

recomienda cortar o comenzar a pastorear cuando el 10% de las plantas tienen flores, momento en el que hay un equilibrio entre la producción y la calidad del forraje. En el período de invierno puede no haber emisión de flores y, cuando este hecho ocurre, se recomienda que la alfalfa sea cortada o pastoreada cuando los rebrotes basales alcancen una altura promedio de 3 a 5 cm. Esto permitirá que la planta, después de cada pastoreo o corte, acumule reservas para favorecer un buen rebrote y obtener así alta producción y persistencia en el tiempo (COMERON et al., 2015).

La cosecha de alfalfa por medio de cortes debe realizarse a una altura de 8 a 10 cm de la superficie del suelo para preservar los rebrotes basales, la misma altura en la que se debe mantener el residuo post-pastoreo, lo que resulta en mayor absorción de nutrientes, más resistencia a la sequía y, en consecuencia, mayor producción de biomasa aérea. En el sistema de pastoreo rotativo el tiempo de permanencia de los animales debe ser diario, alternando con períodos de descanso apropiados, que en la región sudeste de Brasil son de alrededor de 34 días en invierno y de aproximadamente 28 días en las otras estaciones. El pastoreo rotativo permite durante el descanso el tiempo necesario para que la recomposición de las reservas en las raíces resulte en un rebrote vigoroso y en pasturas longevas y productivas. Se recomienda el método de rotación en franjas, que posibilita una mayor eficiencia en el uso del forraje. En este sistema, se ponen a disposición de los animales franjas con la suficiente oferta forrajera que atienda el consumo a lo largo de un día. La recomendación del método rotativo en franjas se debe a que en el verano los períodos de descanso son más cortos y en invierno son más largos, de modo que el uso de un sistema rotativo con un número fijo de piquetes generaría forraje sobrante en verano y faltante en invierno (RASSINI et al., 2008).

El rebrote de alfalfa se produce en función de las reservas de carbohidratos, constituidas en mayor proporción por almidón y, en menor medida, por glucosa, fructosa y sacarosa. Dependiendo del tipo de explotación del cultivo (corte o pastoreo), esta acumulación de reservas no es continua, ya que se interrumpe en cada período de utilización de las plantas. Es precisamente durante los intervalos entre cortes o pastoreos que los carbohidratos no estructurales se acumulan en la raíz y la corona. Así, una mayor cantidad de reservas de hidratos de carbono implica una reducción del tiempo necesario para que el nuevo rebrote alcance el punto de corte o pastoreo de la alfalfa (RASSINI et al., 2008).

Después del corte o pastoreo (fase inicial) las reservas de carbohidratos en la raíz y la corona disminuyen, dado que son direccionadas a la parte aérea de la planta. Cuando el índice de área foliar aumenta hasta el punto de producir una mayor cantidad de fotosintetizados que las reservas consumidas para el rebrote (alrededor de 20 cm de altura de las plantas), el proceso se invierte, es decir que en ese momento los productos fotosintetizados circulan ahora desde la parte aérea hacia la raíz y la corona, aumentando nuevamente las reservas en estas estructuras. Este circuito de acumulación de reservas se produce aún la plena floración de la planta, ya que desde esta etapa hasta

la maduración de las semillas todos los productos fotosintetizados se destinan al proceso reproductivo (SMITH, 1975).

El porcentaje de proteína bruta (PB) de la alfalfa es una función de la etapa del crecimiento de las plantas, dado que a medida que avanzan las etapas de desarrollo el contenido de PB se reduce. En ese contexto, el estado de botón floral es un buen equilibrio entre rendimiento de forraje y calidad. Si la alfalfa se cortara sistemáticamente en la etapa previa al botón floral no se alcanzaría la recuperación plena de las reservas de carbohidratos. Por eso en Chile la alfalfa se corta generalmente en la etapa de botón floral, pero dejando un corte con floración completa durante el año para favorecer la acumulación de carbohidratos en la raíz y corona (ORTIZ, 2000).

La calidad de un forraje se refiere no solo al contenido de PB sino también a otros componentes como fibra, lignina, digestibilidad y consumo, que están influenciados por la etapa de desarrollo de la alfalfa y su composición morfológica (porcentaje de hoja, tallo y material senescente). En la base de la planta las hojas son más viejas, la pared celular es más gruesa y los contenidos de fibra detergente neutra (FDN) son mayores, lo que hace que la digestibilidad y el consumo sean menores. Por esta razón, los animales comienzan a pastorear la alfalfa desde el tercio superior (CANGIANO, 2007). El contenido de PB disminuye linealmente desde la parte superior hacia la base de las plantas (COMERON; ROMERO, 2007).

Un manejo adecuado del riego es necesario para aumentar la eficiencia en el uso del agua. Tal manejo consiste en un conjunto de técnicas para diseñar, instalar, controlar y operar el sistema de riego con el fin de obtener la máxima producción económica del cultivo. El buen manejo incluye también tener en cuenta el clima, la ubicación, la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, las características del cultivo y el sistema de riego (MENDONÇA; RASSINI, 2015).

El consumo medio anual de agua por parte de la alfalfa se sitúa entre los 800 y los 1.600 mm, dependiendo del clima y de la duración del periodo vegetativo (PROGRAMA NACIONAL DE IRRIGAÇÃO, 1987), con una necesidad de agua de alrededor de 60 mm de agua $t\ MS^{-1}$ (WRIGHT, 1988). Los sistemas de riego presurizado son los más utilizados en alfalfa, especialmente los sistemas de aspersión convencionales, de aspersión en malla, por goteo y por pivot central. Se suele buscar mantener el suelo con el 70% de la capacidad del campo (MENDONÇA; RASSINI, 2015). Ojo: controlar lo resaltado en amarillo porque no estoy seguro de haber entendido bien lo que se quiere decir. Normalmente en Argentina separamos entre sistemas de riego gravitacional (por surco y por inundación) y sistemas de riego presurizados (es decir que utilizan bombas para dar presión). Y dentro de estos últimos, se distingue entre los de aspersión (pivot central y otros) y los de goteo (sea superficial o enterrado). No sé bien a qué se refiere el sistema de aspersión en malla.

Las malezas pueden reducir considerablemente el rendimiento de los cultivos de alfalfa ya que compiten por el agua, la luz y los nutrientes y reducen la calidad del forraje y la semilla (PETERS; PETERS, 1992). El período crítico de competencia en el establecimiento del cultivo se extiende de 15 a 50 días después de la aparición de la alfalfa (SILVA et al., 2004). Es decir, este período corresponde a la fase en la que las prácticas de control deben adoptarse de manera efectiva. Por lo tanto, la comunidad de malezas que se asiente después de este período ya no podrá interferir significativamente con la productividad del cultivo de alfalfa.

Entre las alternativas para combatir eficazmente las malezas en alfalfa se encuentra el control químico con herbicidas. Sus principales ventajas son la velocidad de aplicación, la economía de recursos humanos y la eficacia de control. Normalmente, en otros países, los herbicidas más usados son: *trifluralina* que se aplica en presiembra sobre suelo húmedo y a una dosis de 900 g ha⁻¹; *imazetapir*, para el control de malezas de hoja ancha y a una dosis de 100 g ha⁻¹; *fluazifop-p-butyl*, para el control de gramíneas en dosis de 375 g ha⁻¹; y *paraquat*, como herbicida de contacto y en dosis de 200 g ha⁻¹. En todos los casos se recomienda emplear *Assist* como adhesivo en dosis de 1 L ha⁻¹ (BRIGHENTI; KARAM, 2015). Sin embargo, cabe destacar que en Brasil solo el herbicida *diuron* está registrado en el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento (MAPA) para su uso en cultivos de alfalfa de más de un año, en cobertura total, inmediatamente después de un corte y antes de la aparición de un nuevo rebrote, y con dosis de 1,2 a 2,0 kg i.a.ha⁻¹ (RODRIGUES; ALMEIDA, 1998).

Países con mayor tradición en el cultivo de alfalfa -como EEUU, Canadá y Argentina- cuentan con un elevado número de cultivares, adaptados a diferentes condiciones edafoclimáticas. En Brasil, el cultivar Crioula sigue siendo el más difundido por su buena adaptabilidad y su estabilidad (KOPP et al., 2011). El lanzamiento de nuevos cultivares adaptados permitirá expandir el cultivo en diferentes regiones de América Latina, con el consiguiente aumento del área de cultivo y asegurando el suministro de alimentos de alta calidad y elevada productividad para los sistemas intensivos de producción de leche y carne (COMERON et al., 2015).

No se recomienda el cultivo sucesivo de alfalfa en el mismo lote, ya que esta leguminosa es una especie autotóxica, es decir libera fitotoxinas que inhiben o ralentizan la germinación y el crecimiento de las plantas de alfalfa en el mismo terreno, fenómeno conocido como autotoxicidad. Lo ideal es hacer una rotación con gramíneas. El maíz generalmente está indicado después de la alfalfa. La persistencia de un alfalar depende del manejo y suele variar entre tres y cinco años (COMERON et al., 2015). Sheaffer et al. (1991) concluyeron que la alfalfa, en un clima templado y después de tres años de cultivo, aportó 100 kg N residual ha⁻¹ al cultivo posterior.

Las enfermedades de la alfalfa son causadas por un amplio espectro de fitopatógenos que incluyen hongos, bacterias, virus, fitoplasmas y nematodos. Dentro de este conjunto de organismos, los hongos son responsables de la mayoría de las enfermedades de importancia económica, causando pérdidas de dos tipos: directas e indirectas. Las pérdidas directas implican una disminución de la productividad, causada por la muerte de las plantas o la disminución del vigor, y la reducción de la calidad del forraje, causada por manchas en las hojas y/o defoliación. Las pérdidas indirectas incluyen la disminución del valor nutricional del forraje como consecuencia de la pérdida o degradación de compuestos químicos de alto valor nutricional (proteínas, azúcares, lípidos y vitaminas), la presencia de micotoxinas, la disminución de la nodulación, la mayor susceptibilidad al ataque de insectos y la proliferación de malezas altamente competitivas. Se recomienda utilizar cultivares resistentes (GIECO et al., 2015).

Entre las principales plagas de la alfalfa, los pulgones son los más importantes, debido a su alto potencial reproductivo y al daño que causan al cultivo. Las ninfas y los adultos chupan la savia de las hojas y los tallos e inyectan saliva tóxica en la planta, lo que causa atrofia de la planta por acortamiento de los entrenudos; también pueden transmitir enfermedades (como el virus del mosaico de alfalfa) y excretar sustancias melosas (exudados de consistencia similar a la miel) en las que crece un hongo negro llamado fumagina que afecta la fotosíntesis. Para el control de plagas se recomienda utilizar cultivares resistentes y medidas de control biológico (SILVA et al., 2015).

En los suelos de Brasil clasificados como Latosoles Rojo-Amarillos, característicamente ácidos y con baja fertilidad natural, el costo anual de producción de una hectárea de alfalfa es de R\$ 7.141,26, lo que incluye los costos de establecimiento y mantenimiento del cultivo, el costo de oportunidad de uso de la tierra y la depreciación de los activos fijos. La inversión en el establecimiento de la alfalfa es de R\$ 3.172,50 ha⁻¹, depreciada en tres años. Este costo abarca la labranza del suelo, el encalado y la fertilización a la siembra, la aplicación de herbicidas y las semillas. El valor de la inversión en activos fijos, que incluye el conjunto de riego, la cerca eléctrica para el pastoreo en franjas y bebederos es de R\$ 8.825,38 ha⁻¹, depreciado proporcionalmente a la vida útil de cada activo: 10 años para los dos primeros y 5 años para el último. El costo de mantenimiento de la pastura es de R\$ 4.708,43 ha⁻¹, y se compone de gastos en insumos (piedra caliza, fertilizante, herbicida e insecticida), reemplazo de repuestos, servicios de fertilización, aplicación de herbicidas y consumo de electricidad. Considerando una producción de 20 t MS año⁻¹ y una vida útil de tres años, el costo del kg de MS de alfalfa es de R\$ 0,36. La que más pesa en el costo total de producción de alfalfa es el uso de insumos, especialmente cloruro de potasio (TUPY et al., 2015).

Referências

- BRIGHENTI, A. M.; KARAM, D. Controle de plantas daninhas. In: FERREIRA, R. de P.; VILELA, D.; COMERON, E. A.; BERNARDI, A. C. de C.; KARAM, D. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa em pastejo para alimentação de vacas leiteiras**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 53-63.
- CANGIANO, C. A. Crecimiento y manejo de la defoliación. In: BASIGALUP, D. H. (Ed.). **El cultivo de la alfalfa en la Argentina**. Buenos Aires: Ediciones INTA, 2007. p. 247-276.
- COMERON, E. A.; FERREIRA, R. P.; VILELA, D.; KUVAHARA, F. A.; TUPY, O. Utilização da alfafa em pastejo para alimentação de vacas leiteiras. In: FERREIRA, R. de P.; VILELA, D.; COMERON, E. A.; BERNARDI, A. C. de C.; KARAM, D. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa em pastejo para alimentação de vacas leiteiras**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 131-149.
- COMERON, E. A.; ROMERO, L. A. Utilización de la alfalfa por vacas lecheras em pastoreo. In: BASIGALUP, D. H. (Ed.). **El cultivo de la Alfalfa en la Argentina**. Buenos Aires: INTA, 2007. p. 303-331.
- GIECO, J. O.; BASIGALUP, D. H.; PORTO, D. M. Doenças. In: FERREIRA, R. P.; VILELA, D.; COMERON, E. A.; BERNARDI, A. C. de C.; KARAM, D. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa em pastejo para alimentação de vacas leiteiras**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 65-87.
- KOPP, M. M.; PEREIRA, A. V.; FERREIRA, R. P. Cultivares de alfafa no Brasil. In: FERREIRA, R. de P.; BASIGALUP, D. H.; GIECO, J. O. (Ed.). **Melhoramento genético da alfafa**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2011. p. 309-331.
- MENDONÇA, F. C.; RASSINI, J. B. Manejo da irrigação. In: FERREIRA, R. de P.; VILELA, D.; COMERON, E. A.; BERNARDI, A. C. de C.; KARAM, D. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa em pastejo para alimentação de vacas leiteiras**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 27-44.
- ORTIZ, P. S. **Alfafa en la zona centro sur de Chile**. Santiago: INIA, 2000. 266 p.
- PETERS, E. J.; PETERS, R. A. Weeds and weed control. In: HANSON, C. H. (Ed.). **Alfalfa science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 1992. p. 555-573.
- PROGRAMA NACIONAL DE IRRIGAÇÃO (Brasil). **Tempo de irrigar**: manual do irrigante. São Paulo: Matter: Fundação Victor Civita, 1987. 160 p.
- RASSINI, J. B.; FERREIRA, R. P.; CAMARGO, A. C. Cultivo e estabelecimento da alfafa. In: FERREIRA, R. de P.; RASSINI, J. B.; RODRIGUES, A. de A.; FREITAS, A. R. de; CAMARGO, A. C. de; MENDONÇA, F. C. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. p. 39-79.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. de S. **Guia de herbicidas**. 4.ed. Londrina: Edição dos autores, 1998. 648p.
- RODRIGUEZ, N. E.; EROLES, S. F. Morfologia da alfafa. In: FERREIRA, R. de P.; RASSINI, J. B.; RODRIGUES, A. de A.; FREITAS, A. R. de; CAMARGO, A. C. de; MENDONÇA, F. C. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. p. 16-36.
- SHEAFER, C. C.; RUSSELE, M. P.; HEICHEL, G. H. Nonharvested forager legumes: nitrogen and dry matter yields and effects on a subsequent corn crop. **Journal Production Agriculture**, v. 4, n. 4, p. 519-524, 1991.
- SILVA, C. S.; BUENO, V. H. P.; FAVA, F. D. Pragas. In: FERREIRA, R. de P.; VILELA, D.; COMERON, E. A.; BERNARDI, A. C. de C.; KARAM, D. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa em pastejo para alimentação de vacas leiteiras**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 65-87.
- SILVA, W.; VILELA, D.; COBBUCI, T.; HEINEMANN, A. B.; REIS, F. A.; PEREIRA, A. V.; FERREIRA, R. P. Avaliação da eficiência de herbicidas no controle de plantas daninhas em alfafa. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 4, p. 729-735, 2004.

SMITH, D. Effects of potassium topdressing a low fertility silt loam soil on alfalfa herbage yields and composition and on soil K. **Agronomy Journal**, v. 67, n. 1, p. 60-64, 1975. DOI: 10.2134/agronj1975.00021962006700010016x.

TUPY, O.; FERREIRA, R. P.; VILELA, D.; ESTEVES, S. N.; KUWAHARA, F. A.; ALVES, E. R. A. Viabilidade econômica e financeira do pastejo em alfafa em sistemas de produção de leite. **Revista de Política Agrícola**, 2: 102-116, 2015.

WRIGHT, J. L. Daily and seasonal evapotranspiration and yield of irrigated alfalfa in southern Idaho. **Agronomy Journal**, v. 80, n. 4, p. 662-669, 1988. DOI: 10.2134/agronj1988.00021962008000040022x.

CAPÍTULO 8. IDENTIFICACIÓN Y CONTROL DE MALEZAS

Décio Karam y Alexandre Magno Brighenti

Uno de los factores más importantes en la reducción de la productividad del cultivo de alfalfa durante el establecimiento es la interferencia de las malezas. Pérdidas entre 35 y 40% de la productividad de la alfalfa fueron observadas por Rassini y Freitas (1995) cuando el cultivo permaneció en competencia con una población de malezas de una densidad media de 250 plantas m⁻² y compuesta por *Brachiaria decumbens*, *Galinsoga parviflora*, *Eleusine indica*, *Amaranthus spinosus*, *Cynodon dactylon* y *Commelina benghalensis*. En un estudio para evaluar la eficacia de herbicidas en el control de malezas, Silva et al. (2003) observaron reducciones de alrededor del 75% en la producción de biomasa seca cuando había una población de malezas compuesta por *Amaranthus retroflexus*, *Ageratum conyzoides*, *Heliotropium indicum*, *Emilia sonchifolia*, *Commelina benghalensis*, *Panicum maximum*, *Digitaria horizontalis*, *D. insularis* y *Brachiaria decumbens*.

Las reducciones en el rendimiento de los cultivos de alfalfa atribuidas a las malezas son principalmente consecuencia del efecto directo de la competencia por agua, luz y nutrientes. Además de estos efectos, las malezas pueden interferir directamente en la reducción de la calidad del forraje y de la semilla cosechada (PETERS; PETERS, 1992). El período crítico de competencia de malezas en alfalfa se extiende de 15 a 50 días después de la emergencia del cultivo (SILVA et al., 2004). En la práctica, este período corresponde a la fase en la que el control debe ser adoptado efectivamente por el productor, es decir, en este período el cultivo de alfalfa debe estar libre de malezas. Con posterioridad a este período, las malezas que emerjan y se asienten ya no podrán interferir significativamente con el rendimiento del alfalfar.

En un estudio que evaluó la competencia de las malezas en alfalfas sembradas a diferentes densidades, Raoofi y Alebrahim (2017) concluyeron que la no interferencia de las malezas aumentó el peso verde y seco, la altura y el número de hojas por planta, el número de nudos en el tallo principal, el área foliar y el valor nutricional de la alfalfa. Con base en estos resultados, los autores también recomendaron que los productores utilicen una densidad adecuada para obtener el máximo rendimiento y un menor uso de herbicidas para el manejo de malezas.

Las principales malezas que infestan el cultivo de alfalfa en Brasil se ilustran en la Figura 1.



Fotos: Alexandre Magno Brighenti



Figura 1. Principales malezas presentes en el cultivo de alfalfa en Brasil.
Foto: Alexandre Magno Brighenti

Entre las alternativas de control se encuentra el uso de herbicidas, que tiene como principales ventajas la rapidez de aplicación, el ahorro de recursos humanos y la eficacia del control. Como contrapartida, el control químico requiere una técnica clara de supervisión y control por parte de un ingeniero agrónomo y personal de apoyo capacitado y bien entrenado, además de los cuidados en el uso de equipamiento de protección personal para preservar la salud del aplicador, así como el cuidado del medioambiente. La frecuencia y las dosis de aplicación de los herbicidas pueden afectar la velocidad de rebrote y la persistencia del cultivo, así como también dañar el ecosistema.

Un programa racional de control de malezas, tanto en el establecimiento como en cultivos establecidos, debe combinar medidas de prevención con controles culturales, mecánicos y químicos. Una de las medidas de prevención más efectivas es la elección de un lote libre de malezas problemáticas y con baja o ninguna infestación de malezas perennes.

Durante el período del establecimiento de la alfalfa el control mecánico es un método económico, a pesar de ser efectivo solo para malezas anuales. Este método se realiza con el uso de implementos como rastra de discos, carpidores y cultivadores rotativos, entre otros. Obviamente, las siembras con mayor espaciamiento entre hileras facilitan el uso del control mecánico. Para decidir el momento y la frecuencia de aplicación de este método de control el productor debe verificar el desarrollo del cultivo y de las malezas y el daño que puede causar. Por lo tanto, para un menor riesgo de daño al cultivo, es conveniente que se emplee un tractor con ruedas estrechas. El control mecánico también puede ser útil para la eliminación de plántulas de alfalfa de cultivos anteriores, así como para mejorar la infiltración de agua de riego en el perfil del suelo (ECHEVERRÍA et al., 1995).

Aunque efectivo, el control químico de malezas en alfalfa es poco utilizado en Brasil debido al número limitado de herbicidas registrados para el cultivo. El único herbicida registrado para alfalfa en el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento (MAPA) es el *diurón* (marca registrada Diuron Nortox). Su uso está recomendado en alfalfas de más de un año, aplicado en cobertura total poco después del corte y antes de la aparición del nuevo rebrote y con dosis de 1,2 a 2,4 kg ha⁻¹. Está registrado para el control de las siguientes especies de malezas: *Portulaca oleracea*, *Digitaria insularis*, *D. sanguinalis*, *D. horizontalis*, *Cenchrus echinatus*, *Melinis minutiflora*, *Brachiaria plantaginea*, *Eleusine indica*, *Acanthospermum hispidum*, *Amaranthus hybridus*, *Sida glaziovii*, *S. rhombifolia*, *Gnaphalium spicatum*, *Solanum americanum*, *Ageratum conyzoides*, *Brassica rapa*, *Galinsoga parviflora*, *Bidens pilosa*, *Cyperus esculentus*, *Commelina benghalensis* e *C. difusa* (BRASIL, 2017).

Moschetti et al. (2007) describieron los herbicidas que se han utilizado en la producción de semilla de alfalfa, lo que se puede resumir de la siguiente manera: A- **Preparación del lote:** *glifosato*

(960 a 1.920 g ha⁻¹) para malezas perennes y *paraquat* (500 a 750 g ha⁻¹) para malezas anuales; B- **Establecimiento del cultivo:** a) en presiembra incorporados: *trifluralina* (550 a 900 g ha⁻¹) y *EPTC* (2.500-3.000 g ha⁻¹); b) en preemergencia: *metazol* (1500 a 1800 g ha⁻¹) y *flumetsulam* (50 a 70 g ha⁻¹); y c) en postemergencia: i) latifoliadas (dicotiledóneas o de "hoja ancha"): 2,4-DB (750 a 1.000 g ha⁻¹); *bromoxinil* (350 a 550 g ha⁻¹); y *flumetsulam* (35 g ha⁻¹) o *bentazon* (300 a 500 g ha⁻¹), generalmente combinados con 2,4-DB para controlar malezas poco sensibles o resistentes a este último; ii) gramíneas (monocotiledóneas): *cletodim*, *fenoxaprop-p-etilo*, *fluazifop-p-butilo*, *haloxifop-metil*, *quizalofop-etilo*, *quizalofop-p-etilo* y *setoxidim* (DELL'AGOSTINO, 1990; DELL'AGOSTINO et al., 1987); y C). **Cultivos establecidos:** a) durante el reposo invernal y aplicados en preemergencia de malezas: *diurón* (2.000-2.400 g ha⁻¹), *terbacil* (800 a 1.000 g ha⁻¹), *metribuzin* (550 a 750 g ha⁻¹) y *propizamida* (1.000 a 2.000 g ha⁻¹); y b) en post-emergencia: 2,4-DB, *bromoxinil*, *flumetsulam* (25 a 35 g ha⁻¹), *imazetapir* (80 a 100 g ha⁻¹), *clorimurón etilo* (5 a 7,5 g ha⁻¹), *bentazon* (300 a 500 g ha⁻¹) y *glifosato* (500 a 1000 g ha⁻¹), aplicado durante los meses sin rebrote activo del cultivo.

En una alfalfa ya establecida se ha indicado el uso de *paraquat* -del grupo de inhibidores del FOTOSISTEMA I-, caracterizado como herbicida de contacto no selectivo, aplicado en post-emergencia de malezas tanto de hoja ancha como gramíneas y poco después del corte de la alfalfa, ya que como la corona está por debajo del nivel del suelo no recibe el herbicida y está así protegida. La dosis recomendada de *paraquat* normalmente es de 300 g ha⁻¹, más un adyuvante no iónico a la dosis de 0,2% v/v (RAINERO et al., 1995). No es recomendable aplicarlo después del rebrote de las plantas de alfalfa, ya que los síntomas de fitotoxicidad son muy pronunciados; además, aplicado en exceso puede afectar la velocidad de rebrote y la persistencia.

En otros países el manejo de malezas gramíneas en cultivos ya establecidos se lleva a cabo con herbicidas de post-emergencia pertenecientes al grupo de los inhibidores de la enzima Acetil CoA carboxilasa (ACCase), entre los que se encuentran el *fluazifop-p-butilo*, aplicado en dosis de 125 a 187 g ha⁻¹ y preferentemente cuando las malezas están en las etapas iniciales de crecimiento (MELLO et al., 2000; SILVA et al., 2004), y el *cletodim*, aplicado en dosis de 100 g ha⁻¹ más 0,5% v/v de aceite mineral (MELLO et al., 2000; RAINERO et al., 1995).

El productor debe tener especial consideración para el control de una maleza muy problemática para la producción de semilla de alfalfa: la cuscuta (*Cuscuta* spp.). Esta especie es una planta anual y parásita que suele aparecer en forma de manchones aislados y que, si no se controlan, puede llegar a invadir todo el lote. El control preventivo incluye el uso de semillas sin cuscuta; la limpieza adecuada de maquinaria y vehículos de transporte al final de la cosecha de cada lote; el

control de malezas hospedantes en caminos, alambrados y canales de riego, y el no pastoreo de lotes contaminados (DELL'AGOSTINO, 1990). Cuando aparecen manchones de cuscuta es esencial eliminarlos antes que las plantas florezcan y produzcan semillas. Para ello, el productor debe cortar las plantas de alfalfa parasitadas por debajo del punto donde se adhiere la cuscuta, dejarlas secar y luego retirarlas del lote y destruirlas. Otra alternativa es cortar las plantas de cuscuta y quemarlas después de haberse secado. El productor también puede optar por quemar directamente el sector infestado con un lanzallamas o aplicar un herbicida de contacto (*paraquat*) para quemar el área tratada después que se haya secado. En todos los casos es recomendable tratar un área más grande que el manchón que se quiere controlar a fin de evitar la permanencia de plantas parasitadas en el cultivo (DELL'AGOSTINO, 1990). En cuanto al control químico, se pueden utilizar varios productos. El *glifosato*, en dosis muy bajas (75 a 150 g ha⁻¹), permite un control selectivo de la cuscuta cuando ya está adherida al huésped (DAWSON, 1986). En el caso de lotes ya invadidos y con una gran cantidad de semillas de cuscuta en el suelo, los herbicidas *propizamida* (1 a 2 kg ha⁻¹), *trifluralina* (granulada y a dosis muy altas), *cloroprofán*, *pendimetalin* o herbicidas inhibidores del crecimiento de parte aérea y raíces (como la *dinitroanilina*) se han utilizado con éxito en los Estados Unidos en aplicaciones de preemergencia (DELL'AGOSTINO, 1990).

Referencias

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agrofit**: consulta aberta. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 10 dez. 2017.
- DAWSON, J. H. Glyphosate controls attached dodder selectivity in alfalfa. **Proceedings of the Western Society of Weed Science**, p. 208-209, 1986.
- DELL' AGOSTINO, E. Control de malezas en el cultivo de alfalfa para semilla. In: JORNADAS DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE ALFALFA, 1., 1990, San Juan. [Resúmenes...] San Juan: INTA-EEA, 1990. p. 68-72. (INTA-Centro Regional Cuyo. Agro de Cuyo. Jornadas, 2).
- DELL' AGOSTINO, E.; MOSCHETTI, C. J.; MARTINEZ, E. M. Producción de semilla de alfalfa en el valle bonaerense del Río Colorado. Buenos Aires: INTA - EEA Hilario Ascasubi, 1987. 10 p. (Boletín de Divulgación, 8).
- ECHEVERRÍA, E. M.; MOSCHETTI, C. J.; MARTÍNEZ, E. M. Producción de semilla de alfalfa. In: HIJANO, E.; NAVARRO, A. (Ed.). **La Alfalfa en la Argentina**. Buenos Aires: INTA, 1995. p. 207-238. (Subprograma Alfalfa. Enciclopedia agro de cuyo. Manuales 11).
- MELLO, G. de; REIS, R. A.; DURIGAN, J. C.; FERREIRA, L. R. Seletividade de herbicidas, aplicados em pós-emergência, às plantas de alfafa. **Planta Daninha**, v. 18, n. 2, p. 323-330, 2000. DOI: 10.1590/S0100-83582000000200014.
- MOSCHETTI, C. J.; MARTÍNEZ, E. M.; ECHEVERRÍA, E. M.; ÁVALOS, L. M. Producción de semilla de alfalfa. In: BASIGALUP, D. H. (Ed.). **El cultivo de la alfalfa en la Argentina**. Buenos Aires: Ediciones INTA, 2007. p. 405-448.
- PETERS, E. J.; PETERS, R. A. Weeds and weeds control. In: HANSON, C. H. (Ed.). **Alfalfa science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 1992. p. 555-571.

RAINERO, H. P.; RODRÍGUES, N. E.; LÓPEZ, J. A.; RODRÍGUES, N. M. Manejo de las malezas em el cultivo de alfalfa. In: HIJANO, E. H.; NAVARRO, A. (Ed.). **La alfalfa em la Argentina**. San Juan: Editar, 1995. p. 109-122. (Enciclopédia agro de cuyo. Manuales).

RAOOFI, M.; ALEBRAHIM, M. T. A comparison of weeds interference and non-interference at different planting densities, on yield, nutritional value and some morphological traits of alfalfa (*Medicago sativa* L.). **Sarhad Journal of Agriculture**, v. 33, n. 2, p. 220-231, 2017. DOI: 10.17582/journal.sja/2017/33.2.220.231.

RASSINI, J. B.; FREITAS, A. R. de. Efeitos da interferência de plantas daninhas no rendimento da cultura de alfafa (*Medicago sativa* L.). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 24, n. 4, p. 502-509, 1995.

SILVA, W.; VILELA, D.; COBUCCI, T.; HEINEMANN, A. B.; REIS, F. A.; PEREIRA, A. V.; FERREIRA, R. P. Avaliação da eficiência de herbicidas no controle de plantas daninhas em alfafa. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n.4, p. 729-735, 2004. DOI: 10.1590/S1413-70542004000400001.

SILVA, W. da; VILELA, D.; PEREIRA, A. V.; FERREIRA, R. de P.; COBUCCI, T. Eficiência de herbicidas na cultura da alfafa em fase de estabelecimento. *Revista Ceres*, v. 50, n. 288, p. 171- 181, 2003.

CAPÍTULO 9. IDENTIFICACIÓN Y MANEJO DE ENFERMEDADES

Jorge Omar Gieco, Daniel Horacio Basigalup y Miguel Dalmo de Menezes Porto

La productividad y la persistencia de la alfalfa son afectadas por diversos factores de tipo abiótico (salinidad, acidez, sequía, anegamiento, niveles tóxicos de aluminio, etc.) y de tipo biótico. Este último grupo, donde se insertan las enfermedades, ocupa un lugar muy importante entre las limitantes al cultivo. Según Stuteville y Erwin (1990), las enfermedades son el resultado de la interacción entre los hospedantes susceptibles, los patógenos virulentos y las condiciones ambientales predisponentes.

Las enfermedades provocan pérdidas económicas de dos tipos: a) directas: reducción de la productividad por mortandad de plantas o reducción de su vigor o por reducción de la calidad forrajera debido a manchas foliares o defoliación; y b) indirectas: disminución del valor nutricional del forraje por la degradación de compuestos químicos de alto valor nutritivo -como proteínas, azúcares, lípidos y vitaminas-, presencia de micotoxinas, disminución de la nodulación y consecuentemente de la fijación biológica del nitrógeno, mayor susceptibilidad al ataque de insectos y proliferación de malezas agresivas, como *Sorghum halepense*, *Cyperus rotundus* y *Cynodon dactylon*, entre otras.

Las enfermedades de la alfalfa son ocasionadas por un amplio espectro de fitopatógenos, incluyendo hongos, bacterias, virus, fitoplasmas y nematodos. Dentro de este conjunto de organismos, los hongos son los responsables de la mayoría de las enfermedades de importancia económica. Un abordaje completo de todas las enfermedades que afectan al cultivo se puede encontrar en Graham et al. (1979), Leath et al. (1988) y Stuteville y Erwin (1990).

Existen dos grandes grupos de enfermedades fúngicas, que se diferencian por los órganos de la planta que colonizan: a) enfermedades de raíz y corona y b) enfermedades foliares (hojas y tallos). Es importante destacar que algunos patógenos que atacan predominantemente la raíz y la corona – tales como *Colletotrichum trifolii*, *Rhizoctonia solani* y *Verticillium albo-atrum*) también pueden provocar lesiones en el follaje.

En este capítulo, además de las principales enfermedades causadas por hongos, serán descriptas otras patologías etiológicamente diferentes que pueden originar daños económicos al cultivo.

9.1 Enfermedades fúngicas de raíz y corona

Los patógenos de este grupo, al destruir directamente los tejidos de la raíz y la corona, reducen la capacidad de absorción y de anclaje de la planta, la fijación simbiótica del N₂ y el almacenamiento de reservas. En general, estas enfermedades presentan un lento desarrollo que se acelera bajo condiciones de estrés. En algunos casos, los patógenos afectan principalmente el xilema que es la vía de transporte de agua dentro de la planta- y causan marchitamiento, con síntomas evidentes en el follaje. Para aquellos patógenos en los que existe un mayor grado de información, serán detallados en este capítulo las posibles medidas de control.

Dentro de las enfermedades más significativas de raíz y corona se pueden mencionar:

9.1.1 Podredumbre húmeda de raíz

Agente causal: Phytophthora megasperma Drechs f. sp. *medicaginis*, hongo de suelo que sobrevive largo períodos (forma oósporos) y es capaz de infectar a la alfalfa después de varios años de rotación con otros cultivos. Aunque la infección pueda ocurrir en cualquier época del año, la manifestación de los síntomas y los mayores daños se observan principalmente en primavera y otoños húmedos.

Condiciones que predisponen la enfermedad: los suelos de baja fertilidad, con altos contenidos de arcilla o limo, drenaje deficiente y lenta percolación en los períodos de lluvia abundante favorecen el movimiento de los oósporos, que son los órganos de difusión del patógeno. En otros casos, el anegamiento generado por la sistematización ineficiente de áreas irrigadas también facilita el desarrollo de la enfermedad.

Síntomas: muerte de plántulas durante el establecimiento (damping-off) por necrosis de la raíz y/o la base del tallo. En las plantas adultas los síntomas característicos se localizan en las raíces, donde se observan lesiones pardas de márgenes difusos que comúnmente se sitúan en la inserción de las raíces laterales. Estas lesiones provocan primeramente la muerte de las raicillas y finalmente la muerte de la raíz principal, por lo general a la altura donde el drenaje del suelo se encuentra interrumpido. Si se realiza un corte transversal de la raíz se observa en los tejidos de la corteza y del xilema una coloración que va desde el amarillo al marrón claro (Figura 1). El follaje de las plantas afectadas adquiere una coloración marrón-rojiza y exhibe un evidente atraso en el rebrote después de un corte o pastoreo; en los estadios más avanzados de la enfermedad, el follaje de marchita y muere.

Manejo de la enfermedad: la forma más económica y eficiente de control es a través del uso de cultivares resistentes. En suelos pesados o con antecedentes graves de *Phytophthora*, el tratamiento de las semillas con fungicidas (metalaxyl o mefenoxan) pueden conferir protección adicional a las plántulas, previniendo el damping-off y favoreciendo el mejor establecimiento del cultivo. En suelos con baja fertilidad, la fertilización con fósforo (P) y azufre (S) durante la implantación del cultivo estimula un crecimiento rápido y vigoroso de la alfalfa y contribuye a mantener una buena población de plantas. La elección de lotes con buen drenaje y la realización de trabajos culturales (subsolado, cincelado, canales de drenaje, etc.) que faciliten la infiltración o la eliminación de los excesos hídricos pueden aportar a la atenuación del problema, pero no a su eliminación.

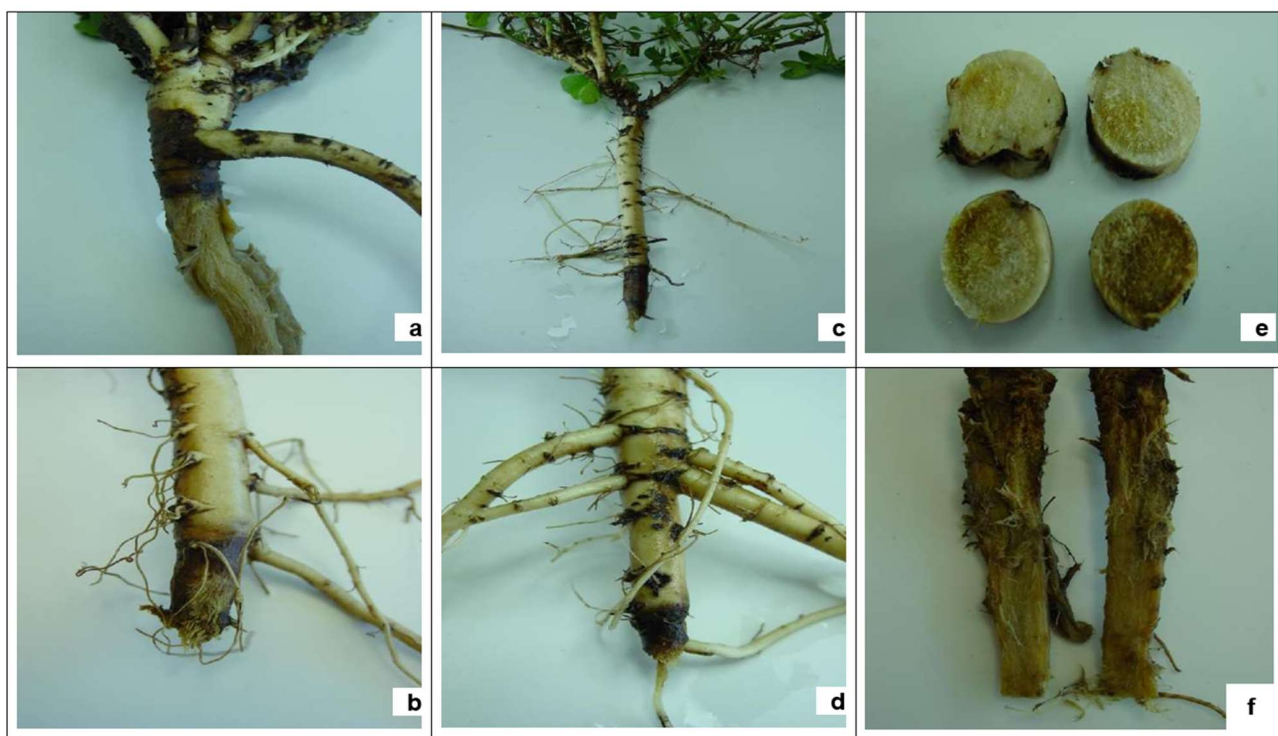


Figura 1. Síntomas de **podredumbre húmeda de la raíz**: a); b); c) y d): lesiones características en las raíces; e) corte transversal y f) corte longitudinal de raíces enfermas.

9.1.2 Fusariosis o podredumbre parda de la raíz

Agente causal: *Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. *medicaginis* (Weimer) Syn. & Hans. Este hongo, que sobrevive en el suelo como clamidosporas y como micelio en restos de tejidos vegetales, puede permanecer en el suelo por varios años sin perder su capacidad infectiva.

Condiciones predisponentes: contrariamente a lo señalado para *Phytophthora*, los suelos sueltos y bien drenados, con moderados contenidos hídricos, constituyen condiciones ideales para este patógeno; complementariamente, las elevadas temperaturas edáficas durante el verano favorecen su desarrollo y diseminación. Los daños de la raíz causados por insectos de suelo o por nematodos son una vía de entrada para el patógeno, lo que incrementa la incidencia de la enfermedad.

Síntomas: el follaje de las plantas severamente afectadas presenta el color verde-amarillento a pajizo típico del marchitamiento, con tallos cortos, escasos rebrotes basales y una evidente disminución en la velocidad de rebrote luego de un corte o pastoreo. Si se practica una sección transversal de la raíz se observa una coloración parda, en forma de anillo, originada por la necrosis de los tejidos vasculares; conforme avanza la enfermedad, la necrosis puede afectar todos los tejidos radiculares (Figura 2 A). A nivel del cultivo, la infección se distribuye en forma irregular, como parches dispersos o manchones.

Manejo de la enfermedad: la única vía efectiva de control es el empleo de cultivares resistentes.

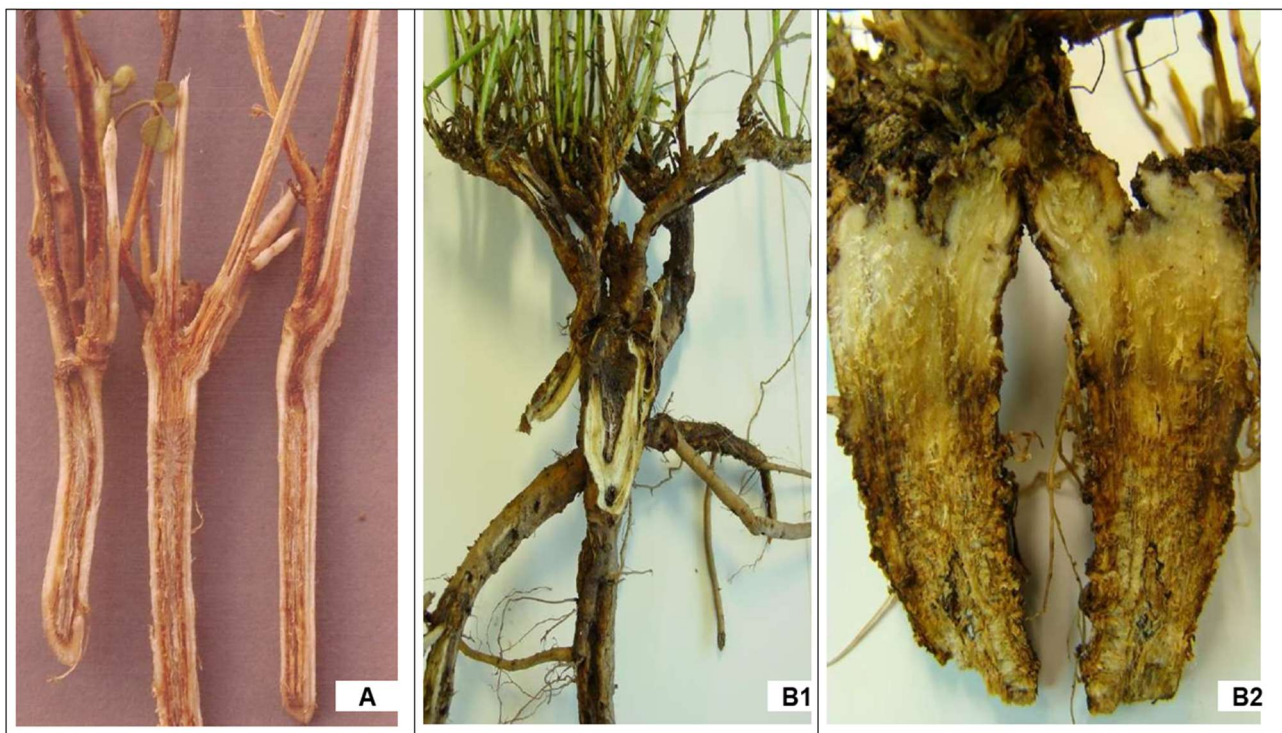


Figura 2. A- **Fusariosis:** corte transversal de raíces y coronas exhibiendo el xilema totalmente necrosado; B – **Corchosis** - B1: corona y parte superior de la raíz mostrando una lesión característica de corchosis; en la parte blanca (centro) se aprecia el micelio del patógeno; B2: podredumbre seca causada por la enfermedad afectando la parte media de la raíz.

9.1.3 Corchosis

Agente causal: *Xylaria* spp., hongo que fuera identificado por primera vez en la Argentina en 1985 y cuya incidencia en alfalfares establecidos fue estimada entre el 22 y el 42% (HIJANO; HUERGO, 1985). Aunque la infección pueda producirse en el primer año de vida de la planta, necrosando primeramente las raíces laterales, los síntomas se hacen generalmente visibles a partir del segundo o tercer año. En Argentina, la enfermedad causa daños importantes en todo el país.

Condiciones predisponentes: la edad de la planta (más de 2 años) es uno de los factores que determinan la mayor susceptibilidad al patógeno. El daño mecánico por cortes a muy baja altura o las heridas producidas en la corona por el pisoteo de los animales en pastoreo con condiciones de poco piso, favorecen la penetración de *Xylaria* spp.

Síntomas: si bien no se observan síntomas en follaje, la ausencia de rebrote o su retraso son indicadores de la presencia de la enfermedad. Los síntomas típicos se localizan en la raíz y la corona, donde es posible observar una podredumbre seca (cancro) de aspecto corchoso que caracteriza a la enfermedad (Figura 2 B1 y B2), a lo que se suma la ausencia de raíces laterales. Una vez iniciado, el cancro crece lentamente y va adquiriendo una coloración pardo-claro a grisácea, usualmente asociada a regiones blanquecinas que corresponden al micelio del patógeno. A medida que la enfermedad progresa, el cancro va aumentando de tamaño y termina por desprenderse de la raíz. Finalmente, las plantas afectadas mueren y son invadidas totalmente por el micelio del hongo, que conforme envejece va adquiriendo una coloración verde olivo a negra.

Manejo de la enfermedad: no existen en la actualidad cultivares de alfalfa con resistencia al patógeno. Ante la ausencia de fuentes de resistencia genética y de protocolos de selección, la identificación de plantas libres de síntomas en alfalfares de tres o más años, y su posterior inter cruzamiento, constituye la única herramienta disponible para aumentar el número de plantas resistentes en una población de alfalfa. En ese contexto, los programas de mejoramiento que incluyen selección local de plantas ofrecen una apreciable ventaja frente a los cultivares que se desarrollan en el extranjero, donde la enfermedad no existe. La rotación con cultivos no hospedantes (gramíneas y/o *Melilotus* spp.), por un período de tres a cuatro años, puede atenuar la presencia del patógeno en el lote.

9.1.4 Complejo de podredumbres de corona y raíz

Agente causal: un complejo de hongos de varios géneros y especies, entre las que se pueden mencionar: *Pythium* spp., *Phoma* spp., *Colletotrichum trifolii* Bain & Essary, *Fusarium oxysporum* Schlecht. f. sp. *medicaginis*, *F. solani* (Mart.) Sacc., *F. roseum* Link. Ex Fr. y *Rhizoctonia solani* Kühn. A este conjunto de hongos se suelen agregar otros organismos -tanto patógenos (bacterias y nematodos) como saprofitos- que, interactuando con el ambiente, confluyen sinérgicamente para

producir las podredumbres de corona y raíz. En una evaluación realizada en alfalfares de cuatro años establecidos en diferentes localidades de la Región Pampeana de Argentina, Hijano et al. (1986) estimaron una incidencia de la enfermedad que osciló entre 12% y 30%.

Condiciones predisponentes: la producción de lesiones en la corona o en la raíz por diferentes motivos (gorgojos, gusanos blancos, cortes frecuentes y a muy baja altura, pisoteo por animales, etc.), así como las condiciones de estrés que pueda sufrir la planta (enfermedades foliares, sequía, deficiencias nutricionales, etc.) favorecen la proliferación del problema.

Síntomas: la enfermedad es de lenta evolución y se inicia con la aparición en la corona de áreas necrosadas de coloración parda, que seguidamente se extienden al tejido cortical de la raíz. Conforme avanza la enfermedad, la necrosis se expande por la corona y hace disminuir el número de brotes basales y el vigor general de la planta (Figura 3). No se aprecian síntomas en el follaje, pero la ausencia o el retraso de los rebrotes son indicativos de la presencia de la enfermedad. En plantas de tres o más años es usual observar áreas huecas en la parte superior de las raíces o en la corona de las plantas afectadas.

Manejo de la enfermedad: la imposibilidad de definir protocolos de selección efectivos para este complejo grupo de patógenos hace que no se cuente con cultivares resistentes. De todos modos, la utilización de variedades con resistencia genética a algunos de los agentes indicados -como *Fusarium*, *Phoma* y *Colletotrichum trifolii*- puede contribuir a atenuar el desarrollo de la enfermedad. La adopción de prácticas culturales que eviten daños a la corona (no realizar cortes muy bajos ni con cuchillas desafiladas; realizar los cortes o pastoreos respetando los ciclos de acumulación de reservas; no pastorear con falta de piso; etc.) disminuyen las vías de entrada de los patógenos y, por ende, reducen la difusión de la enfermedad.

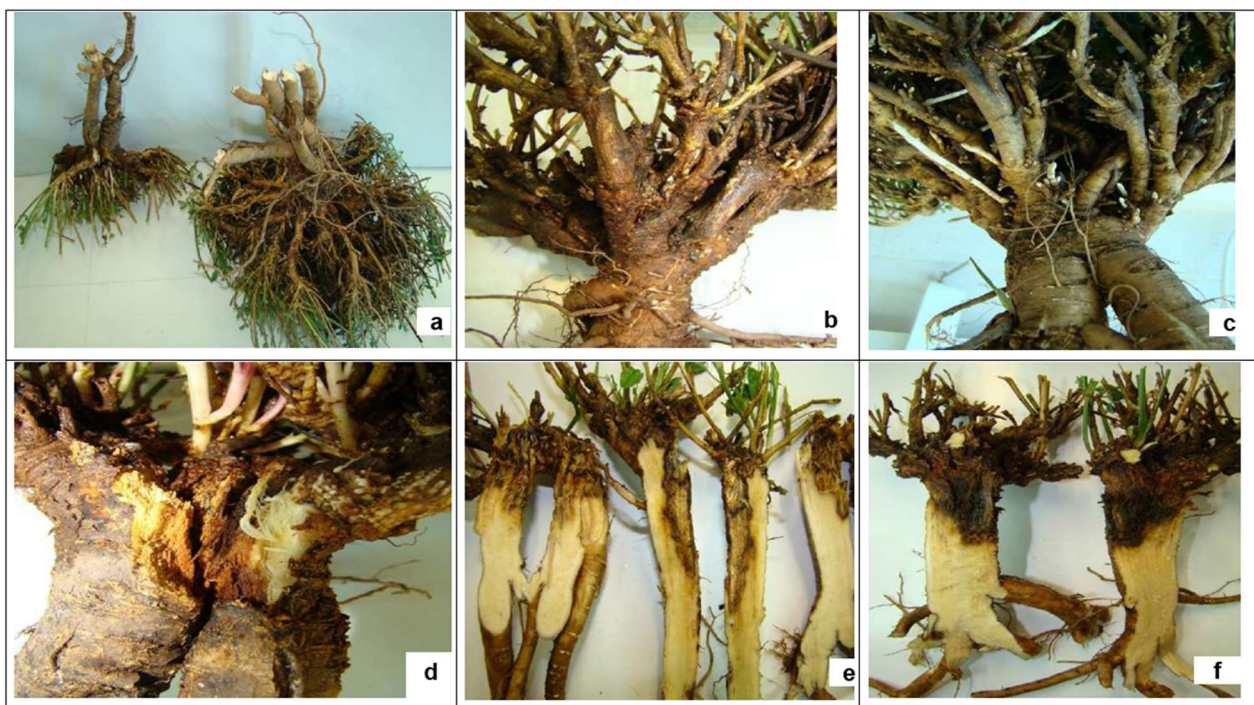


Figura 3. Complejo de podredumbres de corona y raíz (CPCR): a) contraste entre una planta sana (derecha) y una afectada por el CPCR (izquierda); b) corona afectada por CPCR mostrando una evidente ausencia de rebrotes; c) corona sana exhibiendo un activo rebrote; d) vista externa de la lesión causada por CPCR; e) y f) cortes longitudinales de coronas y raíces afectadas de plantas de 2 y 5 años, respectivamente.

9.1.5 Antracnosis

Agente causal: *Colletotrichum trifolii* Bain & Essary, hongo que sobrevive de un año a otro en tallos, coronas y restos vegetales muertos en forma de acérvulas. Si bien en Estados Unidos y Australia se han detectado tres razas (denominadas 1, 2 y 4) de este patógeno (YANG et al., 2008), en la Argentina sólo se ha identificado una.

Condiciones predisponentes: temperaturas elevadas y alta humedad edáfica favorecen el ataque del patógeno; por ello, es frecuente observar las primeras plantas afectadas luego del primer corte de primavera. La mayor incidencia de la enfermedad se verifica en veranos y otoños húmedos. Si se retrasa la utilización del alfalfar, el desarrollo del follaje ejerce la sombra suficiente como para aumentar las condiciones de humedad en la parte inferior de la canopia, lo que facilita la germinación de las esporas y la posterior penetración del patógeno en las plantas. Bajo estas condiciones, los daños pueden ser particularmente severos a punto tal de producirse la necrosis completa de los tallos y de parte de la corona.

Síntomas: en el tercio inferior de los tallos se observan unas lesiones elípticas, de color pajizo y bordes oscuros, donde a menudo es posible apreciar puntuaciones negras, que son las fructificaciones del hongo (acérvulas) (Figura 4). Los tallos afectados, al manifestar signos de deficiencia hídrica, adquieren primero la típica forma de bastón y luego, conforme avanza la infección, se marchitan completamente, pero conservando adheridas las hojas secas; finalmente, los tallos afectados acaban quebrándose. En estados avanzados de la enfermedad, la corona presenta áreas necrosadas de coloración azul-negruzca. En algunos casos, cuando la infección de la corona es muy severa, se puede producir la muerte de las plantas sin evidenciar síntomas en la parte aérea. Durante el período de establecimiento del alfalfar, el patógeno puede ocasionar la muerte de las plántulas (*damping-off*).

Manejo de la enfermedad: el empleo de cultivares resistentes es la forma más efectiva de control. El correcto manejo de la pastura, efectuando los cortes o pastoreos a principios de floración, puede disminuir su difusión, al igual que el anticipo de los cortes o pastoreos cuando las condiciones de humedad ambiente son muy altas. La eliminación de los residuos en los lotes y la rotación con gramíneas por un período de al menos dos a tres años pueden reducir la cantidad de inóculo disponible para futuras infecciones.



Figura 4. Antracnosis: a) tallo muerto por antracnosis exhibiendo la curvatura típica en forma de bastón; b) y c) detalles de las lesiones en tallos de alfalfa mostrando los característicos acérvulos globulares; y d) corte longitudinal de corona y raíz de una planta enferma (las flechas indican las lesiones romboidales típicas en los tallos).

9.1.6 Rizoctonia o manchón de los alfalfares

Agente causal: *Rhizoctonia croccorum* (Pers. ex Fr.) (sin. *R. violacea* Tul. y C. Tul.), patógeno que puede subsistir en el suelo por períodos superiores a veinte años. En la actualidad esta enfermedad no tiene la importancia que tuvo en Argentina durante las primeras décadas del siglo XX, aunque eventualmente se la suele detectar.

Condiciones predisponentes: si bien las condiciones de alta humedad favorecen su rápida diseminación, el hongo es capaz de causar daños en una amplia gama de ambientes, llegando inclusive a producir daños significativos en regiones semiáridas. La utilización de antecesores susceptibles - como los tréboles (*Trifolium* spp.) y el *Lotus corniculatus*- favorecen la aparición temprana del problema.

Síntomas: la enfermedad se manifiesta como una típica podredumbre, en la que el micelio del patógeno invade completamente la zona radical. Las hifas del hongo forman una masa compacta de coloración violácea que envuelve externamente a la raíz (Figura 5 A1 y A2); la parte interna de ésta se torna blanda y comienza a desagregarse. Sobre los tejidos necrosados es posible observar pequeños esclerocios de color negro. El follaje de las plantas infectadas se marchita y se torna primero amarillento, luego castaño y finalmente se seca completamente, contrastando con el color verde de las plantas sanas circundantes. En el campo, el avance del patógeno se produce en forma irregular, observándose grandes círculos o manchones de plantas muertas en el lote.

Manejo de la enfermedad: No existen variedades resistentes. La inclusión de gramíneas en la rotación puede contribuir a disminuir la incidencia de la enfermedad en suelos problemáticos.



Figura 5. A- **Rizoctonia:** 1) planta afectada por *Rhizoctonia croccorum* exhibiendo la raíz principal completamente envuelta por las hifas del patógeno; y 2) parte media de la raíz principal necrosada; B- **Tizón (quemado) por Sclerotinia:** podredumbre que asemeja un quemado o apariencia de carbón.

9.1.7 Tizón por Sclerotinia

Agente causal: *Sclerotinia trifoliourum* Ricks.

Síntomas: En su fase inicial es posible observar una decoloración de tono amarillento en los tejidos radicales infectados y que posteriormente degenera en una podredumbre parda oscura y de consistencia blanda (Figura 5 B).

Condiciones predisponentes: Los daños son más severos hacia fines de otoño -cuando la humedad del suelo aumenta- y cuando la infección se produce en estado de plántula, pudiendo producirse un apreciable nivel de mortandad en la población. A medida que las plantas desarrollan se van haciendo menos susceptibles, a punto tal que en un lote adulto se suele observar daño sólo en individuos aislados (HIJANO, 1979). Bajo condiciones de alta humedad es factible apreciar el micelio del hongo que, como una masa algodonosa, crece sobre la base de los tallos y las coronas infectadas. En los restos de tejidos vegetales ya muertos se suelen ver a simple vista unos granos oscuros y duros: son los esclerocios o estructuras de resistencia del patógeno.

Manejo de la enfermedad: La eliminación de los residuos remanentes del pastoreo en los lotes y la rotación con gramíneas por un período de al menos dos o tres años pueden reducir la cantidad de inóculo disponible para futuras infecciones.

9.1.8 Marchitamiento o moho blanco por *Sclerotium*

Agente causal: *Sclerotium rolfsii* Sacc. Es un patógeno polífago que ataca numerosas especies de plantas, aunque con mayor incidencia en las regiones tropicales y subtropicales. Puede sobrevivir varios meses en forma de micelio en restos vegetales y varios años a través de sus esclerocios.

Síntomas: Las plantas afectadas por este patógeno manifiestan los síntomas de estrés hídrico, con hojas y tallos péndulos, totalmente desecados y presentando una coloración marrón clara (Figura 6 A). El patógeno provoca una podredumbre húmeda en la corona y la base de los tallos, que ocasiona finalmente la necrosis de las partes afectadas. En condiciones de alta humedad ambiental, el hongo desarrolla su micelio blanquecino sobre el que es posible observar unos esclerocios pardos y de forma globosa. La distribución de la enfermedad en el lote es irregular, evolucionando en forma de manchones que van creciendo en tamaño en la medida que las condiciones ambientales sean favorables para su proliferación. En un ensayo de detección y frecuencia de plagas y enfermedades de la alfalfa en Castelar (Argentina), Basigalup e Hijano (1986) señalaron al marchitamiento por *Sclerotium rolfsii* como el responsable del 1% de la muerte de las plantas que pudieron diagnosticarse.

Condiciones predisponentes: Prolongados períodos de clima cálido y húmedo, seguidos de estrés hídrico, provocan mortandades elevadas de plantas de alfalfa.

Manejo de la enfermedad: Utilización de cultivares tolerantes, eliminación de restos vegetales remanentes del pastoreo, rotación con gramíneas por períodos superiores a dos o tres años, pueden atenuar el problema. Se recomienda evitar la inclusión en la rotación de leguminosas susceptibles a esta enfermedad, como por ejemplo el maní (*Arachis hypogaea* L.).



Figura 6. A – Marchitamiento por *Sclerotium rolfsii*: planta afectada (derecha) y planta sana (izquierda). **B- Verticilosis:** 1) planta exhibiendo síntomas de marchitamiento por *Verticillium albo-atrum*; 2) Folíolo de una planta afectada con la mancha en “V” característica rodeada por un halo rojizo acompañado de folíolos totalmente secos y hojas con clorosis incipiente.

9.1.9 Marchitamiento vascular o Verticilosis

Agente causal: *Verticillium albo-atrum* Reinke & Berth. Este hongo se transmite por semilla y restos vegetales que acompañan a la misma. Posee un amplio rango de leguminosas hospederas, incluyendo muchas malezas.

Síntomas: Las hojas de las plantas infectadas manifiestan una coloración amarillenta generalizada, con los extremos de los folíolos cubiertos por unas típicas manchas en “V” compuestas por un área central necrosada de color gris circundada por un margen clorótico. Aunque estén totalmente necrosadas, las hojas quedan adheridas a los tallos, que permanecen verdes, aunque con su crecimiento detenido (Figuras 6 B1 y B2). En un corte transversal, la raíz exhibe un anillo de color anaranjado a pardo claro que corresponde a los tejidos vasculares colonizados por el patógeno. Cuando la infección progresa y el hongo invade la corona y otros órganos, la planta finalmente muere. Los daños suelen ser particularmente graves en lotes irrigados.

Manejo de la enfermedad: La utilización de cultivares resistentes constituye el método más eficiente para controlar esta enfermedad. La rotación de cultivos, especialmente con gramíneas, sumado a un estricto control de malezas hospederas, son prácticas igualmente efectivas para minimizar los daños.

9.1.10 Podredumbre parda de raíz y corona por *Phomopsis*

Agente causal: *Phomopsis* spp.

Síntomas: Lesiones en las paredes del xilema y necrosis parcial o total de la corona (Figura 7 A1). En la parte aérea es posible observar tallos curvados en forma de bastón. En Argentina, este patógeno reviste una peligrosidad potencial para el sector oriental de la Región Pampeana por haber sido detectado en pasturas de trébol rojo (*Trifolium pratense* L.) y en cultivos de soja [*Glycine max* (L.) Merrill.] y girasol (*Helianthus annuus* L.) del Departamento Diamante en la Provincia de Entre Ríos (FORMENTO; VERZEGNASSI, 2001).

Manejo de la enfermedad: Rotación con gramíneas.

9.1.11 Cancro radicular por *Rhizoctonia*:

Agente causal: *Rhizoctonia solani* Kuhn., patógeno que ha sido esporádicamente diagnosticado en zonas de regadío y durante períodos de altas temperaturas (HIJANO; PÉREZ FERNÁNDEZ, 1995).

Síntomas: produce canchros en las raíces, en la forma de lesiones oscuras y hundidas, con bordes elevados, que se ubican en los puntos de inserción de las raicillas. Esas lesiones se hacen

coalescentes y terminan pudriendo la raíz principal, que se corta en forma similar al daño originado por fitóftora (Figuras 7 B1 y B2).

Manejo de la enfermedad: Rotación con gramíneas.

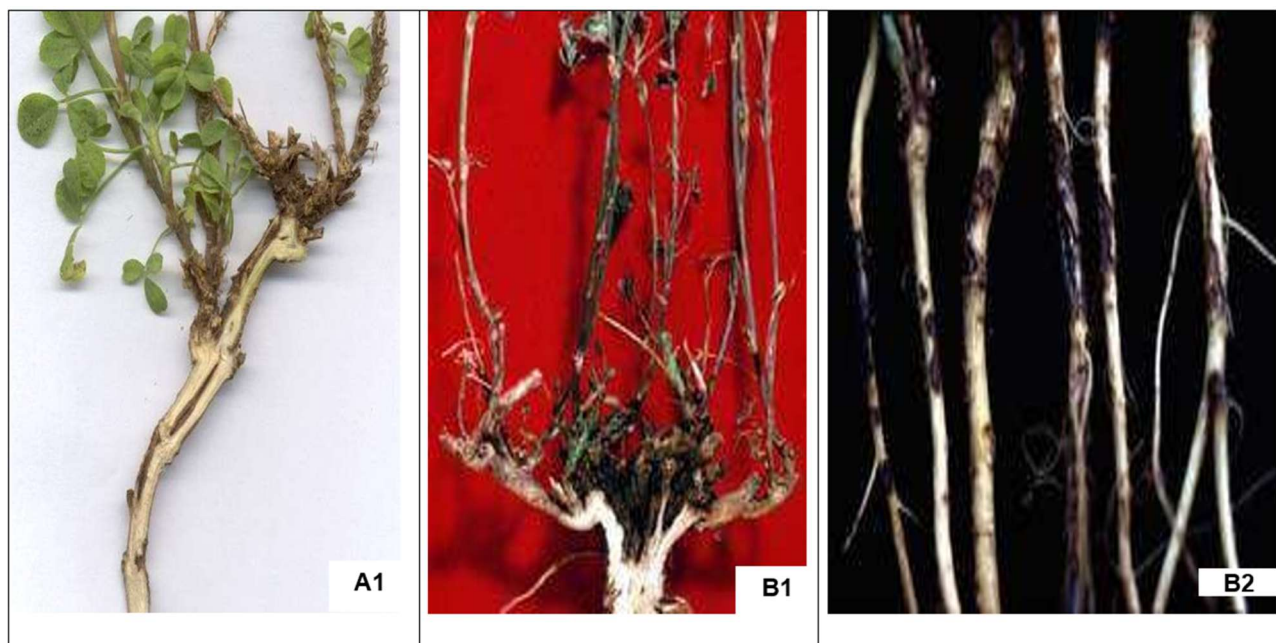


Figura 7. A1- **Podredumbre por *Phomopsis*:** lesiones en el xilema de una planta de alfalfa afectada (foto gentileza J. Velázquez y N. Formento, INTA Paraná); B- **Cancro radicular por *Rhizoctonia solani*:** 1) cancro afectando la corona; y 2) cancos en raíces jóvenes (Fotos gentileza de L. H. Rhodes y R. M. Sulc).

9.2 Enfermedades foliares de origen fúngico

Este tipo de enfermedades no ocasionan la muerte de la planta *per se* pero, al reducir su capacidad fotosintética, disminuyen la energía total y promueven pérdidas de rendimiento y/o calidad forrajera. Aun cuando no produzcan defoliaciones importantes, pueden disminuir significativamente el contenido de carbohidratos no estructurales y de proteína en el forraje. Las defoliaciones severas, particularmente en el otoño, pueden causar en las plantas un estrés general y predisponerlas para el ataque de otros agentes patógenos, contribuyendo así a la pérdida de población durante el invierno.

De modo general, las enfermedades foliares suelen ser particularmente dañinas en primaveras y otoños frescos y húmedos, siendo bastante frecuente encontrar a varios de estos patógenos infectando simultáneamente una misma hoja de alfalfa. Como norma general, los cultivares sin reposo invernal (GRI 8-10), que fueron originalmente desarrollados para ambientes secos, son más susceptibles a estos patógenos. No obstante, durante los últimos años, los programas de mejoramiento -particularmente en Argentina- han logrado cultivares sin reposo con mejor sanidad foliar.

Entre los patógenos más importantes de este grupo, por frecuencia y por severidad de daño, pueden mencionarse:

9.2.1 Viruela

Agente causal: *Pseudopeziza medicaginis* (Lib.) Sacc. Este patógeno, que es considerado uno de los más dañinos para el follaje de la alfalfa, sobrevive en hojas muertas y causa infecciones secundarias cuando las condiciones ambientales son favorables para la germinación de sus esporas (ascosporas). Su incidencia es mayor en lotes irrigados, donde se han registrado pérdidas superiores al 40% de la producción de forraje (MORGAN; PARBERRY, 1977).

Condiciones predisponentes: períodos prolongados de tiempo fresco y húmedo, particularmente durante la primavera y el otoño, constituyen condiciones ideales para el desarrollo de la viruela. Tanto el uso indebido del riego –sea por aspersión o por inundación- como el retraso de los cortes o pastoreos -que por efecto de sombreado aumentan la humedad de la parte inferior del canopeo favorecen la proliferación de *P. medicaginis*.

Síntomas: la aparición de manchas marrones o negras, pequeñas (2-3 mm de diámetro), de forma circular y de márgenes lisos o dentados, distribuidas más o menos uniformemente en los folíolos (Figura 8 A1), es el síntoma típico de la enfermedad. Sobre el haz de los folíolos, en las manchas más viejas, suelen desarrollarse estructuras de color castaño claro que corresponden a las fructificaciones del hongo (apotecios). Las ascosporas producidas por estas fructificaciones son difundidas por el viento o las gotas de lluvia e infectan nuevas plantas en el cultivo, comenzando por las hojas inferiores. Si las condiciones ambientales son favorables, prácticamente todo el follaje termina siendo afectado y se producen severas defoliaciones en toda la pastura.

Manejo de la enfermedad: si bien existen en el mercado algunos cultivares que presentan una moderada resistencia al patógeno, su efectividad como medida de control no es muy alta. Como paliativo, se recomienda no retrasar los cortes o pastoreos, aunque siempre respetando los ciclos fisiológicos de acumulación de reservas en la planta. En caso de tiempo muy húmedo puede ser necesario anticipar el uso del alfalfar para evitar importantes pérdidas de calidad y/o rendimiento de forraje por defoliación, a la vez que se reduce sensiblemente la cantidad de inóculo para posteriores infecciones. La aplicación relativamente temprana de fungicidas sistémicos puede ser efectiva, aunque generalmente antieconómica.

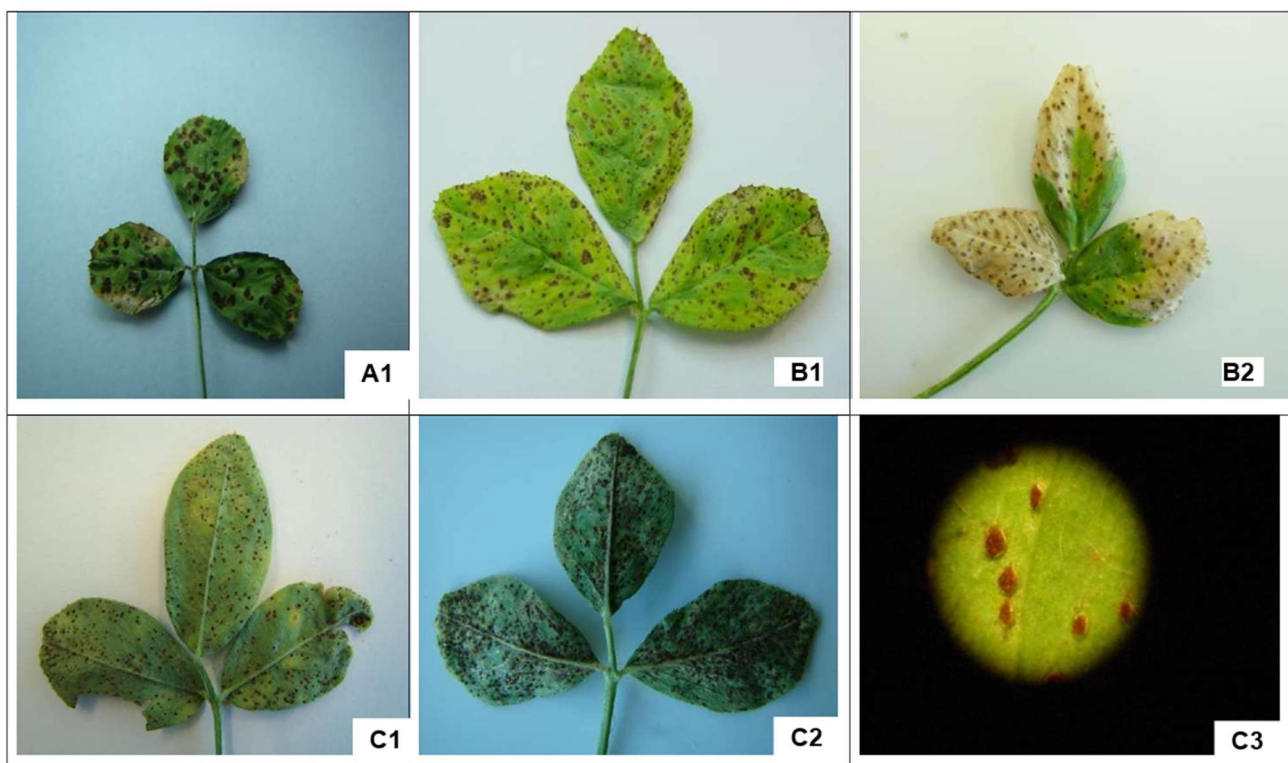


Figura 8. A1- **Viruela:** hoja con síntomas (manchas) característicos; B: **Mancha ocular de la hoja:** 1) lesiones en forma de ojo; y 2) hoja exhibiendo un estado avanzado de la enfermedades; C- **Roya:** 1) pústulas en el cara inferior de una hoja; 2) hoja mostrando un ataque severo de roya; y 3) pústula aumentada.

9.2.2 Mancha ocular

Agente causal: *Leptosphaerulina briosiana* (Poll.) Graham & Luttrell. Este patógeno se difundió en todas las áreas alfalferas de Argentina a partir de la utilización masiva de los cultivares sin reposo invernal, cuya constitución genética los hace particularmente susceptibles.

Condiciones predisponentes: los períodos de tiempo fresco y húmedo conforman condiciones ideales para el desarrollo y la difusión de la mancha ocular.

Síntomas: las lesiones comienzan generalmente en las hojas jóvenes como pequeñas manchas de coloración oscura, que luego se agrandan hasta alcanzar un diámetro de 1 a 3 mm y se rodean de un margen castaño oscuro circundado por un halo amarillento, lo que les confiere el aspecto similar a un ojo que las caracteriza (Figura 8 B1 y B2). Conforme avanza la enfermedad, las lesiones van cubriendo todo el folíolo, hasta que éste finalmente se desprende. Se han observado ataques muy severos, con defoliaciones totales del cultivo.

Manejo de la enfermedad: caben las mismas consideraciones que se efectuaran para el caso de viruela.

9.2.3 Roya

Agente causal: *Uromyces striatus* Schroet., hongo del que se han identificado varias razas. Además de la alfalfa, suele infectar otras leguminosas pertenecientes a los géneros *Medicago* y *Trifolium*, así como malezas del género *Euphorbia*. Forma uredosporos que pueden sobrevivir varios meses en condiciones de ambiente seco.

Condiciones predisponentes: el tiempo cálido y húmedo favorece la aparición y la proliferación de este patógeno, especialmente a partir de fines de verano y durante el otoño.

Síntomas: la observación de pústulas circulares y pequeñas en ambas caras de las hojas (Figura 8 C1, C2 y C3), de color marrón-rojizo y que rompen la epidermis, son el elemento inequívoco de diagnóstico de esta enfermedad. Las uredosporas se desprenden fácilmente de estas pústulas y, al ser transportadas por el viento, pueden infectar otros lotes de alfalfa localizados a varios kilómetros de distancia. Las hojas cubiertas de pústulas comienzan a encorvarse y finalmente se desprenden, pudiendo ocasionar defoliaciones totales bajo condiciones muy favorables para el patógeno. En ataques severos es posible observar pústulas elípticas desarrollándose sobre los tallos.

Manejo de la enfermedad: caben las mismas recomendaciones realizadas para las dos anteriores enfermedades foliares.

9.2.4 Tallo negro de primavera

Agente causal: *Phoma medicaginis* Malbr. & Roum var. *medicaginis* Boerema, patógeno que puede sobrevivir varios meses en la forma de picnidios en restos vegetales, infectando posteriormente hojas y tallos cuando las condiciones ambientales favorecen su germinación.

Condiciones predisponentes: primaveras y otoños relativamente frescos y húmedos favorecen la aparición y proliferación de la enfermedad. La humedad es necesaria para la difusión y germinación de las esporas.

Síntomas: la enfermedad comienza como manchas de tono marrón oscuro en las hojas que, al evolucionar el daño, se hacen coalescentes y llegan a afectar una gran superficie de los folíolos. En los tallos esas manchas oscuras son primero individuales, pero luego -a medida que convergen- invaden amplios sectores de la base, confiriendo el color negro característico que da nombre a la enfermedad (Figura 9 A1 y A2). Las hojas atacadas adquieren una coloración amarillenta y finalmente se desprenden del tallo. En primaveras frescas y húmedas la defoliación puede ser total. Bajo condiciones muy favorables, el patógeno puede también colonizar las vainas y la corona de la planta.

Manejo de la enfermedad: a las medidas de control señaladas para las enfermedades anteriores se puede agregar la rotación con cultivos no hospedantes (gramíneas y *Melilotus* spp.) por al menos dos a tres años.

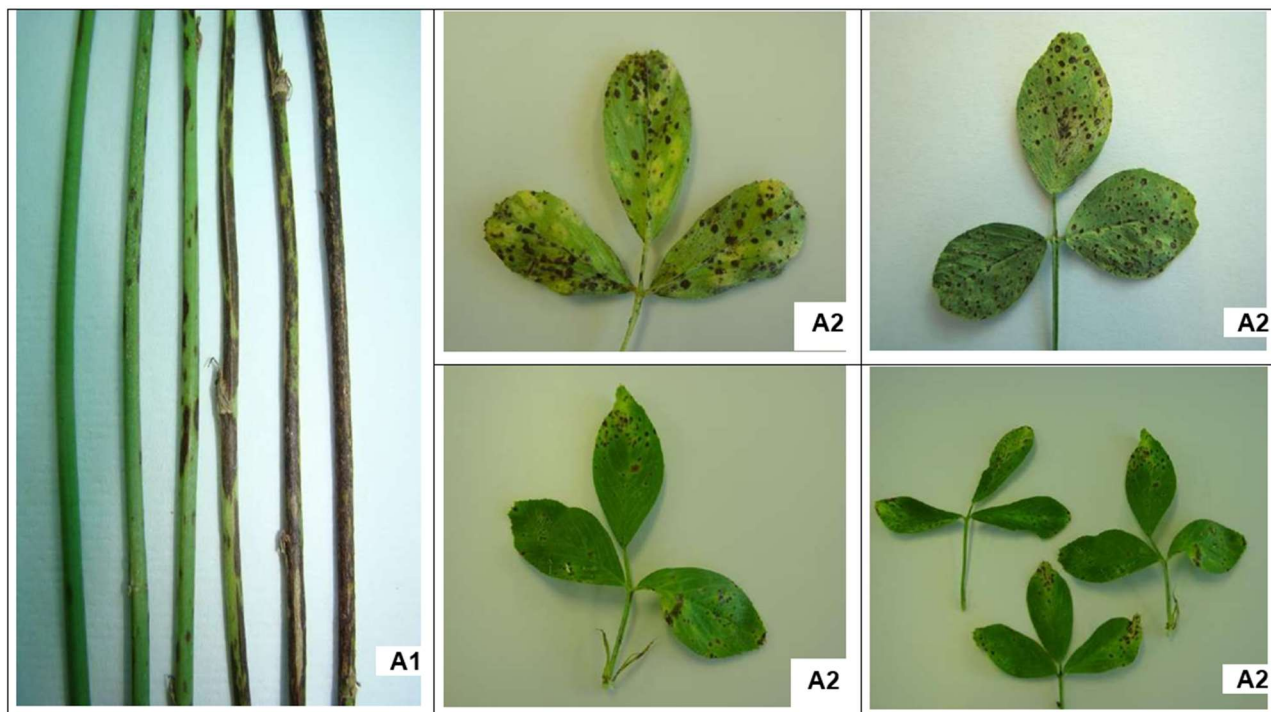


Figura 9. Tallo negro de primavera – A1: severidad creciente de la enfermedad en tallos; y A2: severidad creciente de la enfermedad en las hojas.

9.2.5 Tallo negro de verano

Agente causal: *Cercospora medicaginis* Ellis & Everth., hongo que pasa el invierno como micelio en tallos infectados pero que para fructificar requiere necesariamente de temperaturas cálidas y humedad muy elevada.

Condiciones predisponentes: veranos cálidos y muy húmedos favorecen la aparición y proliferación del patógeno. En esas condiciones, el retraso del corte o pastoreo puede agravar la enfermedad.

Síntomas: el daño se evidencia -primero en las hojas inferiores y posteriormente en las superiores- como manchas marrones o castañas, de forma redondeada o elíptica y con márgenes difusos. A medida que la enfermedad evoluciona, esas manchas convergen y se rodean de un gran halo clorótico de forma irregular. Cuando el hongo fructifica, se observa en las lesiones una tonalidad gris clara en la parte central (Figura 10 A1 y A2). En la base de los tallos se producen manchas oscuras que pueden afectar una gran parte de los mismos y que son muy similares a las de la enfermedad anterior.

Manejo de la enfermedad: valen las mismas recomendaciones que para tallo negro de primavera.

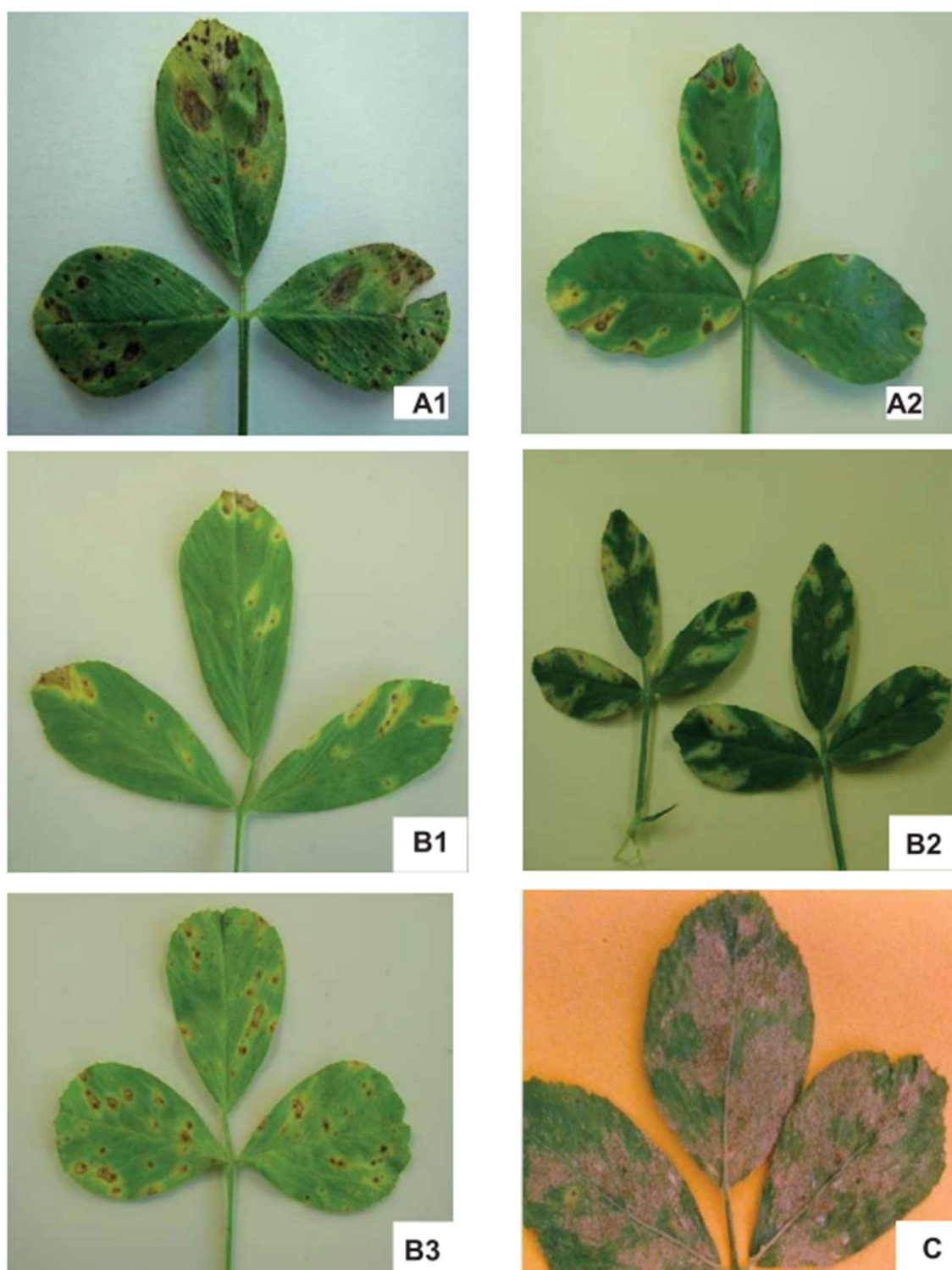


Figura 10. A1 y A-2- **Tallo negro de verano:** síntomas en las hojas; B1, B2 y B3- **Manchón foliar amarillo:** severidad creciente de la enfermedad; C- **Mildiu:** eflorescencia característica en la cara inferior de la hoja.

9.2.6 Manchón foliar amarillo

Agente causal: Leptotrochila medicaginis (Fckl.) Schüepp. Entre fines del verano y principios del otoño el hongo forma sobre hojas muertas sus órganos de fructificación (apotecios), los que después de invernar liberarán las ascosporas en la primavera siguiente. Éstas últimas son las encargadas de iniciar la infección en el cultivo. En Estados Unidos se han estimado pérdidas de hojas que van desde el 40% (a principios de floración) hasta el 80% (durante la formación de vainas) (SEMENIUK, 1979).

Condiciones predisponentes: primaveras y otoños frescos y húmedos, o períodos de abundantes precipitaciones seguidas de días nublados, favorecen el desarrollo y la difusión del patógeno. También el retraso del aprovechamiento de la alfalfa (corte o pastoreo) agrava el perjuicio.

Síntomas: los daños comienzan en el haz de los folíolos como pequeñas manchas de color amarillento, que luego van creciendo en tamaño hasta invadir gran parte de las hojas, siguiendo más o menos el recorrido de las nervaduras y formando manchones amarillos en forma de “V”, con un área pardo-clara en su parte central (Figura 10 B1, B2 y B3). Bajo condiciones favorables, se pueden producir defoliaciones importantes.

Manejo de la enfermedad: No existen variedades resistentes o tolerantes. Las otras medidas de manejo indicadas para las enfermedades foliares previamente tratadas también tienen aplicación en este caso.

9.2.7 Mildiu o “mildew”

Agente causal: Peronospora trifoliorum De Bary. Este hongo sobrevive el invierno en tejidos vegetales vivos y únicamente fructifica en condiciones de oscuridad y muy alta humedad ambiental, siendo el viento y la lluvia los principales agentes de su diseminación. Al ser un parásito obligado, no puede desarrollarse en medios de cultivo.

Condiciones predisponentes: primaveras y otoños frescos y húmedos favorecen la aparición y la proliferación del patógeno.

Síntomas: *P. trifoliorum* puede producir dos tipos de infecciones: localizada y sistémica. En el primer caso, en el haz de los folíolos se presentan sectores cloróticos o descoloridos, que se corresponden con eflorescencias de tono grisáceo en el envés y que son las hifas (conidióforos) del hongo (Figura 10 C). Cuando la infección es sistémica, el patógeno invade tallos, yemas y hojas completas. Los tallos infectados adquieren mayor diámetro y presentan entrenudos más cortos, produciendo a menudo un brote terminal ramificado, con hojas superpuestas en forma de roseta. Los márgenes de las hojas totalmente infectadas se curvan hacia abajo. En alfalfares en implantación y bajo condiciones muy favorables, el mildiu puede provocar la muerte de las plántulas (*damping-off*).

Manejo de la enfermedad: existen cultivares de origen estadounidense con aceptables niveles de resistencia genética al patógeno. El tratamiento de la semilla con fungicidas sistémicos (como metalaxyl) puede ser de utilidad para la implantación en áreas tradicionalmente problemáticas. Ante ataques importantes, el adelantamiento del corte o pastoreo contribuye a evitar importantes pérdidas de calidad y/o rendimiento de forraje, a la vez que reduce sensiblemente la cantidad de inóculo para posteriores infecciones.

9.3.8 Manchón foliar por *Stemphylium*

Agente causal: *Stemphylium botryosum* Wallr. Han sido identificadas dos variantes del patógeno, que se distinguen por causar diferentes lesiones en hoja según la temperatura del ambiente al momento de la infección. El biotipo de “alta temperatura” (AT) predomina en las infecciones que ocurren en verano, mientras que el biotipo de “baja temperatura” (BT) se manifiesta en primavera y fin del otoño.

Condiciones predisponentes: Las temperaturas altas del verano, sumadas a la elevada humedad relativa ambiente favorecen la proliferación del biotipo AT. En el caso del biotipo BT, las temperaturas bajas a moderadas de la primavera y la elevada humedad ambiental predisponen el desarrollo de la infección.

Síntomas: El biotipo AT produce lesiones ovales de color castaño, con un borde difuso, castaño oscuro, acompañadas de un halo amarillo claro. Las lesiones se expanden a medida que la enfermedad progresa a través del agregado de anillos concéntricos característicos, cubriendo gran parte del folíolo. Bajo condiciones predisponentes a la enfermedad, los folíolos afectados se tornan amarillentos y se desprenden. Este biotipo suele producir lesiones negruzcas, coalescentes en tallos (Figura 11 A1, A2 y A3). El biotipo BT produce lesiones pequeñas (3-4 mm), de color gris pálido, con bordes irregulares y rodeadas de un borde delgado de color marrón oscuro brillante (Figura 11 B1, B2 y B3). La esporulación del patógeno queda confinada al interior de la lesión. En ataques severos este biotipo produce reducción de la calidad del forraje, pero raramente produce defoliación. En el área de Paraná (Entre Ríos-Argentina), Formento y Verzagnassi (2001) han señalado la presencia del patógeno en lotes de alfalfa durante la primavera, acompañando infecciones de viruela, mildiu, mancha ocular y tallo negro de primavera. Ambos biotipos fueron identificados en lotes de alfalfa de la EEA INTA Manfredi (Córdoba-Argentina). El biotipo AT produce importantes daños en fines de verano-inicio de otoño, mientras que el biotipo BT causa daños de menor importancia en el otoño e inicio del invierno.

Manejo de la enfermedad: Anticipar el corte o pastoreo cuando la enfermedad se establece en el lote puede atenuar los daños. La utilización de cultivares tolerantes es una medida efectiva de

control; en ese sentido, existen actualmente en el mercado argentino cultivares con tolerancia a este patógeno.



Figura 11. *Stemphylium botryosum* - A1, A2 y A3: lesiones características del biotipo de alta temperatura; B1, B2 y B3: lesiones causadas por el biotipo de baja temperatura.

9.3 Enfermedades provocadas por virus y fitoplasmas

9.3.1 Virus del mosaico de la alfalfa

Agente causal: virus del mosaico o *AMV* (por sus siglas en inglés: *Alfalfa Mosaic Virus*), cuyas partículas se presentan bajo dos formas: una similar a un bacilo (baciliformes) y la otra similar a una vara (variformes). En realidad, se trata de un complejo constituido por varias razas del AMV que difieren en infectividad y otras características. Este complejo puede infectar a más de 200 especies vegetales, aunque parece que la alfalfa es el hospedante preferido por la mayoría de las razas (GRAHAM et al., 1979). El patógeno se transmite a través de diversos insectos vectores, aunque también puede hacerlo por medio de la semilla y el polen.

Condiciones predisponentes: si bien se sospecha que el AMV puede ser transmitido por todas las especies de áfidos que atacan a la alfalfa, el pulgón verde (*Acyrtosiphon pisum* Harris) es su

vector más importante; en consecuencia, las condiciones que favorecen la proliferación de este insecto dañino también contribuyen a la difusión de la enfermedad. Durante los últimos años se ha observado en los lotes de alfalfa una creciente presencia de trips (*Thrips* spp., *Frankliniella* spp. y *Caliotrips* spp.), que también podrían ser vectores del AMV.

Síntomas: la aparición de un moteado (mosaico) de color amarillento a verde pálido, que se desarrolla entre las nervaduras de los folíolos y que puede o no estar acompañado de enanismo, constituye el síntoma clásico de la enfermedad (Figura 12 A1 y A2).

Manejo de la enfermedad: el control de los insectos vectores es la única medida preventiva de cierta efectividad. No existen en la actualidad cultivares resistentes, aunque ya hay disponibles plantas de alfalfa transgénicas resistentes a esta virosis.

9.3.2 Escoba de bruja

Agente causal: un fitoplasma que, de acuerdo a la taxonomía internacional, pertenece al grupo 16S rDNA Ash yellows (*Candidatus Phytoplasma fraxini*). Los fitoplasmas (procariotas sin pared celular) son un tipo de bacterias fitopatogénicas que habitan el floema y que son transmitidas por insectos -principalmente chicharritas (Homóptera: *Cicadellidae*)- que se alimentan en esos vasos conductores de la planta.

Condiciones predisponentes: los climas áridos y semiáridos parecen favorecer el desarrollo de la enfermedad, particularmente en lotes destinados a la producción de semilla.

Síntomas: gran proliferación de tallos cortos y finos, hojas de tamaño severamente reducido, enanismo generalizado, clorosis y aborto de flores (Figura 12 B1 y B2 y B3); en algunos casos se observan flores verdes o reemplazo de las inflorescencias por estructuras de tipo vegetativo (STUTEVILLE; ERWIN, 1990). En períodos frescos y con adecuada humedad, las plantas afectadas pueden manifestar signos de recuperación, pero los síntomas vuelven ni bien aumenta la temperatura y/o la deficiencia hídrica. Obviamente, las plantas enfermas disminuyen sus rendimientos de forraje y semilla. A medida que pasan los años, el número de plantas infectadas en el lote va en aumento.

Manejo de la enfermedad: la inmediata remoción de las plantas enfermas y el control de los insectos vectores parecen ser las únicas medidas efectivas para atenuar la difusión de la enfermedad. No existen cultivares resistentes.

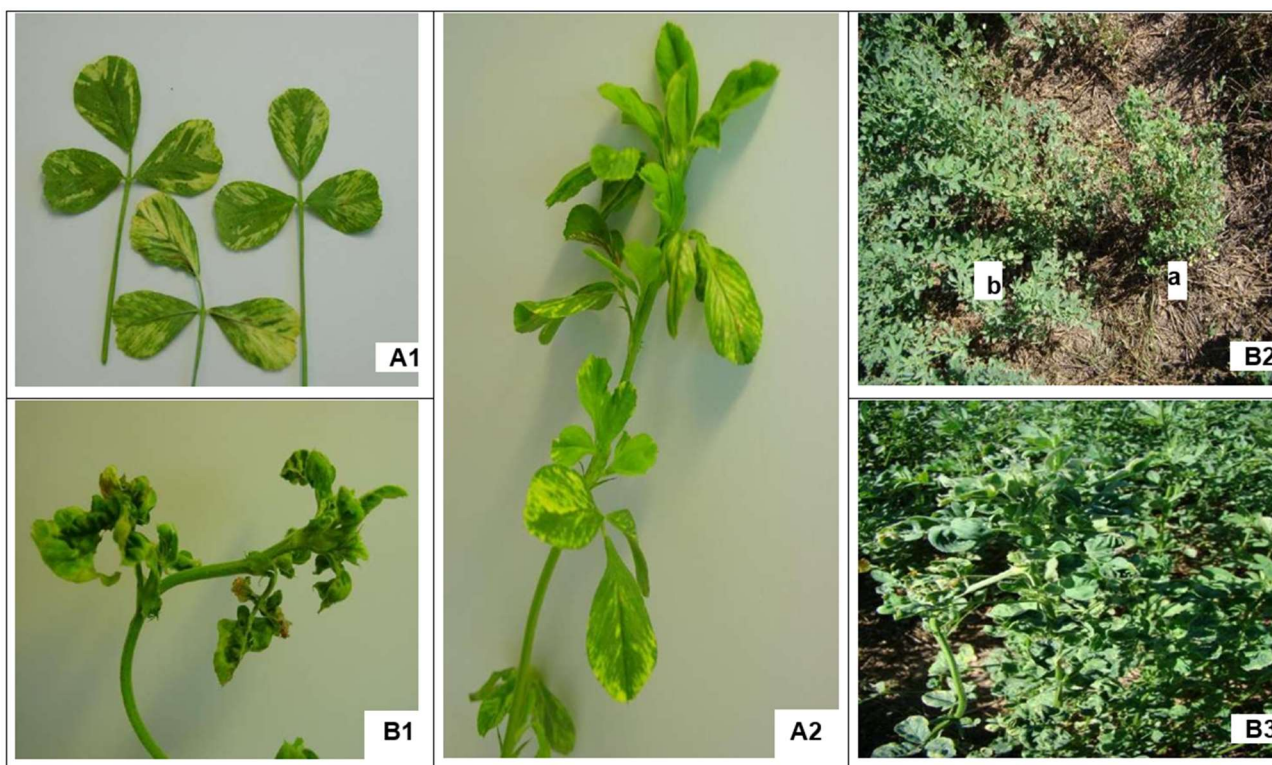


Figura 12. A- Virus del mosaico de la alfalfa: A1: hojas afectadas exhibiendo el variegado característico; A2: un tallo con síntoma del mosaico. **B- Escoba de bruja:** B1: brote severamente afectado; B2: planta enferma (a) y planta enfermda (b); B3: folíolos completamente deformados por la enfermedad.

9.4 Enfermedades provocadas por nematodos

9.4.1 Nematodo del tallo

Agente causal: *Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev). Este nematodo penetra a través de los brotes que se desarrollan en la corona y desde allí invade los tallos en crecimiento.

Síntomas: Los tejidos afectados se engrosan y se decoloran, en tanto que los nudos se hinchan y los entrenudos se acortan. Si la infección progresa, los tallos en crecimiento presentan un aspecto achaparrado para finalmente oscurecerse y morir. Bajo condiciones muy favorables, con tiempo cálido y húmedo, los nematodos pueden invadir también las hojas, que toman un aspecto encrespado como consecuencia de la distorsión de sus tejidos internos. Durante las primeras décadas del siglo XX, este patógeno fue señalado como el problema sanitario más importante de la alfalfa en Argentina, al punto de promover varios esfuerzos para obtener cultivares resistentes. Sin embargo, a partir de los '50 sus daños han sido sólo esporádicos y de escasa importancia.

Manejo de la enfermedad: Actualmente en el mercado existen varios cultivares resistentes, todos de origen estadounidense.

9.4.2 Nematodo de las lesiones de raíz

Agente causal: *Pratylenchus* spp., que invade y destruye las raicillas y causa lesiones de color oscuro en la raíz principal (Figura 13 C). Esas lesiones sirven de puerta de entrada para otros microorganismos patógenos que agravan la situación de la planta afectada.

Síntomas: Cuando la infección es importante, las raíces toman un color marrón generalizado y disminuyen su crecimiento; en ese contexto, el único signo aéreo de la infección es un desarrollo achaparrado del follaje. Si bien no hay referencias concretas de daño, se detecta comúnmente la presencia de *Pratylenchus* spp. en las muestras de suelo que se analizan para determinación de nematodos.

Manejo de la enfermedad: Rotación con gramíneas.

9.5 Enfermedades provocadas por bacterias

9.5.1 Marchitamiento bacteriano

Agente causal: *Clavibacter michiganense* subespecie *insidiosum* (McCull.) Davis, [sinónimos: *Corynebacterium insidiosum* (McCull.) Jones, *Corynebacterium michiganense* subespecie *insidiosum* (McCull.) Carlson & Vidaver].

Síntomas: Las plantas infectadas se distribuyen de forma aislada en el alfalfar, siendo fácilmente identificadas por su coloración verde amarillenta y su crecimiento lento y altura reducida. Los folíolos, reducidos en tamaño, presentan aspecto arrugado y suelen curvarse hacia arriba. Las plantas infectadas son claramente identificadas luego del corte debido a su lento rebrote, generando tallos cortos, delgados, con follaje verde- amarillento y folíolos deformados. Los síntomas en raíces pueden observarse al realizar un corte transversal de las mismas donde los vasos conductores aparecen con una coloración que varía de amarillenta a marrón oscura (Figuras 13 A1 y A2).

Condiciones predisponentes: Las bacterias sobreviven en restos vegetales en el suelo, penetrando e infectando las plantas de alfalfa a través de las heridas que en las raíces, corona o tallos producen los insectos, los nematodos y las herramientas de corte. Las bacterias ingresan al parénquima, multiplicándose dentro de las células, y desde allí pasan a los vasos de conducción (xilema y floema). Una vez en estos, se distribuyen rápidamente en forma sistémica en toda la planta. Los síntomas observados y la muerte de plantas se deben a la acumulación de compuestos fitotóxicos producidos por la bacteria y a la obstrucción de los vasos producidos por sustancias mucilaginosas producto de su metabolismo.

Control: Se deben usar cultivares resistentes. Los daños pueden atenuarse anticipando el corte o pastoreo al observar los primeros síntomas de la enfermedad; cortando primero los lotes de alfalfares adultos y luego lavando y desinfectando las cuchillas de las segadoras de forraje antes del corte de los alfalfares nuevos o jóvenes (uno o dos años); también se aconseja no cortar cuando haya alta humedad relativa en el ambiente.

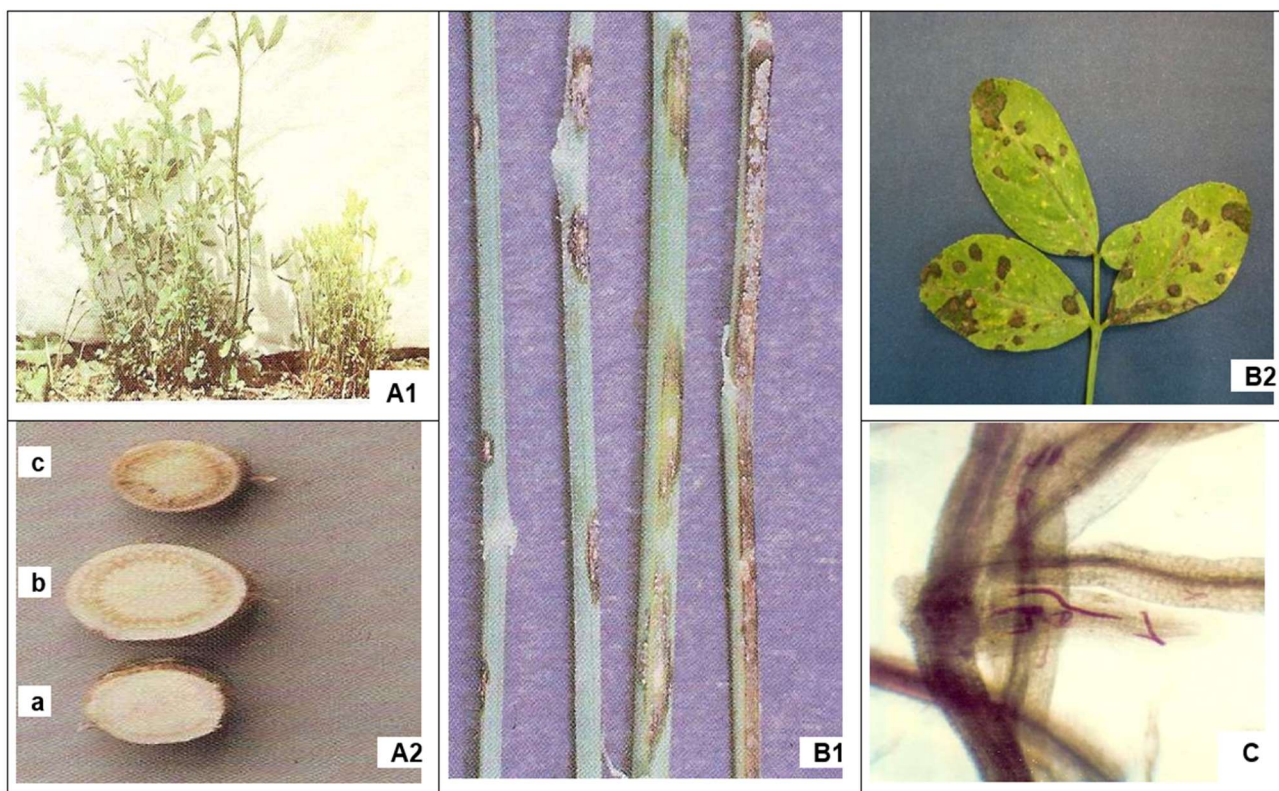


Figura 13. A- Marchitamiento bacteriano: A1: planta clorótica infectada (derecha) y planta sana (izquierda); A2: cortes transversales de raíces mostrando el sistema vascular normal (a) y el de dos plantas afectadas (b) (Fotos: F. I. Frosheiser); **B-Manchón foliar bacteriano:** B1: manchas con secreción superficial en los tallos (Foto: D. L. Stuteville); B2: síntomas en las hojas; y C: **nematodo de las lesiones de la raíz.**

9.5.2 Manchón foliar bacteriano

Agente causal: *Xanthomonas campestris* pv. *alfalfae* (Riker, Dye) [sinónimo *Xanthomonas alfalfae* (Riker)].

Síntomas: Cuando la bacteria ataca en estadio de plántula produce una severa reducción del crecimiento (enanismo) y, en casos severos de infección y altas temperaturas, la muerte de las mismas (*damping-off*). En las hojas se observan áreas cloróticas y difusas, con un delgado exudado acuoso de forma circular; estos exudados son más abundantes y prominentes en la cara abaxial. Bajo condiciones desfavorables para la proliferación de las bacterias, tales como cultivares tolerantes y/o

resistentes, las lesiones permanecen pequeñas, se secan y necrosan. Cuando las manchas foliares poseen halo clorótico a menudo se suelen confundir con las producidas por los patógenos fúngicos como la viruela o el tallo negro de verano. Bajo condiciones favorables a la enfermedad las manchas se expanden y convergen, formando lesiones de gran tamaño, con bordes irregulares y aspecto brillante debido a la presencia de exudado seco en superficie. En estos casos es común observar una severa defoliación del alfalfar. En los tallos, es posible observar lesiones de tamaño pequeño, de color grisáceo con presencia de exudado en superficie. Estas lesiones se alargan y se hacen coalescentes, formando lesiones longitudinales que pueden abarcar varios entrenudos (Figuras 13 B1 y B2); con el paso del tiempo, adquieren un color marrón oscuro semejante a las producidas por el tallo negro de verano.

Condiciones predisponentes: Esta bacteria puede sobrevivir en el suelo, en restos vegetales y residuos que acompañan a la semilla de alfalfa almacenada. Las bacterias son dispersadas por el viento y la lluvia. Penetran en la planta a través de estomas y heridas. Períodos de clima cálido y lluvioso favorecen el desarrollo de la enfermedad; sin embargo, suele presentarse también bajo condiciones de clima cálido, seco y ventoso, debido a que el viento carga partículas de arena que hieren las hojas y los tallos y facilitan la penetración de las bacterias.

Control: No existen cultivares resistentes. Anticipar el corte o pastoreo al observar los primeros síntomas puede atemperar la enfermedad.

9.5.3 Tizón bacteriano del tallo

Agente causal: *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* van Hall [sinónimo *Pseudomonas medicaginis* (Sackett)].

Síntomas: Enanismo, con tallos infectados más cortos, delgados y frágiles que lo normal. Las lesiones en tallos tienen un aspecto acuoso y una coloración que varía de amarillenta a verde olivácea y que a menudo comienzan a desarrollarse a partir de la unión de la hoja al tallo; estas lesiones se van oscureciendo con el tiempo hasta adquirir un color negruzco. Las hojas afectadas adquieren una coloración amarillo-pálida, con exudado acuoso en su superficie.

Condiciones predisponentes: La ocurrencia de temperaturas bajas en primavera, así como el daño por heladas tardías, favorecen el desarrollo de la infección. Esta bacteria sobrevive en restos vegetales en el suelo y penetra a los tallos a través de heridas y daños de la epidermis producidos por heladas. La diseminación de la bacteria en el cultivo se produce durante los sucesivos cortes.

Control: No existen cultivares resistentes. La limpieza y desinfección del equipamiento de corte puede colaborar para disminuir su incidencia.

Referencias

- BASIGALUP, D. H.; HIJANO, E. H. Detección y frecuencia de plagas y enfermedades de la alfalfa en Castelar como base de la labor fitotécnica. *Acintacnia*, año 3, n. 19, p. 35-41, 1986.
- FORMENTO, N.; VERZEGNASSI, N. La alfalfa y sus enfermedades en la provincia de Entre Ríos. 2001. Disponible em: Acceso em: 7 mar. 2018.
- GRAHAM, J. H.; STUTEVILLE, D. L.; FROSHEISER, F. I.; ERWIN, D. C. A compendium of alfalfa diseases. St. Paul: American Phytopathological Society, 1979. 65 p.
- HIJANO, E. H. Algunas enfermedades que afectan a la alfalfa en la República Argentina. Buenos Aires: Inta, 1979. 12 p. Programa Alfalfa INTA. Proyecto Alfalfa FAO-INTA Arg 75- 006.
- HIJANO, E. H.; BASIGALUP, D. H.; BRUNO, O. A.; LEON, R. J.; RINALDI, G. del V.; SPADA, M. del C. Diagnósticos comparativos de problemas radiculares de alfalfa en tres localidades de la Argentina. *Revista Agropecuaria de Manfredi y Marcos Juárez*, v. 2, n. 2, p. 5-21, 1986.
- HIJANO, E. H.; HUERGO, M. del P. Corchosis: una nueva enfermedad de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) en la República Argentina. *Revista Agropecuaria de Manfredi y Marcos Juárez*, v. 1, n. 2, 5-12, 1985.
- HIJANO, E. H.; PÉREZ FERNÁNDEZ, J. Enfermedades de la alfalfa. In: HIJANO, E. H.; NAVARRO, A. (Ed.). *La alfalfa en la Argentina*. San Juan: INTA, 1995. p. 125-146. Subprograma Alfalfa).
- LEATH, K. T.; ERWIN, D. C.; GRIFFIN, G. D. Diseases and nematodes. In: HANSON, A. A.; BARNES, D. K.; HILL, R. R. (Ed.). *Alfalfa and alfalfa improvement*. Madison: American Society of Agronomy, 1988. p. 621-670. (Agronomy monograph, 29).
- MORGAN, W. C.; PARBERRY, D. G. Effects of Pseudopeziza leaf spot disease on growth and yield in Lucerne. *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 28, n. 6, p. 1029- 1040, 1977. DOI: 10.1071/AR9771029.
- SEMENIUK, G. Yellow leaf blotch. In: GRAHAM, J. H.; STUTEVILLE, D. L.; FROSHEISER, F. I.; ERWIN, D. C. (Ed.). *A compendium of alfalfa diseases*. St. Paul: American Phytopathological Society, 1979. p. 20.
- STUTEVILLE, D. L.; ERWIN, D. C. *Compendium of alfalfa diseases*. 2. ed. St. Paul: American Phytopathological Society, 1990. 84 p.
- YANG, S.; GAO, M.; XU, C.; GAO, J.; DESHPANDE, S.; LIN, S.; ROE, B. A.; ZHU, H. Alfalfa benefits from *Medicago truncatula*: the RCT1 gene from *M. truncatula* confers broadspectrum resistance to anthracnose in alfalfa. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 105, n. 34, p. 12164-12169, Aug. 2008. DOI: 10.1073/pnas.0802518105.

CAPÍTULO 10. IDENTIFICACIÓN Y CONTROL DE PLAGAS

Alessandra de Carvalho Silva, Vanda Helena Paes Bueno y Fernando Daniel Fava

La alfalfa atrae a un sinnúmero de artrópodos que encuentran condiciones favorables para establecerse en el cultivo, al que utilizan directamente como alimento o para oviposición. Entre ellos se encuentra el caso de los insectos fitófagos que en pequeño número asumen la categoría de plagas. Por otro lado, el cultivo también es habitado por predadores y parasitoides que lo usan como refugio y como fuente de recursos para su manutención. En Argentina, por ejemplo, del 80 al 90% del daño provocado por plagas es causado por solo cuatro grupos de insectos (ARAGÓN; IMWINKELRIED, 2007). En los Estados Unidos se han mencionado más de 1.000 especies de artrópodos en la alfalfa, aunque poco menos de 20 causan daños económicos (SUMMERS et al., 2007).

En Brasil, a pesar de haberse avanzado mucho en las investigaciones en alfalfa, todavía se sabe muy poco sobre los insectos presentes en el cultivo y sobre cuáles son los que efectivamente causan daños económicos y por la tanto pueden ser llamados plaga. En ese contexto, este capítulo describe algunos de los insectos más importantes para la alfalfa, incluyendo información referida al Brasil y a otros países donde esta forrajera es cultivada.

10.1 Plagas de la alfalfa – Características morfológicas y daños

La importancia de cada insecto como plaga varía de acuerdo a una región o país, así como también por la percepción de los agricultores. En Brasil, la información disponible muestra que los pulgones son la principal plaga de la alfalfa (CARVALHO et al., 1996; CUNHA et al., 2016; MENDES et al., 2000), lo mismo que en España (PONS et al., 2013). En Argentina, la mayor parte de los daños provocados por insectos al cultivo de la alfalfa se deben a cuatro grupos de plagas: orugas defoliadoras, orugas cortadoras, pulgones y gorgojos. El resto de los daños es ocasionado por chinches –importantes en los cultivos que se destinan a la producción de semillas- y por plagas secundarias o esporádicas, como trips, tucuras, isocas y ácaros (ARAGÓN; IMWINKELRIED, 2007). No obstante, esa situación está cambiando por la expansión que en algunas regiones de Argentina tienen cultivos como la soja, dado que aquellas plagas que son comunes a los dos cultivos tienen posibilidad de mantenerse por más tiempo en el campo, expresando así con más vigor las interacciones que se dan en la ocurrencia de plagas (CINGOLANI et al., 2014).

Como ya se mencionó, la importancia de los insectos en alfalfa varía conforme a cuestiones regionales y a la percepción de los productores en cuanto a cuestiones agronómicas, económicas, biológicas y meteorológicas asociadas a la ocurrencia de plagas y su control, pudiendo eso ser un punto de partida para adecuar su manejo (JABBOUR; SHIRI, 2017).

10.1.1 Plagas de la parte aérea

a) Pulgones (Hemiptera: Aphididae)

Los pulgones son insectos que viven en colonias formadas por individuos jóvenes (ninfas) y por adultos ápteros y alados. Los adultos alados solo se ven en colonias de muchos individuos y tienen como función encontrar nuevas plantas o localizaciones para la diseminación de la colonia. En regiones de clima tropical o subtropical no existen machos sino solo hembras.

Si bien en alfalfa se pueden encontrar unas diez especies de pulgones (BLACKMAN; EASTOP, 2000), en la mayoría de los países donde se la cultiva –entre ellos Brasil- se destacan cuatro especies que causan daños al cultivo y que pueden ser diferenciados por sus características morfológicas. Algunas de esas especies presentan biotipos que generalmente tienen mayor resistencia a los insecticidas, lo que dificulta su control.

El pulgón moteado de la alfalfa [*Therioaphis trifolii* (Monell) forma *maculata*] es de coloración amarillento-verdosa y es fácilmente diferenciado de los demás pulgones de la alfalfa por contener hileras de manchas oscuras en el dorso, de donde salen pequeños pelos (Figura 1A). Tanto ninfas como adultos succionan la savia de las hojas y de los tallos y se congregan preferentemente en la cara inferior de las hojas basales de las plantas.

El pulgón azul de la alfalfa (*Acyrtosiphon kondoi* Shinji) tiene una coloración verdeazulada y los individuos alados tienen una mancha marrón en el tórax. Mientras que los tres primeros segmentos de las antenas son de color claro, los restantes se van oscureciendo de forma gradual, siendo el último de color negro y de menor tamaño (Figura 1B). Tiende a congregarse en la parte terminal de las plantas en tallos y hojas y preferentemente en los brotes apicales.

El pulgón verde de la alfalfa (*Acyrtosiphon pisum* Harris), también denominado pulgón de la arveja tiene una coloración verde brillante y antenas con manchas oscuras en el final de cada segmento (Figura 1C). Sus patas son largas y los sifones (estructuras puntiagudas localizadas al final del abdomen) son bastante afilados. Se han identificado cinco biotipos de *A. pisum* en diversas especies hospedantes (FRAZER, 1972), algunos de color diferente como rosa o rojizo. Las ninfas viven frecuentemente escondidas en hojas enrolladas y por eso pasan desapercibidas.

La especie de pulgón que más se diferencia de los demás pulgones es el pulgón de las leguminosas (*Aphis craccivora* Koch), cuyos adultos son de color negro brillante con patas blancas y ninfas de tonalidad verde-oscura. Forma colonias muy densas en los tallos de las plantas (Figura 1D).

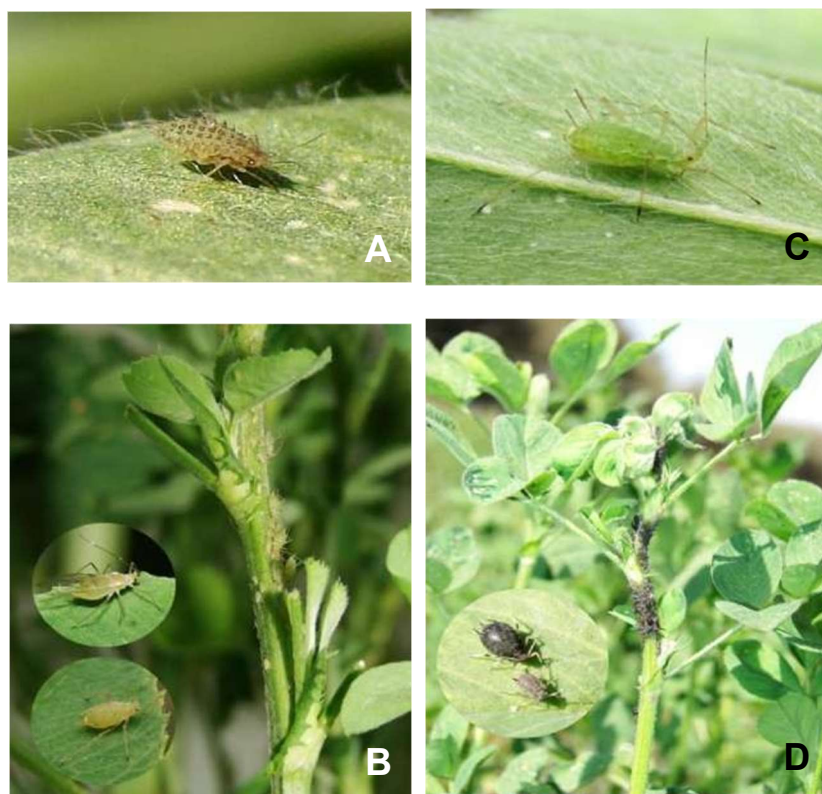


Figura 1. Especies de pulgones de la alfalfa más comunes en Brasil: *Therioaphis trifolii* f. *maculata* (A), *Acyrthosiphon kondoi* (B), *Acyrthosiphon pisum* (C) y *Aphis craccivora* (D).

Foto: Fernando Daniel Fava

Los pulgones se especializan en alimentarse de los compuestos del floema, pudiendo succionar las plantas por horas. A semejanza de muchas otras especies, los pulgones de la alfalfa son capaces de superar las defensas del hospedante y secretar saliva en el floema, lo que dificulta la translocación de la savia y perjudica el desarrollo de la planta. Los ataques de estos insectos provocan clorosis severa y generalizada de las hojas (Figura 2) y deformación, arrugado o enrollamiento de los folíolos y de los brotes. Los ataques severos de *A. pisum*, además de los síntomas citados, hacen que las hojas sean más chicas y que se acorten los entrenudos de los tallos, reduciendo sensiblemente la producción de forraje. La mayor susceptibilidad de la alfalfa a los ataques ocurre al inicio del rebrote. Por otro lado, los pulgones también secretan grandes cantidades de una sustancia melosa –denominada en inglés *honeydew*– que deriva del exceso de savia que succionan y donde crece un hongo negro llamado fumagina que perjudica la fotosíntesis y consecuentemente la calidad del forraje.



Figura 2. Lotes de producción de alfalfa en Argentina con síntomas de daños causados por el pulgón negro o pulgón de las leguminosas (*Aphis craccivora*).

Foto: Fernando Daniel Fava.

Otra consecuencia grave del ataque pulgones a la alfalfa es el hecho de que las cuatro especies pueden transmitir el virus del mosaico de la alfalfa en forma no persistente, es decir que la adquisición del virus por el insecto y su posterior inoculación requiere solamente una breve penetración de su aparato bucal en las células periféricas de la planta. Posteriormente, el virus del mosaico puede ser transportado por las semillas y provocar pérdidas significativas a la producción.

El hecho de que la alfalfa es un cultivo perenne y que puede adquirir el virus como consecuencia de la alimentación de los pulgones tiene consecuencias importantes en la sanidad del cultivo, dado que el virus y el vector permanecen en contacto por un largo período de tiempo. Los niveles de incidencia del virus y las tasas de transmisión a través de las semillas varían de acuerdo a la cepa del patógeno, las condiciones ambientales, la edad de la planta, las preferencias de los pulgones y el cultivar (RYALLS et al., 2013). Como los áfidos pueden producir muchos individuos alados y tienen una gran capacidad de vuelo, su papel en la dispersión de la virosis hace que sea muy importante controlarlos adecuadamente. Como ya fuera señalado, los pulgones constituyen las plagas más importantes de la alfalfa y son responsables del 25% de las pérdidas de producción en razón de su potencial reproductivo y de los daños que causan al cultivo (RYALLS et al., 2013).

b) Orugas (Lepidóptera: Pieridae, Noctuidae, Tortricidae)

La ocurrencia de orugas en alfalfa también puede ser importante para la productividad del cultivo dado que estos insectos consumen hojas o cortan plántulas, disminuyendo así la producción de biomasa aérea, que es el producto de mayor interés para los productores de forraje y los ganaderos. Si bien son varias las especies de orugas que pueden encontrarse en un alfalfar, la gran mayoría ataca principalmente otros cultivos y solo esporádicamente provocan daños en la alfalfa.

La oruga de la alfalfa (*Colias lesbia pyrrhothea* Hübner - Pieridae) es la única entre las especies de Lepidópteros que ocurren en alfalfa que tiene al cultivo como su principal hospedante. Los adultos presentan dimorfismo sexual, visible a través de una variación de colores que van desde el blanco hasta el anaranjado, pasando por distintos tonos de amarillo. Las orugas tienen 30-35 mm de largo, son de coloración verde oscura con una raya blanca en cada lateral del cuerpo (Figura 3 A) y se alimentan de las hojas, flores y tallos finos de la alfalfa (GALLO et al., 2002). Esas orugas consumen las áreas entre las nervaduras de los folíolos, dejándolos con un aspecto “esquelético” porque las nervaduras permanecen intactas. En Argentina esta especie puede completar de siete a ocho generaciones por año, aunque los mayores daños son causados por solo dos o tres de esas generaciones (ARAGÓN, IMWINKELRIED, 2007).

La oruga de la soja (*Anticarsia gemmatilis* Hübner - Noctuidae) tiene un tamaño que supera los 1,5 cm de largo (pueden llegar hasta 4,5 o 5 cm) y puede ser tanto de color verde como negro, con tres líneas longitudinales blancas en el dorso. Las mariposas tienen una envergadura de alas de 30 a 38 mm y una coloración variable en el dorso, que va del gris claro al marrón oscuro (Figura 3 B) (MOSCARDI et al., 2012). Los daños se inician con las orugas aun recién nacidas, que raspan las hojas y causan la formación de manchas claras; a medida que crecen, las orugas se tornan más voraces y destruyen totalmente las hojas, pudiendo dañar también los tallos terminales (GALLO et al., 2002). En Brasil la especie fue observada en un cultivo de alfalfa en Piracicaba, SP, aunque sin causar daños de relevancia (OLIVIERA et al., 1986).

La isoca cogollera u oruga militar tardía [*Spodoptera frugiperda* (Smith) - Noctuidae] llega a los 50 mm de largo y es de color verde, pardo o negro según la edad, con líneas en el dorso y en los laterales del cuerpo. Los adultos poseen las alas anteriores de color pardo oscuro y las posteriores de color blanco-ceniciento (Figura 3 C) (GALLO et al., 2002). Las orugas consumen las hojas nuevas de la alfalfa y en ataques intensos se pueden encontrar hasta 300 isocas m⁻² (ARAGÓN, IMWINKELRIED, 2007). Sin embargo, al igual que la oruga cuarteadora [*Mocis latipes* (Gueneé) - Noctuidae] (Figura 3 D), la isoca cogollera ataca más comúnmente gramíneas, desde donde pueden migrar en grandes cantidades para atacar otros cultivos como alfalfa (GALLO et al., 2002). La oruga cuarteadora es reconocida por moverse como si estuviese midiendo palmos, una forma muy similar al movimiento de la isoca medidora [*Rachiplusia nu* (Gueneé)] (Figura 3 E), otra especie que también puede atacar a la alfalfa.



Figura 3. Especies de orugas defoliadoras más comunes de la alfalfa en Brasil: A- oruga de la alfalfa (*Colias lesbia pyrrhothea*; B- oruga de la soja – *Anticarsia gemmatalis*; C- isoca cogollera u oruga militar tardía (*Spodoptera frugiperda*); D- oruga cuarteadora (*Mocis latipes*; y E- isoca medidora (*Rachiplusia nu*). Foto: Fernando Daniel Fava.

La oruga cortadora grasienta [*Agrotis ipsilon* (Hufragel) - Noctuidae] (Figura 4 A) corta las plantas jóvenes de alfalfa al nivel del suelo. Se trata de orugas de hábito nocturno que durante el día permanecen enrolladas y abrigadas en el suelo (GALLO et al., 2002). En Brasil se registró un ataque de esas orugas en Piracicaba, SP (OLIVEIRA et al., 1986). En Argentina, otras especies de orugas cortadoras [*Agrotis malefida* (Guen.) y *Porosagrotis gypaetina* Guen], en conjunto con otros Noctuidos, provocan daños como los descritos en primavera secas y en alfalfas de tres o más años de edad, lo que puede afectar seriamente al cultivo y a su capacidad de rebrote (ARAGÓN, IMWINKELRIED, 2007).

A diferencia de las otras orugas que atacan alfalfa, el barrenador de los brotes [*Epinotia aporema* (Walls) - Tortricidae] (Figuras 4B y 4C) tiene inicialmente un aspecto gelatinoso. Las orugas unen las hojas o las flores en las extremidades de los tallos con un hilo de seda y se alimentan de ellas. El mayor perjuicio surge del ataque a los tallos, en los que abren galerías y provocan el secado de ramas y hojas en las extremidades de la planta (GALLO et al., 2002). En Brasil se informó daño de esta oruga en la región de Bandeirantes, PR (EVANGELISTA; BUENO, 1999).

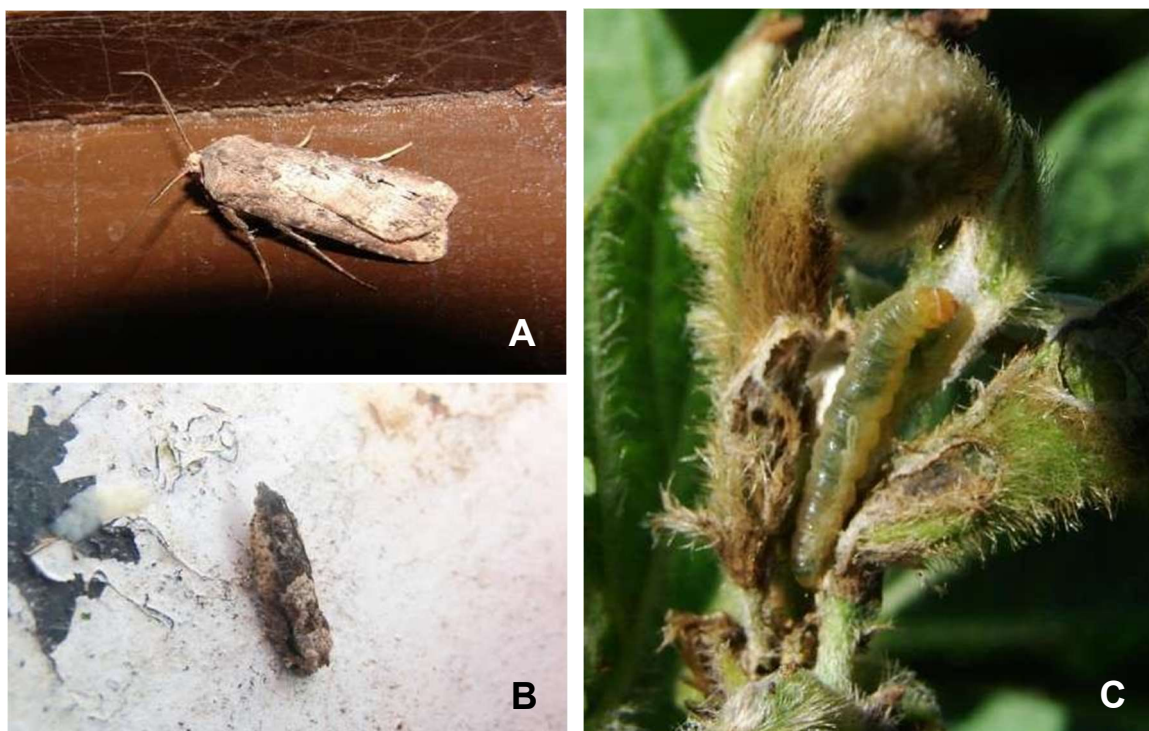


Figura 4. A: Mariposa de oruga cortadora grasienta (*Agrotis ipsilon*); B y C: mariposa y oruga barrenadora de brotes (*Epinotia aporema* C).

Foto: Fernando Daniel Fava

En 2013 fue detectada en Brasil la ocurrencia de una nueva plaga: *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidóptera: Noctuidae), un insecto exótico, altamente polífago, que causa severos daños en cultivos agrícolas y plantas silvestres. Se lo informó atacando más de 60 cultivos de las familias Asteraceae, Fabaceae, Malvaceae, Poaceae y Solanaceae, incluida la alfalfa, lo que le confiere una gran persistencia en el ambiente agrícola. Si bien las orugas de *H. armigera* se alimentan de hojas y tallos, tienen preferencia por brotes, inflorescencias, frutos y vainas, causando así daños tanto en la fase vegetativa como reproductiva. En su último estadio las larvas llegan a los 30 o 40 mm y su coloración varía del verde al amarillo claro, marrón rojizo o negro, presentando líneas blancas y pelos a lo largo del cuerpo; la cápsula encefálica es de color castaño claro (Figura 5) (CZEPAK et al., 2013). La especie también ha sido detectada en Paraguay y Argentina (MURÚA et al., 2014).

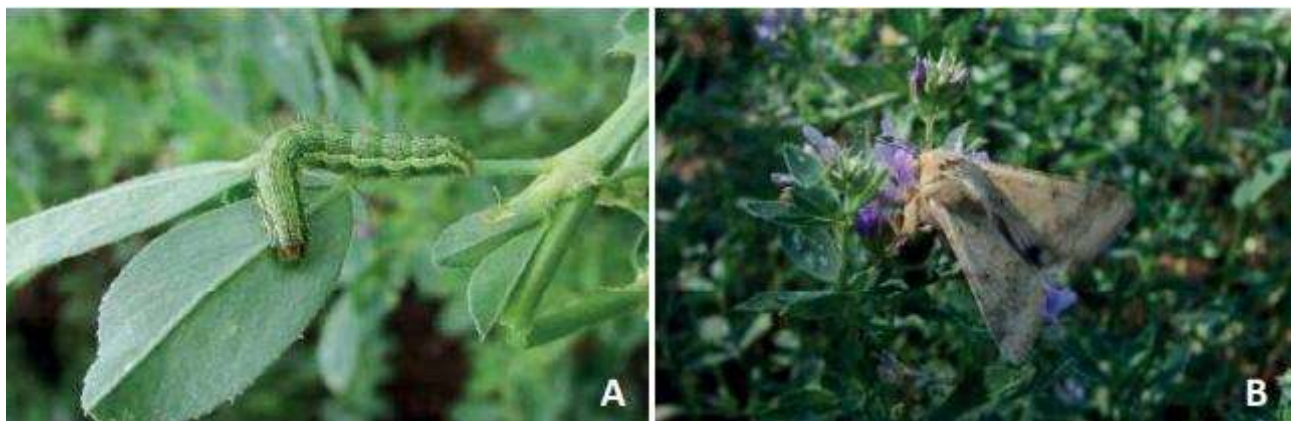


Figura 5. Oruga (A) y mariposa (B) de *Helicoverpa armigera*.

Foto: Fernando Daniel Fava

c) Gorgojos (Coleóptera: Curculionidae, Chrysomelidae, Meloidae)

En Brasil, los gorgojos que atacan a la alfalfa son el gorgojo de la alfalfa [*Naupactus leucoloma* Boheman - Curculionidae], también conocido como *Pantomorus leucoloma* (Boheman)] (Figura 6 A), la vaquita de San Antonio [*Diabrotica speciosa* (Germar) – Chrysomelidae] (Figura 6 B) y el falso bicho moro [*Epicauta atomaria* (Germar) – Meloidae] (Figura 6 C). En Argentina, los gorgojos (Coleoptera: Curculionidae) forman un complejo de cerca de 22 especies, principalmente pertenecientes al género *Naupactus* (ODORIZZI et al., 2011). No obstante, según Gopar y Ves Losada (2004), además de *N. leucoloma*, otras cuatro especies son consideradas como las principales en ese país: *Atrichonotus taeniatatus* (Berg), *Aramigus tessellatus* (Say), *Naupactus verecundus* Hustache y *Pantomorus auripes* Hustache.

En los Estados Unidos, los llamados gorgojo de la alfalfa [*Hypera postica* (Gyllenhal)] (Figura 6 D) y gorgojo egipcio de la alfalfa [*Hypera brunneipennis* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae)] son plagas muy importantes, siendo este último más predominante en la región sudoeste del país (PELLISSIER et al., 2017). En el caso de las especies de *Naupactus* y de *D. speciosa* los adultos solo causan daños a la parte aérea de la planta, alimentándose respectivamente de plántulas y hojas. En el caso de *D. speciosa* las hojas quedan con pequeños orificios en la lámina, lo que disminuye el área fotosintética y, consecuentemente, la producción.

Tratándose de los gorgojos del género *Hypera*, tanto los adultos como las larvas se alimentan de la parte aérea de la alfalfa. El estadio de larva es el más perjudicial dado que consumen hojas, brotes, tallos tiernos y flores, dejando las hojas con un aspecto esquelético y causando en la planta retraso en el desarrollo, reducción de crecimiento y, en última instancia, pérdidas de rendimiento. Normalmente, las larvas de tercer o cuarto estadio ocasionan la mayor parte de las lesiones en el follaje, aunque las lesiones de corona y el efecto sobre los rebrotes puedan ser significativos, en particular donde las larvas se refugian después de un corte. Además de la pérdida de biomasa vegetal, las larvas también reducen la calidad nutricional y la digestibilidad de la alfalfa. Bajo condiciones de sequía, la disminución del rendimiento de forraje por la acción de las larvas puede ser total (100%); los adultos causan daños menos significativos (GOPAR; VES LOSADA, 2004; PELLISSIER et al., 2017).

El falso bicho moro (*E. atomaria*) destruye las hojas de la planta, que quedan reducidas a solo las nervaduras (GALLO et al., 2002). Su presencia en los alfalfares es atribuida a la proximidad de cultivos de soja, poroto (*Phaseolus vulgaris*) o poroto guandul (*Cajanus cajan*). Durante la etapa de establecimiento de la alfalfa las larvas pueden provocar la muerte de las plántulas, pero en cultivos establecidos los daños son menores.

Figura 6. Gorgojos que causan daño a la alfalfa: A: *Naupactus leucoloma*; B: vaquita de San Antonio



(*Diabrotica speciosa*); C: falso bicho moro (*Epicauta atomaria*); y D: *Hypera postica*.
Fotos: Fernando Daniel Fava (Figuras A-C); Lisa I. BugGuide (2015) (Figura D).

d) Chicharritas o cotorritas (Hemíptera: Cicadellidae, Membracidae)

– *Empoasca* sp. (Cicadellidae)

Se trata de insectos pequeños, chupadores, de 3 mm de largo y dotados de movimientos rápidos. Los adultos son de color verde y las ninfas -más pequeñas- de tono amarillo-verdoso (Figura 7). La oviposición es endófito (dentro de la planta) y normalmente realizada a lo largo de las nervaduras de las hojas. Las formas jóvenes tienen el hábito de moverse lateralmente y pueden ser fácilmente encontradas en la superficie inferior de los folíolos (GALLO et al., 2002).

Tanto los adultos como las ninfas causan perjuicios económicos. La succión de savia origina deformaciones de las hojas y perjudica el desarrollo de las plantas como consecuencia de la acción tóxica de la saliva del insecto. Los síntomas que se generan son muy semejantes a los de las virosis o a la deficiencia de boro, es decir que las plantas se muestran cloróticas, con crecimiento reducido y con los bordes de las hojas enrollados (GALLO et al., 2002; HAMMOND et al., 2009). El daño característico de la chicharrita se expresa como un amarillado en forma de V en las puntas de los folíolos (CHASEN et al., 2014).

Figura 7. Chicharritas adultas succionando hojas de alfalfa y signos del daño ocasionado por



su saliva tóxica.

Fotos: Fernando Daniel Fava (Figuras A y B); Quesnel (2012) (Figura C).

La acción de la saliva tóxica de las chicharritas puede disminuir el rendimiento de la alfalfa como consecuencia de una reducción de los entrenudos y de la altura de los tallos, que derivan de la interrupción de fotoasimilados hacia las raíces y la corona, disminuyendo también el tenor de proteína bruta de la planta. Cuando la alfalfa es atacada al inicio del ciclo de crecimiento, éste se torna cerca del 30% más lento que el de una planta no infestada, lo que redundaría en una menor tasa de acumulación de materia seca y nutrientes que comprometen el desarrollo inicial de los rebrotes después de un corte y facilitan la invasión de malezas (CHASEN et al., 2014; HAMMOND et al., 2009).

En los Estados Unidos, la especie *Empoasca fabae* (Harris) se considera como una plaga de importancia ocasional de la alfalfa, apareciendo cuando las condiciones son cálidas y secas; no obstante, en algunas regiones del país es considerada como una plaga clave del cultivo (CHASEN et al., 2014). En Brasil, Viana et al. (2004) encontraron *Empoasca* sp. asociada al pulgón *A. pisum* en un campo experimental de alfalfa en Sete Lagoas, MG.

- *Ceresa* sp. (Membracidae)

Los Membrícidos son insectos pequeños y chupadores de savia vegetal que se caracterizan por presentar una cabeza minúscula y un desarrollo del pronoto que algunas veces puede considerarse como un verdadero ornamento. En el género *Ceresa* esos ornamentos pueden ser desarrollados o rudimentarios, siendo común la presencia de prolongaciones afiladas en los laterales del pronoto. La coloración general varía del amarillo pálido al castaño oscuro, tanto uniforme como con máculas, y el largo del cuerpo va desde los 6,33 a los 10,50 mm (Figura 8) (ANDRADE, 2004).

Aunque el género está ampliamente distribuido en América del Sur, en Argentina solo hay tres especies de *Ceresa* que fueron asociadas al cultivo de alfalfa: *C. brunnicornis* (Germ.), *C. extensa*

(Fairm.) y *C. nigripectus* Remes Lenicov. Todas ellas ocurren en Brasil (GROSSO et al., 2016).

Los daños a la alfalfa pueden ser directos (similares a los de *Empoasca*) o indirectos, sea en este último caso porque facilitan la entrada de microorganismos o porque sirven de vehículo para la dispersión de patógenos. La especie *C. nigripectus* se localiza en los tallos y, a través de la succión de savia, causa hipertrofia de los tejidos, formación de callos, marchitamiento de la parte aérea y muerte de plantas. También puede actuar como vector del fitoplasma ArAWB (‘Argentinean Alfalfa Witches’ Broom’), causante de la enfermedad conocida como “escoba de bruja”, que puede limitar la producción del cultivo. No obstante, la forma en que se efectúa la transmisión de esa enfermedad por parte del insecto todavía no ha sido demostrada (GROSSO et al., 2016).



Figura 8. Insectos adultos del género *Ceresa* succionando plantas de alfalfa.
Foto: Fernando Daniel Fava.

e) Trips

Los trips (Thysanoptera) son insectos muy pequeños (0,5 a 13 mm), con cuerpo delgado y dos pares de largas y estrechas alas con flecos. Por eso sus vuelos se restringen a lo que más bien parecen saltos y su dispersión se realiza a través del viento.

Según Summers et al. (2007), las especies de mayor ocurrencia en los Estados Unidos son *Caliothrips fasciatus* (Pergande), *Thrips tabaci* (Lindeman) y *Frankliniella occidentalis* (Pergande), siendo las dos primeras más agresivas y de mayor importancia en alfalfa. En Argentina, durante el período de establecimiento de la alfalfa, los trips son considerados como plagas secundarias en lotes sembrados por el sistema convencional, pero son un problema en los implantados por siembra directa.

En ese país, la especie más frecuentemente encontrada es *Caliothrips phaseoli* (Hood), aunque también están presentes especies de los géneros *Thrips* y *Frankliniella* (ARÁGON; IMWINKELRIED, 2007) (Figura 9A). En Brasil, Alfonso (2008) informó sobre la ocurrencia de trips en alfalfa y los consideró insectos-plaga de los alfalfares en Rio Grande do Sul, aunque sin citar la/las especie/s presente/s.

Los trips causan perjuicios directos, derivados de su alimentación de las plantas, e indirectos, por ser vectores de virosis en alfalfa. Cuando se alimentan, estos insectos raspan los tejidos de las hojas y succionan la savia extravasada causando así deformación, manchas blancas y crecimiento desigual de los tejidos en torno a las lesiones, las cuales quedan con apariencia arrugada (Figura 9 B). Los daños más importantes ocurren durante la implantación del cultivo y se deben a la destrucción de clorofila, lo que ocasiona atrasos en el crecimiento, pérdida de vigor y disminución del número de plántulas por muerte de parte de ellas. En Argentina se verificó durante los últimos años un aumento de infestaciones de trips en lotes de alfalfa, con casos de pérdida total de plantas asociada a la ocurrencia de altas poblaciones de la plaga en cultivos de soja durante el verano e inicios del otoño, que migran hacia la alfalfa y otros cultivos en el otoño más avanzado (ARÁGON; IMWINKELRIED, 2007; MASSONI et al., 2013).

En un estudio de laboratorio para evaluar el daño de trips en alfalfa se determinó que una infestación inicial de 2 trips plántula⁻¹ era suficiente para dañar 35,5% del área foliar. Una densidad de 4 trips plántula⁻¹ resultó en una destrucción del 55% del área foliar y en una reducción del diámetro de la hoja (ARÁGON; IMWINKELRIED, 2007).

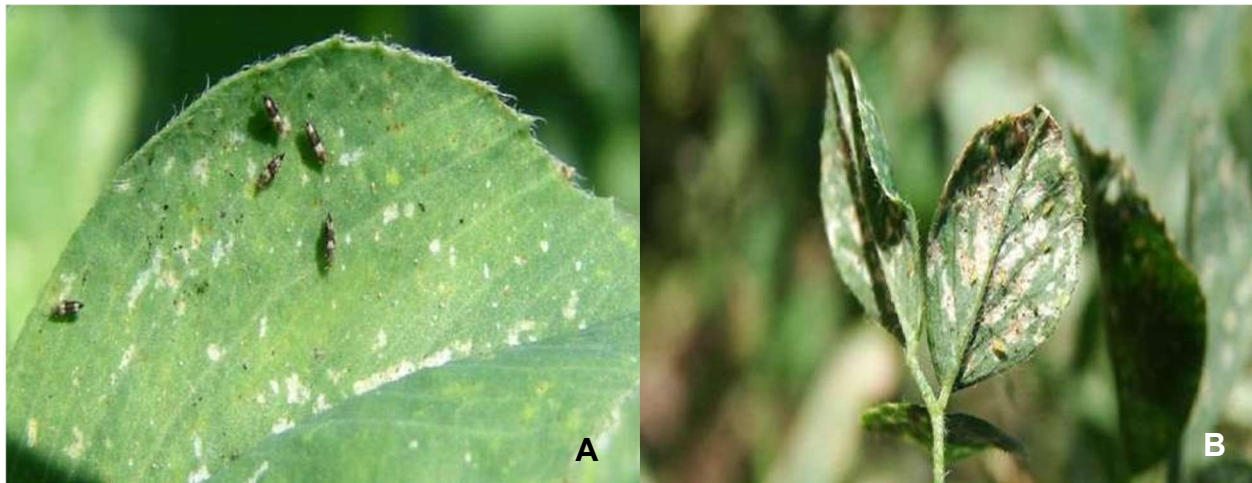


Figura 9. Daño del trip *Caliothrips phaseoli* en alfalfa: adultos (A) y ninfas (B) provocando los síntomas característicos en hojas.

Foto: Fernando Daniel Fava

10.1.2 Plagas de raíces

Algunos de los gorgojos ya citados como plagas de la parte aérea de la alfalfa también pueden causar daños a las raíces en otra fase de su desarrollo. Este es el caso de las larvas del gorgojo de la alfalfa (*N. leucoloma* – Curculionidae) o de la vaquita (*D. speciosa* – Chrysomelidae). Los mayores daños son provocados por la formación de galerías en las raíces (Figura 10) que, además de disminuir la productividad y la longevidad del cultivo, constituyen puertas de entrada para hongos patógenos tales como *Fusarium* spp y *Phoma* spp, que contribuyen al incremento de los perjuicios derivados de la alteración en la translocación de nutrientes (ARÁGON; IMWINKELRIED, 2007). Las consecuencias pueden ser fatales en plántulas o en plantas jóvenes, toda vez que las lesiones en la raíz principal pueden causar la destrucción de todo el sistema radicular. En el caso de las especies de *Naupactus* spp., los daños aumentan de un año para el otro debido a la superposición de generaciones, lo que hace que converjan larvas de varios estadios de desarrollo que pueden permanecer en el suelo al aguardo de condiciones favorables para su actividad (ODORIZZI et al., 2011).

Las fases juveniles de *D. speciosa* son conocidas como “larvas alfiler” y atacan la zona de crecimiento de las raíces, ocasionando la muerte de plántulas recién emergidas. Su importancia aumenta bajo condiciones de siembra directa en suelos oscuros, ricos en materia orgánica y húmedos (GALLO et al., 2002).

Las especies de gorgojos cuyas larvas se alimentan de raíces también pueden causar otro perjuicio indirecto a la alfalfa: la reducción de la fijación simbiótica del nitrógeno. Eso se debe a que al consumir las raíces dañan los nódulos que abrigan las bacterias fijadoras de N₂.



Figura 10. Presencia de galerías y larvas del gorgojo *Naupactus leucoloma* en raíces de alfalfa.
Foto: Fernando Daniel Fava.

10.1.3 Plagas de semillas

El hecho de que las semillas posean una alta concentración de nutrientes en comparación con otras partes de la planta hace que sean la fuente de alimentación preferida de muchos insectos.

a) Avispita de la alfalfa

La avisquita de la alfalfa [*Bruchophagus roddi* Gussakovskiy (Hymenóptera: Eurytomidae), también llamada “chalcido de la semilla”, cuando adulta alcanza 1,5 a 2 mm de largo y es de color negro con parte de las patas de tono marrón o amarillo (Figura 11 A). Las hembras colocan sus huevos en las vainas inmaduras y cuando las larvas nacen se introducen en las semillas, de las que se alimentan hasta dejarlas vacías. Cuando las avisquitas adultas emergen dejan una perforación en la semilla vacía (Figura 11 B) y en las vainas maduras (Figura 11 C) (MOSCHETTI et al., 2007). De ese modo pueden ocasionar pérdidas del 2 al 80% en el rendimiento de semilla en algunas áreas de Estados Unidos, además de causar infertilidad de semillas (MANGLITZ; RATCLIFFE, 1988). Al dañar solo la producción de semilla, la plaga pasa desapercibida en los alfalfares destinados al pastoreo o a la producción de heno.

Este insecto está presente en casi todas las áreas productoras de semilla de alfalfa del mundo. En América del Sur ya fue detectado en Argentina, Brasil, Chile y Perú (CENTRE FOR AGRICULTURE AND BIOSCIENCES INTERNATIONAL, 2018).



Figura 11. A- Hembra adulta de la avispa de la alfalfa (*Bruchophagus rodii*); B- Daños causados a la semilla; C- Daño causados a las vainas de alfalfa.

Fotos: A- Afonin et al. (2008); B y C- Radoslav Andreev/Agricultural University, Plovdiv, Bulgaria em Cabi (2018)

b) Chinchas

Si bien las chinchas de la familia Pentatomidae, succionadoras de semillas, son plagas importantes de la soja también pueden atacar otras leguminosas que crezcan en áreas próximas. Eso sucede en Argentina, donde estos insectos tienen una primera generación en alfalfa, antes que la soja esté disponible. Así, las plantas que son hospedantes alternativos favorecen la persistencia de las chinchas durante período críticos del año, contribuyendo al aumento de las poblaciones locales de la plaga (CINGOLANI et al., 2014).

Las especies de chinchas de la alfalfa varían de acuerdo a la zona, aunque las especies de los géneros *Euschistus* se citan en la mayoría de los trabajos sobre la composición de las poblaciones. En el estado de Georgia (EE.UU.), seis especies son comunes en el cultivo de alfalfa: *Nezara viridula* (Linneu), *Euschistus servus* (Say), *Thyanta custator* (Fabricius), *Euschistus quadrator* Rolston, *Oebalus pugnax* (Fabricius) y *Chinavia hilaris* (Say), siendo la primera la más importante (TILLMAN, 2013). En Argentina, las especies *Piezodorus guildinii* (Westwood), *N. viridula*, *Dichelops furcatus* (Fabricius) y *Edessa meditabunda* (Fabricius) están presentes en los cultivos de alfalfa.

En Brasil no existen estudios sobre la ocurrencia de chinchas succionadoras en alfalfa. No obstante, se puede considerar la probabilidad de que la alfalfa sea atacada por las especies comunes a la soja, como es el caso de *Euschistus heros* (Fabricius), *P. guildinii* y *N. viridula*, que se destacan por el daño que pueden originar. La soja también puede ser atacada por especies de chinchas consideradas menos comunes, cuyos aumentos poblacionales están determinados por alteraciones climáticas o por los sistemas de producción específicos de cada región. Entre estas últimas se pueden mencionar a *D. furcatus*, *Dichelops melacanthus* (Dallas), *E. meditabunda*, *Chinavia* spp. y *Thyanta perditor* (Fabricius), además del alidídeo (Alydidae) *Neomegalotomus parvus* (Westwood). De estas

especies hay informes de ocurrencia en alfalfa de *P. guildinii*, *D. furcatus* y *E. meditabunda* (PANIZZI et al., 2012).

Las chinches de la familia Pentatomidae tienen como característica un cuerpo achatado y la presencia de un gran escutelo (estructura en forma de triángulo localizada entre las alas). Tanto el tamaño como los colores y las formas de oviposición entre las especies varía significativamente: *E. heros* (Figura 12 A) mide 11 mm, es de coloración marrón con una mancha blanca en forma de medialuna al final del escutelo, tiene dos espinas laterales en el pronoto y pone huevos amarillos en doble fila; *P. guildinii* (Figura 12 B) mide 10 mm, es de color verde claro con una mancha roja al final de pronoto y pone huevos negros colocados en doble hilera; *N. viridula* (Figura 12 C) es de color verde con antenas rojizas, mide 13 a 17 mm y pone huevos amarillos o rojizos agrupados de forma hexagonal (GALLO et al., 2002).

Las chinches se alimentan insertando su aparato bucal picador-chupador en las semillas, cuando éstas están todavía dentro de las vainas, causando abortos de frutos o semillas y –en algunos casos- sirviendo también como vectores de enfermedades (CINGOLANI et al., 2014). Cuando las semillas no están disponibles, las chinches son capaces de obtener nutrientes de otros tejidos vegetales, como flores en crecimiento; no obstante, esas partes de la planta no permiten en general un desarrollo completo de las ninfas o de la producción de huevos y, en estos casos, los adultos vuelan y se dispersan a fin de encontrar las plantas que les permiten un desarrollo adecuado. Sin embargo, en estas situaciones la supervivencia de las ninfas se ve gravemente amenazada a pesar de su capacidad para caminar distancias relativamente largas y así dispersarse (PANIZZI, 2000).

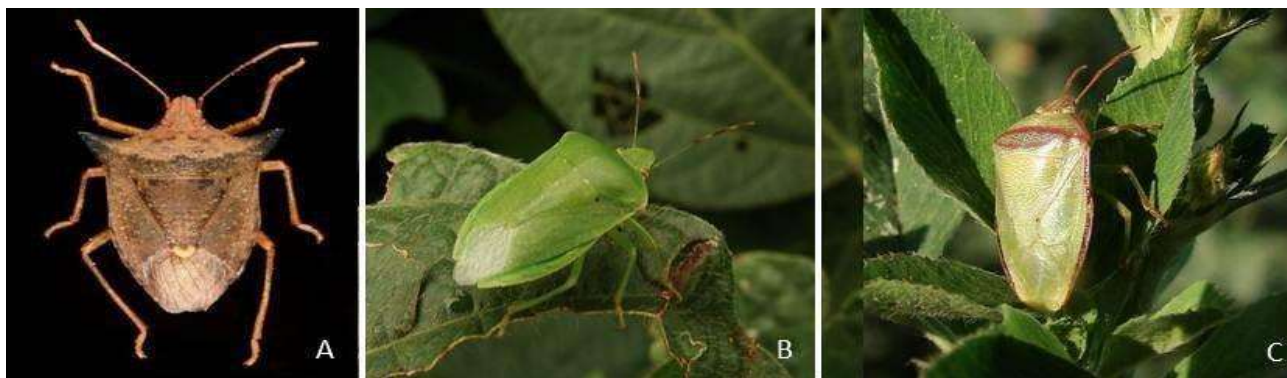


Figura 12. Chinches adultas de las especies *Euschistus heros* (A), *Nezara viridula* (B) y *Piezodorus guildinii* (C).

Fotos: Pereira (2016) (A) y Fernando Daniel Fava (B y C).

c) Otras plagas de semillas

Si bien no citados en Brasil, las especies de trips *Frankliniella australis* (Morgan) y *T. tabaci* pueden ser plagas ocasionales en la producción de semilla de alfalfa en Argentina. En las inflorescencias el daño se manifiesta a través de la decoloración y marchitamiento de flores, aborto floral o alteraciones en la formación de las semillas (MOSCHETTI et al., 2007). Por lo general, los trips son insectos que se alimentan de polen y por eso están asociados a las flores, aunque muchas veces su presencia no es detectada por causa de su tamaño diminuto.

Las tucuras (*Dichroplus* sp.) y los grillos (*Gryllus* sp.) comúnmente se alimentan del follaje de las plantas, pero también puede hacerlo de las flores y de las semillas en formación, especialmente cuando están en estado lechoso. El daño que causan puede detectarse por medio de la observación de pequeñas porciones de vainas cortadas de las que la plaga ha comido las semillas (MOSCHETTI et al., 2007).

Vale mencionar que algunas orugas y otras plagas de la parte aérea pueden también consumir las inflorescencias, perjudicando la formación vainas y semillas.

10.2 Control de plagas en alfalfa

Por ser la alfalfa un cultivo de pastoreo, el manejo de insectos fitófagos puede ser complicado pues -dependiendo de la medida de control utilizada- la entrada de los animales en el lote es factible de estar contraindicada por un período de tiempo. Además, aunque en otros países el control químico es una opción para el control de plagas, en Brasil no hay registro de productos químicos autorizados para ser aplicados en alfalfa. Solo los insecticidas biológicos están aprobados (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 2018). Los factores naturales que controlan la abundancia de plagas son numerosos y se clasifican como densidad-dependientes (enemigos naturales) y densidad-independientes (factores climáticos o resistencia genética), es decir aquellos que respectivamente dependen y no dependen de la cantidad de insectos-plaga en un área determinada (GOPAR; VES LOSADA, 2004).

En ese contexto, el uso de cultivares resistentes –cuando están disponibles localmente- debe ser priorizado por los productores dado que constituyen un mecanismo barato, duradero y de gran eficiencia para el control de insectos en cualquier cultivo. No obstante, según Jabbour y Shiri (2017), antes de recomendar a los productores de alfalfa una práctica de control cualquiera se deben tener en cuenta las medidas ya adoptadas por ellos y las variaciones en los desafíos que deben ser superados, ya que constituyen un grupo diversificado que incluye tanto a los que producen heno como a los que pastorean el cultivo.

10.2.1 Influencia de los cortes de alfalfa en la población de insectos fitófagos

Numerosos trabajos citan al corte de la alfalfa como un factor importante para reducir las infestaciones de pulgones. Eso es consecuencia de que el corte total de las plantas reduce el alimento para las plagas y crea condiciones ambientales desfavorables para los insectos por la incidencia directa de la radiación solar en el campo. Así, el corte total es más eficaz en el verano porque hace que la población de pulgones, por ejemplo, permanezca extremadamente baja en ese período.

Si bien con cada corte el número de pulgones se reduce, los niveles poblacionales del insecto se van elevando gradualmente a medida que el rebrote de las plantas crece, de manera que con el rebrote comienzan a re-colonizar el cultivo. Harper et al. (1990) concluyeron que la recuperación de los niveles poblacionales de *A. pisum* es más rápida cuando se hacen cortes totales del lote que cuando los cortes son parciales. De manera similar a los pulgones, los daños más severos causados por la isoca de la alfalfa (*Colias lesbia*) se producen cuando el corte fue realizado recientemente, con un rebrote de menos de 15 cm de altura (SUMMERS et al., 1981). El corte o cosecha de alfalfa también eliminará temporariamente las ninfas de la chicharrita verde (*Empoasca* sp.) y provocará la dispersión de los adultos; sin embargo, es común que después de una o dos semanas el rebrote atraiga nuevamente a los adultos de esa plaga que enseguida comenzarán a producir ninfas que progresivamente aumentarán con cada generación en un período de aproximadamente tres semanas. Además, con el desarrollo del rebrote se producirán migraciones de chicharritas a campos vecinos o más distantes (HAMMOND et al., 2009). No obstante, y a diferencia de lo observado en las demás plagas, el corte para heno es una de las mejores estrategias para atenuar los daños de los gorgojos de la alfalfa (BEAUZAY et al., 2013).

El aumento de las plagas después de un corte de la alfalfa se ve favorecido porque el corte total del cultivo también reduce drásticamente la población de enemigos naturales, facilitando una rápida re-colonización de los insectos fitófagos. Basado en esto se recomienda como práctica de manejo de la alfalfa dejar franjas sin cortar para que sirvan de refugio a los agentes naturales de control de forma tal que impidan el resurgimiento de altas poblaciones de la plaga.

10.2.2 Enemigos naturales de las plagas de alfalfa y control biológico

De forma general, la alfalfa proporciona un ambiente estable para que los enemigos naturales (Figura 13) de las plagas actúen como controladores y las mantengan en bajos niveles poblacionales. Eso sucede porque la alfalfa tiene una gran cobertura foliar que proporciona un hábitat favorable y considerables recursos alimenticios para un gran número de especies de insectos. Por ello es importante evaluar el control natural presente en un área de cultivo antes de adoptar cualquier medida de control. En este sentido es conveniente reconocer los enemigos naturales de las plagas comunes

de la alfalfa y su papel en el mantenimiento del equilibrio de las poblaciones locales usando materiales de identificación que faciliten esa tarea en el campo (HARTERREITEN-SOUZA, 2011; SILVA, 2013).



Figura 13. Enemigos naturales de las plagas de alfalfa: Orius (A), larvas tijerita (B), chinchas reduviídeo (C), vaquita (D), mosca sírfida (E) y crisopas (F).

Fotos: Alessandra de Varvalho Silva.

Aunque el papel que desempeñan los enemigos naturales específicos, como es el caso de los parasitoides, sea reconocido como primordial en la reducción de plagas, a lo largo de las últimas décadas ha habido un creciente interés por los enemigos naturales generalistas, que agrupa a aquellos agentes que actúan sobre varias especies de insectos fitófagos y que poseen la capacidad de mantenerlos en equilibrio y por debajo del umbral de daño económico. Dentro de ese contexto, las

arañas son consideradas como uno de los principales grupos de la fauna de artrópodos predadores en los sistemas agrícolas, pudiendo alimentarse del 40 al 50% de la biomasa de insectos disponibles y adquiriendo, por lo tanto, un papel importante en el control biológico.

Las plagas no poseen solo unos pocos enemigos naturales capaces de controlarlas sino un complejo de especies que actúa conjuntamente y donde las acciones de unos se complementan con las de otros (Tabla 1). Otras veces la presencia de un insecto herbívoro puede atraer a enemigos naturales, sirviendo así de alimento temporario hasta que su presa principal esté disponible; esto es fundamental para mantener a los agentes naturales de control dentro de un área de producción. Otro hecho observado es la contribución que ejercen los pulgones a la entomofauna benéfica, dado que la abundancia de pulgones ha sido asociada positivamente al incremento de vida de los parasitoides y al aumento de las tasas de parasitismo de plagas de la alfalfa dado que estas últimas, al alimentarse de la alfalfa, producen una sustancia melosa (*honeydew*) que puede servir de alimento a los parasitoides adultos.

Las características del paisaje también pueden influenciar la relación entre plagas y enemigos naturales y contribuir a mejorar las estrategias de conservación biológica. Existen varias indicaciones de que las plantas presentes en los bordes de los cultivos mejoran el control biológico en el área de producción a través de la emisión de olores que atraen a los enemigos naturales o por la oferta de presas y hospedantes. De esa forma, la acción conjunta de la diversidad de plantas no-hospedantes de plagas de alfalfa y de los enemigos naturales limita el crecimiento de las poblaciones de plagas y protegen a los cultivos.

Por otro lado, las plagas también padecen enfermedades causadas por patógenos que son específicas de los artrópodos y que les causan la muerte. En consecuencia, algunos hongos, virus, bacterias y otros microorganismos que se hallan naturalmente en el campo son aliados importantes de los productores al contribuir significativamente al control de insectos-plaga. Parte de esos patógenos actúan sobre diferentes plagas (ejemplo: hongos), mientras que otros son medianamente específicos y actúan sobre grupos de insectos más reducidos (ejemplo: bacterias del género *Bacillus*) o bien son muy específicos y causan la muerte de solo un género o especie de plaga (ejemplo: virus). Algunos de los anteriores se encuentran en formulaciones comerciales que están autorizadas por el Ministerio de Agricultura de Brasil para su uso en alfalfa, como es el caso del insecticida a base de *Bacillus thuringiensis* (bacteria) o de *Baculovirus* (virus de la poliedrosis nuclear o VPN) (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 2018). Estos productos aprobados facilitan el acceso a medidas de control en momentos específicos de la ocurrencia de plagas en el campo. Al precisar de condiciones específicas para su actuación, presentes en los insectos-plaga pero no en humanos ni animales, son altamente seguros para su uso en la producción agropecuaria.

Tabla 1. Enemigos naturales de las principales plagas de la alfalfa.

Plagas	Enemigos naturales
Pulgones	<u>Predadores:</u> vaquitas (Coccinellidae); larvas de moscas sírfidas (Syrphidae), de crisópidos (Chrysopidae) y de hemeróbidos (Hemerobidae); chinches <i>Orius</i> (Anthocoridae) y <i>Geocoris</i> (Geocoridae). <u>Parasitoides:</u> microavispa del género <i>Aphidius</i> (Aphididae). <u>Microorganismos:</u> hongos de los géneros <i>Entomophthora</i>, <i>Pandora</i>, <i>Zoophthora</i> y <i>Neozygites</i>.
Orugas y huevos de mariposas	<u>Predadores:</u> de huevos: chinches <i>Orius</i> y <i>Geocoris</i> y larvas tijerita (Dermaptera); de larvas: chinches <i>Nabis</i> (Nabidae) y <i>Podisus</i> (Pentatomidae). <u>Parasitoides:</u> de huevos: microavispa <i>Prospaltella</i> sp. (Aphididae) y <i>Trychogramma</i> sp. (Trichogrammatidae); de isocas/orugas: microavispa. <u>Microorganismos:</u> hongo <i>Nomuraea rileyi</i>; virus del género <i>Baculovirus</i>; bacteria <i>Bacillus thuringiensis</i> (Bt).
Gorgojos	<u>Predadores:</u> larvas de vaquitas (Coccinellidae), de chinches <i>Nabis</i> (Nabidae) y de crisópidos (Chrysopidae); arañas. <u>Parasitoides:</u> de larvas: especies del género <i>Bathyplectes</i> (Ichneumonidae); de adultos: <i>Microctonus aethiopoides</i> (Braconidae) <u>Microorganismos:</u> hongo <i>Zoophthora phytonomi</i>.
Vaquitas	<u>Predadores:</u> chinches Reduviidae, Geocoridae y Nabidae; larvas de gorgojos Cantharidae; hormigas; ácaros. <u>Parasitoides:</u> <i>Celatoria diabroticae</i> (Tachinidae) <u>Microorganismos:</u> <i>Steinernema</i> sp., <i>Beauveria bassiana</i>.
Chicharritas	<u>Predadores:</u> larvas de <i>Chrysoperla carnea</i> (Chrysopidae); vaquita <i>Coleomegilla maculata</i>; chinches <i>Orius</i> y <i>Nabis</i>. <u>Parasitoides:</u> microavispa (várias)
Trips	<u>Predadores:</u> trips predadores y chinches <i>Orius</i>.
Avispita de la alfalfa	<u>Parasitoides de larvas:</u> microavispa <i>Pteromalus sequester</i> (Pteromalidae), <i>Tetrastichus brucophagi</i> (Eulophidae), <i>Liodontomerus perplexus</i> Gahan (Torymidae) <u>Predadores:</u> arañas; hormigas (<i>Solenopsis invicta</i>); chinches <i>Orius</i>, <i>Geocoris</i> y <i>Nabis</i>.
Chinches de la semilla	<u>Parasitoides:</u> mosca <i>Trichopoda pennipes</i> (Tachinidae); microavispa de los géneros <i>Telenomus</i> y <i>Trissolus</i> (Scelionidae) y otros de las familias Platygastridae, Encyrtidae, Eurytomidae y Pteromalidae.

Referencias

- AFONIN, A. N.; GREENE, S. L.; DZYUBENKO, N. I.; FROLOV, A. N. (Ed.). **Interactive agricultural ecological atlas of Russia and neighboring countries: economic plants and their diseases, pests and weeds**. 2008. Available at: <<http://www.agroatlas.ru>>. Acesso em: 13 mar. 2018.
- AFONSO, A. P. S. Insetos praga da alfafa. In: MITTELMANN, A.; LÉDO, F. J. da S.; GOMES, J. F. **Tecnologias para a produção de alfafa no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2008. p. 17-32.
- ANDRADE, G. S. de. The species of the genus *Ceresa* Amyot & Serville (Hemiptera, Auchenorrhyncha, Membracidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, n. 4, p. 671-738, 2004. DOI: 10.1590/S0101-81752004000400001.
- ARAGÓN, J. R.; IMWINKELRIED, J. M. Manejo integrado de plagas de la alfalfa. In: BASIGALUP, D. H. (Ed.). **El cultivo de la alfalfa en la Argentina**. Buenos Aires: Ediciones INTA, 2007. p. 165-197.
- BEAUZAY, P. B.; KNODEL, J. J.; GANEHIARACHCHI, G. A. S. M. **Integrated pestmanagement of alfalfa weevil in North Dakota**. Morrill Hall: NDSU Extension Service, 2013. 9 p. Disponível em: <<https://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/pests/e1676.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2017.
- BLACKMAN, R. L.; EASTOP, V. F. **Aphids on the world's crops: an identification and information guide**. Chichester: John Wiley & Sons, 2000. 466 p.
- BUGGUIDE. **Alfalfa Weevil – Hypera postica**. 2015. Disponível em: <<https://bugguide.net/node/view/1036044>>. Acesso em: 13 mar. 2018.
- CABI. *Bruchophagus roddi* (alfalfa seed chalcid). In: INVASIVE species compendium. Wallingford: CAB International, 2018. Disponível em: <www.cabi.org/isc>. Acesso em: 13 mar. 2018.
- CARVALHO, A. R. de; BUENO, V. H. P.; MENDES, S. Influência de fatores climáticos e do corte na flutuação populacional de pulgões (Homoptera: Aphididae) na cultura da alfafa (*Medicago sativa* L.) em Lavras, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 5, p. 317-324, maio 1996.
- CENTRE FOR AGRICULTURE AND BIOSCIENCES INTERNATIONAL. **Invasive species compendium: Bruchophagus roddi** (alfalfa seed chalcid). Disponível em: <<https://www.cabi.org/isc/datasheet/10083#8FBB5628-4765-4EAF-9040-41A4A158E917>>. Acesso em: 20 fev. 2018.
- CHASEN, E. M.; DIETRICH, C.; BACKUS, E. A.; CULLEN, E. M. Potato leafhopper (Hemiptera: Cicadellidae) ecology and integrated pest management focused on alfalfa. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 5, n. 1, p. A1-A8, 2014. DOI: 10.1603/IPM13014.
- CINGOLANI, M. F.; GRECO, N. M.; LILJESTHRÖM, G. G. Egg parasitism of *Piezodorus guildinii* and *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) in soybean, alfalfa and red clover. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNCuyo**, v. 46, n. 1, p. 15-27, 2014.
- CUNHA, S. B. Z.; SOUSA, C. R.; BERTI-FILHO, E. Flutuação sazonal de afídeos e seus predadores em cultura de alfafa. **Revista de Agricultura**, v. 91, n. 3, p. 230-239, 2016.
- CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K. C.; VIVAN, L. M.; GUIMARÃES, H. O.; CARVALHAIS, T. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 110-113, 2013. DOI: 10.1590/S1983-40632013000100015.
- EVANGELISTA, A. R.; BUENO, V. H. P. Pragas da cultura. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., 1999, Piracicaba. **Fundamentos do pastejo rotacionado: anais**. Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 175-198. FRAZER, B. D. Life tables and intrinsic rates of increase of apterous black bean aphids and pea aphids, on broad bean (Homoptera: Aphididae). **The Canadian Entomologist**, v. 104, n. 11, p. 1717-1722, Nov. 1972. DOI: 10.4039/Ent1041717-11.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: Fealq, 2002. 920 p. (Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 10).

GOPAR, A.; VES LOSADA, J. C. **Estudio sobre la fluctuación poblacional de gorgojos (Coleoptera: Curculionidae) adultos que afectan a la alfalfa (*Medicago sativa*, L.)**. Anquil: INTA EEA, 2004. p. 1-20. (Publicación técnica, 57).

GROSSO, T. P.; MERCADO, M. I.; PONESSA, G. I.; CONCI, L. R.; VIRLA, E. G. Characterization of feeding injuries caused by *Ceresa nigripictus* Remes Lenicov (Hemiptera: Membracidae) on alfalfa stems. **Neotropical Entomology**, v. 45, n. 2, p. 211-216, Apr. 2016. DOI: 10.1007/s13744-015-0357-7.

HAMMOND, R. B.; MICHEL, A.; EISLEY, J. B.; SULC, R. M. **Potato leafhopper on alfalfa**. Ohio State University, 2009. The Ohio State University Columbus. Disponível em: <<https://ohioline.osu.edu/factsheet/ENT-33>>. Acesso em: 5 jan. 2018.

HARPER, A. M.; SCHABER, B. D.; STORY, T. P.; ENTZ, T. Effect of swathing and clear cutting alfalfa on insect populations in southern Alberta. **Journal of Economy Entomology**, v. 83, n. 5, p. 2050-2057, Oct. 1990. DOI: 10.1093/jee/83.5.2050.

HARTERREITEN-SOUSA, E. S.; PIRES, C. S. S.; CARNEIRO, R. G.; SUJII, E. R. **Predadores e parasitoides: aliados do produtor rural no processo de transição agroecológica**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2011. 89 p.

JABBOUR, R.; SHIRI, N. Wyoming producer priorities and perceptions of alfalfa insect pests. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 8, n. 1, p. 1-5, Jan. 2017. DOI: 10.1093/jipm/pmx017.

MANGLITZ, G. R.; RATCLIFFE, R. H. Insects and mites. In: HANSON, A. A.; BARNES, D. K.; HILL, R. R. (Ed.) **Alfalfa and alfalfa improvement**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1988. p. 671- 704. (Agronomy series, 29).

MASSONI, F. A.; MATTERA, J.; FRANA, J. E. **Daño de trips en implantación de alfalfa**. Rafaela: INTA EEA, 2013. 4 p. Disponível em: <<https://inta.gob.ar/documentos/dano-de-trips-en-implantacion-de-alfalfa>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

MENDES, S.; CERVINHO, M. N.; BUENO, V. H. P.; AUAD, A. M. Diversidade de pulgões e de seus parasitoides e predadores na cultura da alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 7, p. 1305-1310, jul. 2000. DOI: 10.1590/S0100-204X2000000700003.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/servicos-e-sistemas/sistemas/agrofit>. Acesso: 07/01/2018.

MOSCARDI, F.; BUENO, A. F.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; ROGGIA, S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; POMARI, A. F.; CORSO, I. C.; YANO, S. A. C. Artrópodes que atacam as folhas da soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 213-334. MOSCHETTI, C. J.; MARTÍNEZ, E. M.; ECHEVERRÍA, E. M.; ÁVALOS, L. M. Producción de semilla de alfalfa. In: BASIGALUP, D. H. **El cultivo de la alfalfa en la Argentina**. Buenos Aires, Ediciones INTA, 2007. p. 405-448.

MURÚA, M. G.; SCALORA, F. S.; NAVARRO, F. R.; CAZADO, L. E.; CASMUZ, A.; VILLAGRÁN, M. E.; LOBOS, E.; GASTAMINZA, G. First record of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Argentina. **Florida Entomologist**, v. 97, n. 2, p. 854-856, 2014. DOI: 10.1653/024.097.0279.

ODORIZZI, A. S.; AROLFO, V.; BASIGALUP, D. H. Evaluación de daño de gorgojos em poblaciones de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con alto número de raíces laterales. **Agriscientia**, v. 28, n. 2, p. 119-126, 2011.

- OLIVEIRA, P. R. D.; VENDRAMIN, J. D.; CORSI, M. Pulgão verde-azulado *Acyrtosiphon kondoi* Shinjii, 1938 (Homoptera: Aphididae): uma nova praga da alfafa (*Medicago sativa*, L.) no Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 15, n. 2, p. 397-398, 1986.
- PANIZZI, A. R. Suboptimal nutrition and feeding behavior of hemipterans on less preferred plant food sources. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, n. 1, p. 1-12, Mar. 2000. DOI: 10.1590/S0301-80592000000100001.
- PANIZZI, A. R.; BUENO, A. D. F.; SILVA, F. D. Insetos que atacam vagens e grãos. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 335-420.
- PELLISSIER, M. E.; NELSON, Z.; JABBOUR, R. Ecology and management of the alfalfa weevil (Coleoptera: Curculionidae) in Western United States alfalfa. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 8, n. 1, Jan. 2017. DOI: 10.1093/jipm/pmw018.
- PEREIRA, P. R. V. da S. **Euschistus heros**: percevejo Pentatomidae que ocorre em canola. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2016. Banco de imagens, Embrapa. Foto: Laboratório de Entomologia da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, em 25/11/2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/3745001/euschistus-heros>>. Acesso em: 13 mar. 2018.
- PONS, X.; LUMBIERRES, B.; COMAS, J.; MADEIRA, F.; STARÝ, P. Effects of surrounding landscape on parasitism of alfalfa aphids in an IPM crop system in northern Catalonia. **Biocontrol**, v. 58, n. 6, p. 733-744, Dec. 2013. DOI: 10.1007/s10526-013-9534-y.
- QUESNEL, G. Potato Leafhoppers in Alfalfa – Looking to 2013. **Field Crop News**, Nov. 21, 2012. Disponível em: <<http://fieldcropnews.com/2012/11/potato-leafhoppers-in-alfalfa-looking-to-2013/>>. Acesso em: 13 mar. 2018.
- RYALLS, J. M. W.; RIEGLER, M.; MOORE, B. D.; JOHNSON, S. N. Biology and trophic interactions of lucerne aphids. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 15, n. 4, p. 335-350, 2013. DOI: 10.1111/afe.12024.
- SILVA, A. de C. (Ed.). **Guia para o reconhecimento de inimigos naturais de pragas agrícolas**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 47 p.
- SUMMERS, C. G.; GILCHRIST, D. G.; NORRIS, R. F. (Coord.) **Integrated pest management for alfalfa hay**. Oakland: Division of Agriculture and Natural Resources, University of California, 1981. 96p.
- SUMMERS, C. G.; GODFREY, L. D.; NATWICK, E. T. Managing insects in alfalfa. In: SUMMERS, C. G.; PUTNAM, D. H. (Ed.). **Irrigated alfalfa management for Mediterranean and desert zones**. Oakland: University of California, 2007. 24 p. (Agriculture and natural resources publication, 8295). Disponível em: <<http://alfalfa.ucdavis.edu/IrrigatedAlfalfa>>. Acesso em: 18 dez. 2017.
- TILLMAN, P. G. Stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) and their natural enemies in alfalfa in South Georgia. **Journal of Entomological Science**, v. 48, n. 1, p. 1-8, 2013. DOI: 10.18474/0749-8004-48.1.1.
- VIANA, M. C. M.; PURCINO, H. M. A.; KONZEN, E. A.; BOTREL, M. de A.; GIANASI, L.; MASCARENHAS, M. H. T.; FREIRE, F. M. Avaliação de cultivares de alfafa nas condições de cerrado no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 289-292, mar. 2004. DOI: 10.1590/S0100-204X2004000300013.

CAPÍTULO 11. PRODUCCIÓN DE SEMILLA

Daniel Horacio Basigalup

La producción de semilla de alfalfa es una actividad especializada, que difiere mucho de la producción de forraje (MARBLE, 1980) en función de sus requerimientos específicos de fertilidad de suelo; densidad de plantas; control de plagas, malezas y enfermedades; polinización y manejo del agua.

11.1 Requerimientos ambientales

11.1.1. Clima

Las condiciones climáticas que favorecen la producción de semilla son: a) un período de crecimiento de al menos 150 días de duración; b) durante el período de floración, temperaturas promedio de 24-25° C en el día y $\geq 18^{\circ}$ C en la noche y aire relativamente seco ($< 50\%$ de HR); c) alta heliofanía y ausencia de vientos fuertes durante la floración, con un mínimo de días nublados y frescos; d) días largos, con un mínimo de 14 horas de luz; y e) una distribución de lluvias o riegos que promueva un crecimiento vegetativo controlado y que - a través de una reducción gradual de la humedad edáfica a partir del momento de la floración - provoque un adecuado crecimiento reproductivo (MOSCHETTI et al., 2007).

En zonas húmedas y con lluvias frecuentes en los períodos de maduración y cosecha, la producción de semilla suele ser muy baja (50 a 100 kg ha⁻¹). Por el contrario, en climas áridos, donde se puede controlar el riego, la producción puede llegar a 1.000 kg ha⁻¹ o más (ECHEVERRÍA, 1993). En ese sentido, una lluvia de tan sólo 5 mm puede provocar la dehiscencia de las vainas y ocasionar pérdidas de semilla de cierta magnitud; y una lluvia de 10 a 20 mm puede producir pérdidas de hasta el 75% si la semilla está seca y lista para ser cosechada (MARBLE, 1987). Basado en la cantidad de precipitaciones durante la fase de maduración y cosecha de semillas, Ochoa (1980) sugirió la siguiente clasificación de la aptitud de una región para la producción de semilla de alfalfa: excelente: 0-20 mm; muy buena: 20-40 mm; buena: 40-60 mm; regular: 60-80 mm; problemática: 80-100 mm; muy difícil: 100-120 mm; e imposible: > 120 mm.

Si bien la alfalfa es una especie de día largo, la respuesta a la longitud del día también está influenciada por la radiación y la temperatura (FICK et al., 1988). En líneas generales, la formación de flores es favorecida por un mínimo de 12 h de luz, con alta intensidad luminosa y temperaturas mínimas por encima de 20° C (FICK et al., 1988). De acuerdo con Marble et al. (1986), a días más

largos (de 12 a 16 horas) corresponden menores intervalos entre floraciones sucesivas (de 38 a 24 días). Las temperaturas y el fotoperíodo no sólo condicionan el desarrollo de las inflorescencias y la fertilidad del polen y de los óvulos, sino también la actividad de los polinizadores y el crecimiento y la maduración de las vainas (HACQUET, 1986). Temperaturas muy altas o vientos extremadamente secos pueden provocar una significativa caída de flores (“corrimiento”) y/o afectar el desarrollo de las semillas, aumentando la proporción de semillas duras y disminuyendo su vigor (FICK et al., 1988).

11.1.2. Suelo

Aunque la alfalfa se adapta a un amplio rango de condiciones edáficas, los altos rendimientos de semilla se alcanzan en suelos bien drenados, con bajo contenido sales y de una profundidad mínima cercana a 1 m. Los suelos arcillosos, arcillo-limosos o franco-arcillo-limosos, por su mayor capacidad de retención de agua, son preferibles a los arenosos. Deben evitarse los suelos extremadamente arenosos, pedregosos o con algún impedimento (tosca, capa de arcilla endurecida, etc.) cercano a la superficie. Un lote de textura uniforme facilita el manejo de la humedad en el perfil de suelo y la sincronización de los estados de desarrollo del cultivo (RINCKER et al., 1988).

El exceso de humedad en el perfil es perjudicial no sólo porque favorece en demasía el desarrollo vegetativo, sino también porque puede provocar la muerte de plantas por anoxia radical (ausencia de aire en el suelo) o por favorecer el desarrollo de enfermedades (CABRAL et al, 1985). En este sentido, si se utiliza un sistema de riego por surco o inundación, es fundamental conseguir una buena nivelación del terreno a fin de eliminar los encharcamientos y conseguir una distribución uniforme del agua. También es importante conocer la profundidad y la dinámica de la capa freática, dado que los aportes que ésta pueda hacer al cultivo pueden disminuir la cantidad y/o la intensidad de los riegos aplicados a lo largo del ciclo productivo (BRASE, 1987).

El nivel de fertilidad del suelo es determinante para los rendimientos de semilla. Los contenidos de nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S) y boro (B), en ausencia de restricciones hídricas severas, suelen ser los elementos que más limitan el crecimiento y desarrollo de las plantas (DARWICH, 1992). También son importantes potasio (K), magnesio (Mg), zinc (Zn), cobre (Cu), manganeso (Mn) y molibdeno (Mo) (CULOT, 1986; DÍAZ ZORITA; GAMBAUDO, 2007). Las necesidades de fertilización se pueden definir con base a análisis de suelo o tejido vegetal. Otro factor importante es el grado de acidez de los suelos, dado que la alfalfa no puede prosperar a valores de pH < 5. La excesiva acidez del suelo no sólo torna menos disponibles a algunos macronutrientes (como P, N, Ca, Mg y K) sino que también puede aumentar la solubilidad del aluminio (Al) hasta niveles fitotóxicos y perjudicar la fijación simbiótica del N₂ al resentir la actividad de los rizobios (*Ensifer*

meliloti). De ser necesario, la acidez edáfica debe corregirse con la práctica del encalado (DÍAZ ZORITA; GAMBAUDO, 2007).

11.2 Establecimiento del cultivo

11.2.1 Elección del lote y preparación del suelo

La elección del lote a sembrar es muy importante en el proceso de implantación de un alfalfar destinado a la producción de semilla. Se deben elegir lotes planos, con suelos de textura media, profundos, con buen drenaje, sin impedimentos en el perfil (capas compactadas), buen nivel de fertilidad natural, alto contenido en materia orgánica y facilidades de irrigación en cuanto a cercanía a fuentes de agua en cantidad y calidad. Se deben evitar lotes con alta infestación de malezas de difícil control y potencialmente capaces de causar perjuicios a la producción de semilla.

Otro criterio para la elección del lote se deriva de la necesidad aislamiento que deba tener el cultivo, y que se refiere a la distancia mínima que debe existir entre lotes contiguos de alfalfa que pertenezcan a otra variedad o categoría de semilla. El propósito es evitar la contaminación varietal con fuentes externas de polen a fin de preservar la pureza genética del cultivar que está siendo multiplicado.

Una vez elegido el lote a sembrar, las prácticas de preparación del suelo deben ofrecer una cama de siembra fina, firme y libre de terrones. Las capas de suelo duro que pudieren existir (pisos de arado, horizontes densificados, etc.) deben eliminarse con labores profundas previas a la preparación final para la siembra. En caso de utilizarse la siembra directa, se debe prestar especial atención a que el cultivo antecesor provea una adecuada cobertura de rastrojo capaz de permitir una buena distribución de semillas y una adecuada profundidad de siembra.

11.2.2 Época y densidad de siembra

De la misma forma que para la producción de forraje, la mejor época de siembra de un cultivo de alfalfa para semilla debe ser elegida con base en tres factores: temperatura, humedad e incidencia de malezas. La combinación de esos factores sugiere que el otoño es la mejor época de siembra en la gran mayoría de los casos. En Brasil, el período de abril a junio (otoño) es el más indicado para la implantación de la alfalfa, si bien existen necesidades de irrigación (HONDA; HONDA, 1999).

La inoculación de las semillas con *Ensifer meliloti* es una práctica recomendable, particularmente para aquellos suelos en los que no se cultivó alfalfa previamente. Para las condiciones de Brasil y de otros países tropicales, el uso de semilla peletizada (pildorada) -que combina la

inoculación con el uso de un fungicida y un recubrimiento con carbonato de calcio- ofrece ventajas significativas en comparación con el empleo de semilla desnuda, dado que en esas regiones no existe una tradición en el cultivo y que las condiciones edáficas no siempre son propicias para la alfalfa. El uso de semilla peletizada debe considerar la cantidad de material inerte adherido a la semilla, de forma de ajustar correctamente la dosis de siembra que corresponde.

Comparadas con las que se usan para la producción forrajera, las densidades de siembra para la producción de semilla deben ser considerablemente más bajas, recomendándose hasta 1 kg ha⁻¹ en hileras distanciadas entre 0,70 y 1 m (ECHEVERRÍA et al., 1995). Sin embargo, ese valor puede variar notablemente. Por ejemplo, en Australia se usan densidades de siembra más elevadas (4 a 6 kg ha⁻¹) y distanciamientos entre hileras mucho más reducidos (17,5 a 20 cm). En ambientes propicios y con tecnología adecuada el rendimiento de semilla de alfalfa varía entre 700 y 900 kg ha⁻¹.

La profundidad de siembra óptima es de 1,5 a 2 cm en suelos franco-arenosos o de 0,6 a 1,5 cm en suelos franco-arcillosos. Cuando se siembra a profundidades de 2,5 a 3,5 cm la emergencia de las plántulas se reduce significativamente y es casi nula a partir de los 5 cm (SMITH; MELTON, 1967). La siembra demasiado profunda no solo atrasa la emergencia, sino que también incrementa la probabilidad de pérdida de plántulas por ocurrencia de fenómenos meteorológicos desfavorables, invasión de malezas o encostrado del suelo (MARBLE et al., 1986).

11.2.3 Espaciamiento entre hileras

Numerosos trabajos de investigación en los Estados Unidos demostraron que los mayores espaciamientos entre hileras resultaron en más altos rendimientos de semilla que los obtenidos con distanciamientos menores (GOPLIN, 1975; HART, 1980). Esto se debe a que bajo esas condiciones las plantas producen mayor cantidad de néctar y, por lo tanto, son más atractivas para los polinizadores; además, existe un menor índice de aborto de flores. Otras ventajas observadas incluyen el desarrollo de plantas más erectas y abiertas, que facilitan el trabajo de los polinizadores, la penetración de luz hacia el interior de las plantas, el aumento de la temperatura del suelo, la disminución del volcado de tallos, la reducción de la humedad en el follaje (que redundaría en una menor incidencia de enfermedades foliares y daños a la semilla), una mayor eficiencia en el uso de agroquímicos (derivada de una mayor penetración de los productos aplicados), una simplificación en el manejo del riego y la posibilidad de realizar controles mecánicos de las malezas y de plantas voluntarias de alfalfa provenientes de cultivos anteriores, contribuyendo esto último a la pureza genética del cultivar que se está multiplicado (MARBLE, 1987; RINCKER et al., 1988).

El espaciamiento entre hileras más aconsejable varía de 0,9 a 1 m en zonas que posibilitan un más extenso período de crecimiento y de 0,7 a 0,8 m en zonas con período de crecimiento más

acotado. Se recomienda depositar unas 4 a 5 semillas cada 20 o 30 cm a lo largo de la hilera, de forma tal de obtenerse grupos de plantas y no plantas individuales (Figura 1). No obstante, como ya fuera dicho, en algunas zonas productoras de Australia se prefieren densidades de siembra más altas (4 a 6 kg ha⁻¹) y con espaciamientos entre hileras de solo 17,5 a 20 cm.

11.3 Riego

El uso del riego es fundamental en la producción de semilla de alfalfa, pero su utilización correcta es complicada. Debido a que cada situación particular requiere su propio ajuste, el riego es más un arte que una técnica rígida. Entre otros factores, las cantidades y los momentos de aplicación de agua varían en función de la textura y la profundidad de los suelos, de las lluvias recibidas, de la evapotranspiración, de la influencia de capa freática, de la cantidad y calidad del agua disponible, de la densidad del cultivo y de características específicas del cultivar que se está empleando (RINCKER et al., 1987). En consecuencia, la complejidad de las interacciones entre todos estos factores hace que casi imposible la definición de un esquema de riego que sea de aplicación general.

Idealmente, la irrigación debe promover un crecimiento lento y sostenido de las plantas, evitando un desarrollo vegetativo excesivo y favoreciendo el desarrollo reproductivo. El exceso de crecimiento vegetativo, como consecuencia de la aplicación en agua en demasía, aumenta la predisposición de las plantas al vuelco y reduce la producción de flores y su contenido de néctar. Por el contrario, una deficiencia hídrica severa redundaría en un escaso desarrollo vegetativo, baja producción de flores y semillas pequeñas.

En las principales regiones productoras de semilla de alfalfa en el mundo se usan básicamente tres sistemas de riego: surco o inundación, aspersión o goteo. El sistema de riego en surcos requiere de un suelo nivelado, que posibilite una buena distribución del agua y evite la formación de zonas encharcadas que favorecen el desarrollo de enfermedades de raíz y corona. El sistema por aspersión no requiere de suelo nivelado pero la inversión financiera es sensiblemente mayor; además, puede interferir en la polinización. El sistema por goteo (Figura 1) es más eficiente en cuanto al uso del agua y control de malezas, pero demanda una alta inversión inicial; además, la acción de roedores puede dañar los tubos de irrigación.



Figura 1. Grupos de plantas de alfalfa en sistema de riego por goteo.
Foto: Eduardo Echeverría.

11.4 Control de malezas y plagas

Las infestaciones severas de malezas en lotes de producción de semilla de alfalfa pueden reducir significativamente la producción y el resultado económico de la actividad, no sólo por la competencia por luz, agua y nutrientes, sino también por la interferencia en el trabajo de los insectos polinizadores, las complicaciones en la cosecha, el aumento de los costos de producción y las pérdidas durante el procesamiento de la semilla cosechada (DELL' AGOSTINO, 1990; ECHEVERRÍA et al., 1995). La eliminación de las malezas es más simple y económica cuando se lleva a cabo antes de la cosecha de la semilla de alfalfa. Si las malezas tienen la posibilidad de desarrollarse y producir semillas, éstas contribuirán al aumento del banco de semillas del suelo además de que puedan ser recogidas junto con la semilla de alfalfa, exigiendo así su eliminación durante el proceso de limpieza y clasificación. Esto último es una práctica muy difícil, particularmente cuando se trata de semillas de malezas con peso y tamaño similar a los de las semillas de alfalfa.

Un programa racional de control de malezas, tanto en el establecimiento como en cultivos establecidos, debe combinar medidas de prevención con controles culturales, mecánicos y químicos. Una de las medidas más efectivas de prevención es la elección de lotes libres de malezas-problema y con baja o ninguna presencia de malezas perennes.

Si bien el control mecánico es un método económico, su eficacia se restringe al control de malezas anuales. Para llevarlo a cabo se requiere el uso de implementos como rastras de discos, carpidores o cultivadores rotativos, entre otros. Obviamente, un cultivo en hileras distanciadas facilita el empleo del control mecánico. Para decidir el momento y la frecuencia de su uso, el productor debe evaluar tanto el desarrollo del cultivo y de las malezas como el daño que se puede ocasionar a la alfalfa. Por lo tanto, para correr un menor riesgo de daño al cultivo es conveniente que se utilice un tractor de ruedas estrechas. El control mecánico también puede ser útil en la eliminación de plántulas de alfalfa voluntarias provenientes de cultivos anteriores, así como también para mejorar la infiltración del agua de riego en el perfil del suelo (ECHEVERRÍA et al., 1995).

El control con herbicidas selectivos es relativamente efectivo y duradero pero exige un mayor grado de planificación y conocimiento que el requerido para el control mecánico. Moschetti et al. (2007) describieron los herbicidas que se han empleado en la producción de semilla de alfalfa: A - **Preparación del lote:** *glifosato* (2 a 4 l ha⁻¹) para malezas perennes y *paraquat* (500 a 750 g ha⁻¹) para malezas anuales; B - **Establecimiento del cultivo:** a) en pre-siembra incorporados: *trifluralina* (550 a 900 g ha⁻¹) y *EPTC* (2.500-3.000 g ha⁻¹); b) en preemergencia: *metazol* (1500 a 1800 g ha⁻¹) y *flumetsulam* (50 a 70 g ha⁻¹); y c) en postemergencia: i) latifoliadas (dicotiledóneas o de "hoja ancha"): *2,4-DB* (750 a 1.000 g ha⁻¹); *bromoxinil* (350 a 550 g ha⁻¹); y *flumetsulam* (35 g ha⁻¹) o *bentazon* (300 a 500 g ha⁻¹), generalmente combinados con 2,4-DB para controlar malezas poco sensibles o resistentes a este último; ii) gramíneas (monocotiledóneas): *cletodim*, *fenoxaprop-p-etilo*, *fluazifop-p-butilo*, *haloxifop-metil*, *quizalofop-etilo*, *quizalofop-p-etilo* y *setoxidim* (DELL'AGOSTINO, 1990; DELL'AGOSTINO et al., 1987); y C - **Cultivos establecidos:** a) durante el reposo invernal y aplicados en preemergencia de malezas: *diurón* (2.000-2.400 g ha⁻¹), *terbacil* (800 a 1.000 g ha⁻¹), *metribuzin* (550 a 750 g ha⁻¹) y *propizamida* (1.000 a 2.000 g ha⁻¹); y b) en post-emergencia: *2,4-DB*, *bromoxinil*, *flumetsulam* (25 a 35 g ha⁻¹), *imazetapir* (80 a 100 g ha⁻¹), *clorimurón etilo* (5 a 7,5 g ha⁻¹), *bentazon* (300 a 500 g ha⁻¹) y *glifosato* (500 a 1000 g ha⁻¹) aplicado durante los meses sin rebrote activo del cultivo. Todos los productos mencionados anteriormente aún no han sido aprobados en Brasil por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento (MAPA) para ser usados en alfalfa, pero están indicados en Argentina y otros países de la región.

Especial consideración debe darse para el control de una maleza muy problemática para la producción de semilla de alfalfa: la cuscuta (*Cuscuta* spp.). Esta especie es una planta anual y parásita que suele aparecer en forma de manchones aislados y que, si no se controlan, puede llegar a invadir todo el lote. El control preventivo incluye el uso de semillas sin cuscuta; la limpieza adecuada de maquinaria y vehículos de transporte al final de la cosecha de cada lote; el control de malezas hospedantes en caminos, alambrados y canales de riego, y el no pastoreo de lotes contaminados

(DELL'AGOSTINO, 1990). Cuando aparecen manchones de cuscuta es esencial eliminarlos antes que las plantas florezcan y produzcan semillas. Para ello, el productor debe cortar las plantas de alfalfa parasitadas por debajo del punto de adherencia de la cuscuta, dejarlas secar y luego retirarlas del lote y destruirlas. Otra alternativa es cortar las plantas de cuscuta y quemarlas después de haberse secado. El productor también puede optar por quemar directamente el sector infestado con un lanzallamas o aplicar un herbicida de contacto (*paraquat*) para quemar el área tratada después que se haya secado. En todos los casos es recomendable tratar un área más grande que el manchón que se quiere controlar a fin de evitar la permanencia de plantas parasitadas en el cultivo (DELL'AGOSTINO, 1990). En cuanto al control químico, se pueden utilizar varios productos. El *glifosato*, en dosis muy bajas (75 a 150 g ha⁻¹), permite un control selectivo de la cuscuta cuando ya está adherida al huésped (DAWSON, 1986). En el caso de lotes ya invadidos y con una gran cantidad de semillas de cuscuta en el suelo, los herbicidas *propizamida* (1 a 2 kg ha⁻¹), *trifluralina* (granulada y a dosis muy altas), *cloroprofan*, *pendimetalin* o herbicidas inhibidores del crecimiento de parte aérea y raíces (como la *dinitroanilina*) se han utilizado con éxito en los Estados Unidos en aplicaciones de preemergencia (DELL'AGOSTINO, 1990).

El control de plagas también es muy importante, particularmente de aquellas que atacan las vainas y las semillas, como es el caso de las chinches (*Nezara viridula* y *Piezadorus guildinii*) y de la avisipita de la alfalfa (*Bruchophagus rodii*). Además, se deben controlar otras plagas, como pulgones e isocas, que al alimentarse del follaje debilitan a las plantas y disminuyen la producción de semillas.

11.5 Polinización

Para producir semilla en cantidad y calidad la alfalfa requiere de polinización cruzada (alogamia). La disposición de los órganos florales hace necesario un mecanismo que libere los órganos sexuales (pistilo y estambres) de la parte interna de la flor, actividad que es realizada por varias especies de insectos (MARTÍNEZ, 1987). De este modo, cuando los órganos sexuales de las plantas golpean el abdomen del insecto el estigma entra en contacto con el polen proveniente de otras flores. Mecanismos de auto-incompatibilidad y auto-esterilidad presentes en la alfalfa favorecen la alogamia (VIANDS et al., 1988).

Una polinización deficiente es uno de los factores que más dificultan la producción de semilla de alfalfa. En ausencia de insectos polinizadores la gran mayoría de las semillas provienen de autofecundación, lo que dará origen a plantas con poco vigor que, en consecuencia, generarán cultivos de baja producción de forraje y semilla. Mientras que con autofecundación solamente el 35% de las

flores fecundadas formarán vainas, con polinización cruzada ese porcentaje asciende a 60%. En general, rendimientos de semilla de 50 a 150 kg ha⁻¹ y 1 a 3 semillas vaina⁻¹ son indicativos de un alto nivel de autofecundación. Por el contrario, rendimientos por encima de los 500 kg ha⁻¹ y con hasta 9 semillas vaina⁻¹ indican polinización cruzada (MOSCHETTI et al., 2007).

Las abejas son los insectos de mayor valor como polinizadores de alfalfa. Existen varias especies importantes: abeja melífera (*Apis mellifera*), abeja cortadora de hojas (*Megachile rotundata*) y abeja alcalina (*Nomia melanderi*) (MARBLE et al., 1986). La abeja melífera es la más conocida y la más fácil de manejar, pero no es muy eficiente para desenlazar flores de alfalfa. La abeja cortadora de hojas es mucho más eficiente, pero debe importarse desde Estados Unidos o Canadá, lo que está prohibido en Argentina por no ser una especie nativa. La abeja alcalina es también muy eficiente pero su empleo solo es posible en áreas específicas del Estado de Washington (EE.UU.).

La actividad de las abejas depende de muchos factores, entre ellos: las condiciones ambientales; la proximidad de otras fuentes competitivas de polen; la forma, el tamaño y el color de las flores; y el uso de insecticidas en ese u otros lotes vecinos (MARTÍNEZ et al., 1983). Las bajas temperaturas, los fuertes vientos, el cielo nublado y la lluvia retardan el vuelo de las abejas y dificultan la recolección de polen o néctar (MARTÍNEZ, 1987). También es importante considerar la capacidad de vuelo de cada especie a fin de definir los necesarios aislamientos para evitar contaminaciones.

11.5.1 Polinización con abejas melíferas

En los semilleros de alfalfa las abejas obreras son principalmente recolectoras de néctar (MARTÍNEZ et al., 1983) y si bien visitan las flores rápidamente (alrededor de 14 minuto⁻¹) evitan el mecanismo de desenlace, llegando a fecundar sólo el 1% de las flores visitadas. Por el contrario, las recolectoras de polen –que constituyen del 1 al 5% de la población de la colmena y que trabajan más lentamente (8 flores minuto⁻¹)- desenlazan el 80% de las flores visitadas, lo que hace que polinicen un promedio de 384 flores hora⁻¹ y que sean 45 veces más eficientes como polinizadoras que las recolectoras de néctar (MARTÍNEZ, 1988). Las recolectoras de polen alcanzan su pico de actividad entre los 32 y los 44° C, mientras que las recolectoras de néctar lo hacen entre los 32 y los 35° C (FRANKLIN, 1951).

11.6 Cosecha

Hay dos métodos básicos de cosecha de semilla de alfalfa: a) corte, hilerado y posterior recolección y trilla; y b) cosecha directa, previa aplicación de un defoliante. El primero se utiliza cuando se trabaja con cultivares de maduración tardía que presentan un porcentaje significativo de

vainas inmaduras y una alta proporción de semillas verdes, que terminarán de madurar en la andana (MOSCHETTI; DELL'AGOSTINO, 1982). A su vez, la cosecha directa permite reducir la incidencia de los factores ambientales tales como lluvias, alta humedad relativa (que puede ocasionar semillas ardidas o manchadas) y vientos (que pueden esparcir el material de las hileras) (DELL'AGOSTINO, 1990).

Cuando el corte e hilerado se realiza en condiciones de baja humedad relativa y vientos fuertes, las pérdidas pueden exceder el 50% de la semilla a cosechar (MARBLE, 1976; GOSS et al., 1979). Los desecantes químicos que se usan en la cosecha directa posibilitan un secado rápido y homogéneo del cultivo y disminuyen los riesgos que se asumen con el secado natural.

Si se emplea el sistema de hilerado, el cultivo debe ser cortado cuando cerca del 70% de las vainas presentan una coloración marrón oscura, pero antes que comiencen a abrirse. La operación debe ser hecha durante las horas del día con mayor humedad ambiente o cuando las hojas están humedecidas por efecto del rocío (STANGER; THORP, 1974). La semilla está lista para ser trillada cuando el grado de humedad del follaje oscila entre 12 y 18% (BUNNELLE et al., 1954). Bajo condiciones óptimas de trabajo, las pérdidas en la barra de corte de la corta-hileradora no deben superar los 10 kg ha⁻¹.

Para la implementación del sistema de cosecha directa, el desecante químico debe aplicarse cuando al menos el 80-85% de las vainas presentan un color marrón oscuro. Para una aplicación más eficiente del desecante, las plantas deben presentar un crecimiento abierto y erecto y el contenido de humedad del suelo debe ser bajo, a fin inhibir el rebrote desde la corona (MARBLE, 1976). Si el cultivo es muy denso y presenta abundante follaje, o si está muy enmalezado, es más eficaz efectuar dos aplicaciones separadas 2-4 días una de otra (MOSCHETTI; DELL'AGOSTINO, 1979). Para evitar pérdidas por dehiscencia (apertura de vainas), la cosecha debe iniciarse cuando el tenor de humedad de las hojas y las vainas se sitúa en el rango de 15-20% o de alrededor del 50% en los tallos. En áreas con altas temperaturas la cosecha debe realizarse 3-5 días después de la aplicación del desecante, mientras que en áreas con temperaturas más bajas pueden ser necesarios entre 5 a 12 días (MARBLE, 1976). Si la maquinaria de trilla está bien regulada, las pérdidas de cosecha raramente pasan los 10-20 kg ha⁻¹ (GOSS et al., 1977 y 1979).

Los desecantes químicos o defoliantes son productos de contacto que no se translocan en la planta ni afectan el sistema radicular o la corona. Su efecto es temporario y por lo tanto no afectan el rebrote posterior de la alfalfa. Los más usados son **diquat** y **paraquat**, en dosis de 1 a 4 l ha⁻¹ de producto formulado, con un volumen de agua no menor a 100 l ha⁻¹ en aplicaciones terrestres y 20-25 l ha⁻¹ en aplicaciones aéreas. Se recomienda el agregado de un mojante no iónico al 0,10% o

0,50%. La efectividad de estos productos se ve incrementada cuando la aplicación es sucedida por un período de horas sin luz (fin de la tarde) que favorece una mayor penetración del producto en las plantas (MOSCHETTI; DELL'AGOSTINO, 1990). Si bien la aplicación de desecantes químicos no afecta la calidad ni el valor cultural de la semilla de alfalfa (MOSCHETTI; DELL'AGOSTINO, 1990), puede ocasionalmente aumentar la proporción de semillas duras (NAVARRETE, 1967). En la mayoría de los casos, para una mayor seguridad de cosecha y una disminución de las pérdidas, el uso de desecantes químicos es económicamente viable a pesar de su precio relativamente elevado.

Durante la cosecha es necesario regular cuidadosamente la maquinaria, especialmente la cosechadora, a efectos de evitar pérdidas elevadas en cantidad y calidad de semilla de alfalfa (STEPHEN; MOSCHETTI, 1976).

Referencias

- BRASE, R. J. Growing alfalfa seed on a perched water table. In: ALFALFA SEED PROD.SYMPOSIUM, 1987, Fresno. **Proceedings...** Fresno: University of California, 1987. Coop. Ext., p. 49-51.
- BUNNELLE, P. R.; JONES, L. G.; GOSS, J. R. Seed harvest some grass and legume **Crops. Agr. Eng.** v.35, p. 554-558, 1954.
- CABRAL, D. R.; PEREYRA, J. A.; OCHOA, M. A. **Alfalfa. Producción de semillas.** Buenos Aires: INTA - Dirección Regional Mendoza, 1985. 24 p. (Folleto, 78).
- CULOT, J. P. H. Nutrición mineral y fertilización en el ambiente de la Región Pampeana. In: BARIGGI, C.; ITRIA, C. D.; MARBLE, V. L.; BRUN, J. M. (Ed.). **Investigación, Tecnología y Producción de Alfalfa.** Buenos Aires: INTA, 1986. p. 81-117.(Colección Científica).
- DÍAZ ZORITA, M.; GAMBUADO, S. Fertilización y encalado en alfalfa. In: BASIGALUP, D. H. (Ed.). **El Cultivo de la Alfalfa en la Argentina.** Buenos Aires: Ediciones INTA, 2007. Cap. 11, p.227-246.
- DARWICH, N. Fertilización de Praderas. In: CONGRESO MUNDIAL SOBRE PRODUCCIÓN, UTILIZACIÓN Y CONSERVACIÓN DE FORRAJES EMPLEADOS EN LA ALIMENTACIÓN DE LA GANADERÍA VACUNA – Forrajes, 1992, Buenos Aires - **Anales.** Buenos Aires, 1992. p. 77-86.
- DAWSON, J. H. Dodder control in alfalfa. In: ANNUAL CALIFORNIA WEED CONFERENCE, 38., 1986. **Proceedings...** Fresno: University of California, 1986. p. 149-153.
- DELL' AGOSTINO, E. **Control de malezas en el cultivo de alfalfa para semilla.** In: Primeras Jornadas de Producción de Semilla de Alfalfa. Mendoza: INTA-Centro Regional Cuyo, 1990. p. 68-72. (Agro de Cuyo – Jornadas, 2).p. 68-72.
- DELL' AGOSTINO, E.; MOSCHETTI, C. J.; MARTINEZ, E. M. **Producción de semilla de alfalfa en el valle bonaerense del Río Colorado.** Buenos Aires: INTA - EEA Hilario Ascasubi, 1987. 10 p. (Boletín de Divulgación, 8).
- ECHEVERRÍA, E. M.; MOSCHETTI, C. J.; MARTÍNEZ, E. M. 1995. Producción de semilla de alfalfa. In: HIJANO, E.; NAVARRO, A. (Ed.). **La Alfalfa en la Argentina.** Buenos Aires: INTA, 1995. (Sub-Programa Alfalfa. Enciclopedia Agro de Cuyo, Manuales 11). Cap. 11, pp. 207-238.
- ECHEVERRÍA, E. M. 1993. **Determinación del potencial de semilla de cultivares de alfalfa.** In: IV Jornadas Nacionales de Alfalfa y I Simposio Nacional de Alfalfa. Resúmenes. Villa María, Córdoba, Argentina. Octubre 20-22, pp. 57-58.
- FICK, G. W.; HOLT, D. A.; LUGG, D. G. Environmental physiology and crop growth. In: HANSON, A.

A.; BARNES, D.K.; HILL, R.R. (Ed.). **Alfalfa and Alfalfa Improvement**. Madison: ASACSSA-SSSA. 1988. Cap. 5, p. 163-194 (Agronomy Series, 29).

FRANKLIN, W. W. **Insects affecting alfalfa seed production in Kansas**. Kansas: Kansas Agric. Exp. Station, 1951. 70 p.

GOPLEN, B. P. Row spacing for alfalfa seed production. **Agric. Canada Res. Branch. Forage Notes** v. 21, n. 1, p. 6, 1976.

GOPLEN, B. P. Wide row spacing for alfalfa seed production is important. **Agric. Canada Res. Branch. Forage Notes** v.13, p. 20, p. 18-19, 1975.

GOSS, J. R.; KUMAR, R.; SHEESLEY, R.; CURLEY, R. G. Improvement of harvesting alfalfa seed in California. In: ALFALFA SEED PROD. SYMPOSIUM, 1977, Fresno. **Proceedings...** Fresno: University of California. Coop. Ext., 1977. p. 24-33. 180 181

GOSS, J. R.; SHEESLEY, R.; KUMAR, R.; MEHLSCHAU, J. J. Harvest equipment innovations for saving alfalfa seed. In: ALFALFA SEED PROD. SYMPOSIUM, 1979, Fresno. **Proceedings...** Fresno: University of California. Coop. Ext., 1979. p. 24-33.

HACQUET, J. La Luzerne Porte-graine. **Bulletin Semences**, n. 94 (Suppl. 1), p. 1-28, 1986.

HART, R. H. Spacing and competition among high and low yielding clones of alfalfa. **Can. J. Plant Sci.**, v. 60, p. 1157-1162, 1980.

HONDA, C.S.; HONDA, A. M. **Cultura da Alfafa**. 2. Ed. Cambará: IARA Artes Gráficas, 1999. p. 45-46.

MARBLE, V. L. Management of alfalfa for seed production. In: INTERNATIONAL SEED CONFERENCE, 1987, Tune. **Abstracts...** Tune, Denmark, 1987. 5 p.

MARBLE, V. L. Manejo del cultivo de alfalfa para producción de semilla. In: SIMPOSIO DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE ALFALFA. **IDIA**, n. 391-392, p. 6-23, 1980.

MARBLE, V. L. **Producing alfalfa seed in California**. Los Angeles: University of California, Div. of Agr. Sci., 1976. 16 p.

MARBLE, V. L.; OCHOA, L. H.; MOSCHETTI, C. J. Producción de semilla de alfalfa. In: BARIGGI, C.; ITRIA, C. D.; MARBLE, V. L.; BRUN, J. M. (Ed.). **Investigación, Tecnología y Producción de Alfalfa**. Buenos Aires: INTA, 1986. Cap. 11, p. 371-442. (Colección Científica).

MARTINEZ, E. M. 1987. **Polinización**. Conceptos básicos para productores de semilla y apicultores del V.B.R.C. Buenos Aires: INTA - EEA Hilario Ascasubi, 1987. 8 p. (Boletín de Divulgación, 9).

MARTINEZ, E. M. **Polinización de alfalfa (*Medicago sativa* L.): Utilización de abeja melífera (*Apis mellifera* L.)**. Buenos Aires: INTA - EEA Hilario Ascasubi, 1988. (Hoja Informativa, 8), 5 p.

MARTINEZ, E. M.; GARCIA, J. M.; BARBOSA, M.; AGUIAR, M. T. **Estudio del aporte polinífero en colmenas como método para evaluar la incidencia de la floración competitiva en un cultivo de alfalfa para semilla**. Buenos Aires: INTA - EEA Hilario Ascasubi, 1983. 15 p. (Informe Técnico, 25)

MOSCHETTI, C. J.; DELL'AGOSTINO, E. **La cosecha directa de semilla de alfalfa**. Buenos Aires: INTA - EEA Hilario Ascasubi, 1990. 4 p. (Hoja Informativa, 16).

MOSCHETTI, C. J.; DELL'AGOSTINO, E. **La cosecha de semilla de alfalfa**. Revisión Bibliográfica. Buenos Aires: INTA EEA Hilario Ascasubi, 1982. 13 p. (Informe Técnico, 24).

MOSCHETTI, C. J. y E. DELL'AGOSTINO. 1979. El uso de desecantes en la cosecha de semilla de alfalfa. INTA - EEA Hilario Ascasubi (Argentina). **Boletín Técnico**. N° 18, 12 p.

MOSCHETTI, C. J.; MARTÍNEZ, E. M.; ECHEVERRÍA, E. M.; ÁVALOS, L. M. Producción de semilla de alfalfa. In: BASIGALUP, D. H. (Ed.). **El Cultivo de la Alfalfa en la Argentina**. Buenos Aires: Ediciones INTA, 2007. p. 405-448.

NAVARRETE, S. E. **Usos de desecantes en producción de semilla de trébol rosado**. Santiago: Facultad de Agronomía. Universidad Católica de Chile, 1967, 42 p.

OCHOA, L. H. La producción de semilla de alfalfa en la Provincia de Santiago del Estero. In: SIMPOSIO DE PROD. DE SEMILLA DE ALFALFA. **IDIA**, n. 391-392, p. 78-87, 1980.

RINCKER, C. M.; MARBLE, V. L.; BROWN, D. E.; JOHANSEN, C. A. Seed Production Practices. In: HANSON, A. A.; BARNES, D.K.; HILL JUNIOR, R. R. (Ed.). **Alfalfa and Alfalfa Improvement**. Madison: ASA-CSSA-SSSA, 1988. p. 985-1021. (Agronomy Series, 29).

RINCKER, C. M.; JOHANSEN, C. A.; MORRISON, C. A. Alfalfa Seed Production in Washington. Bellingham: Washington State University, Coop. Ext., 1987. 12 p. 181 182

SMITH, D. L.; MELTON, B. A. **Alfalfa seed productions studies**. New Mexico: New Mexico Agric. Exp. Sta., 1967. 12 p. (Bull. 516).

STANGER, W.; THORP, R. W. **Honey bees in alfalfa pollination**. Los Angeles: California University Coop. Ext., 1974. 4 p. (AXT 228).

STEPHEN, W. P.; MOSCHETTI, C. J. **La cosecha de semilla de alfalfa**. Proyecto Programa Alfalfa. Buenos Aires: FAO-INTA, 1976. pp. 6-19. (Boletín, 1).

VIANDS, D. R.; SUN, P.; BARNES, D. K. Pollination Control: Mechanical and Sterility. In: HANSON, A. A.; BARNES, D.K.; HILL JUNIOR, R. R. (Ed). **Alfalfa and Alfalfa Improvement**. Madison: ASA-CSSA-SSSA, 1988. cap. 30, p. 931-960. (Agronomy Series, 29).

3. Utilización en la alimentación

CAPÍTULO 12. PRODUCCIÓN DE HENO, PELLETS, SILAJE Y PRE-SECADO.

Ana Cláudia Ruggieri, Raquel Ornelas Marques y Ricardo Andrade Reis

En los sistemas de producción animal que tienen por base la utilización de pasturas normalmente se observan irregularidades tanto en la oferta como en la calidad de forraje a lo largo del año. En ese contexto, la adopción de prácticas eficientes de producción y conservación de forraje de elevado valor nutritivo –como el ensilaje y la henificación- permite explotar de modo más completo el potencial productivo de las especies forrajeras.

Cada sistema de conservación de forraje ofrece sus ventajas y desventajas. El ensilado requiere de intensa mecanización en la confección y en el suministro a los animales, pero puede ahorrar mano de obra. Además, el forraje picado es fácilmente utilizable para la conformación de raciones totalmente mezcladas. Como desventajas, el ensilado precisa de más energía para la cosecha y la manipulación y de una gran inversión en maquinaria e infraestructura de almacenamiento. Sin embargo, el ensilado y la henificación no deben compararse en términos de eficiencia ni de calidad de producto dado que son procesos de conservación que generan forrajes de características nutricionales distintas, a punto tal que en muchos casos heno y silaje pueden ser usados de manera complementaria en la dieta (CÂNDIDO et al., 2008).

Además de las prácticas de conservación ya mencionadas hay otros dos procesos que merecen ser destacados: la pelletización de forraje deshidratado y el ensilado de forraje pre-secado, conocido en los Estados Unidos como *haylage* (henolaje), que apuntan principalmente a minimizar la pérdida de hojas que surge del proceso de henificación y producir, por lo tanto, un forraje conservado de mejor calidad nutricional.

12.1 Corte de forraje para conservación

A medida que las plantas crecen se producen alteraciones que resultan en la elevación de los tenores de compuestos estructurales -tales como celulosa, hemicelulosa y lignina- y disminución de los contenidos celulares. Adicionalmente, es importante señalar que la disminución de la relación hoja/tallo resulta también en modificaciones de la estructura de las plantas. De esa forma, es esperable que las plantas con avanzado estado de desarrollo presenten menor contenido de nutrientes potencialmente digeribles que serán absorbidos menos fácilmente durante el proceso de digestión.

Una vez establecida la alfalfa se recomienda hacer el primer corte con 80% de floración, favoreciendo así la formación de la corona y la acumulación de carbohidratos. Los cortes subsecuentes deben hacerse al 10% de floración o, en caso de no haber condiciones para la floración, cuando los rebrotes de la corona alcancen los 5 cm. La altura de corte deberá ser de 8 a 10 cm del suelo y el corte debe efectuarse por la mañana, después de la evaporación del exceso de rocío.

12.2 Heno

El principio básico de la henificación se resume en la conservación del valor nutritivo del forraje por medio de una rápida deshidratación a fin de que la actividad respiratoria de las plantas y de los microorganismos se paralice. Así, la calidad del heno está asociada a factores relacionados con las plantas que serán henificadas, a las condiciones climáticas que ocurran durante el secado y al sistema de almacenamiento empleado. Las operaciones involucradas en la henificación incluyen, además de las prácticas comunes a los lotes destinados a la producción de alfalfa (como implantación del cultivo y aplicación de fertilizantes), otras prácticas específicas como son corte, rastrillado, hilerado (formación de andanas), enfardado y recolección y almacenamiento de fardos.

Para la producción de heno de alto valor nutricional deben observarse algunos factores básicos: cortar cuando las condiciones climáticas sean las apropiadas para el secado; cosechar el forraje en el estadio de desarrollo en el que el valor nutritivo sea máximo; cortar una cantidad de forraje que pueda procesarse según el equipamiento y la mano de obra disponibles; controlar las malezas; usar apropiada maquinaria de corte y manipulación de forraje en el campo; enfardar cuando el tenor de humedad del forraje alcance 18%; y almacenar en un lugar apropiado (Figura 1).



Figura 1. Maquinaria de henificación (A), heno de alfalfa (B) y lugar apropiado para el almacenamiento (C).
Foto: Raquel Ornelas Marques.

De acuerdo con Rotz (1995), el cultivo a ser cortado para henificar debe tener un contenido de humedad del 70 al 80%. Cuando el forraje es cortado y esparcido en el campo para su secado hay una repentina interrupción de la transpiración (HARRIS; TULLBERG, 1980). La eliminación del suministro de agua por parte de las raíces y una evaporación continua desde la superficie foliar llevan

a un pre-marchitamiento, secado y muerte de las células. Durante el secado prosigue alguna actividad enzimática de modo que algunos nutrientes pueden perderse. En consecuencia, cuanto más rápidamente ocurra el secado menor será la pérdida de valor nutritivo.

En el proceso de secado, cuando el forraje está en la andana, la pérdida progresiva de agua y el sombreado promueven el cierre estomático, lo que resulta en un aumento de la resistencia a la deshidratación. Aunque los estomas se cierran en aproximadamente una hora después del corte, cuando las plantas poseen de 65 a 70% de humedad, entre el 20 y el 30% de esa agua se pierde durante la primera fase de secado (MACDONALD; CLARK, 1987).

Después del cierre estomático, entre el 70 y el 80% del agua deberá ser perdida a través de la cutícula, cuya función es prevenir la pérdida de compuestos de la planta por lixiviación y proteger la planta contra la abrasión y contra los efectos de las heladas y de la radiación. En la fase final del secado, la membrana celular pierde su permeabilidad selectiva y entonces ocurre la pérdida de agua. Esta fase se inicia cuando el tenor de agua en la planta alcanza aproximadamente el 45%, momento en que está menos influenciada por el manejo y es más sensible a las condiciones climáticas que las fases anteriores, principalmente a la humedad relativa del aire.

Factores como condiciones climáticas, estructura de la planta, maquinaria de corte y de manipulación del forraje, uso de acondicionadores químicos y tipos de secado deben ser considerados porque interfieren en el proceso de secado. Las principales variables atmosféricas a tener en cuenta son radiación solar, temperatura, humedad del aire y velocidad del viento. Según Rotz (1995), los factores referidos a la planta que pueden afectar la tasa de secado son el contenido inicial de agua y las características físicas del forraje. El espesor de la cutícula, el diámetro y la longitud de los tallos y la relación hoja/tallo pueden impactar la velocidad de secado de la alfalfa.

Muchas características relacionadas a la estructura de las plantas inciden sobre la tasa de pérdida de humedad. Referido a la proporción de tallos es importante considerar que la transferencia de agua desde esa fracción a las hojas es un factor significativo respecto de la velocidad de secado. La aplicación de tratamientos mecánicos a los tallos, como el acondicionado, resulta en una alta tasa de secado y es ventajosa incluso si la pérdida de agua desde los tallos a través de las hojas fuese reducida (ROTZ, 1995; 2001). Es un hecho reconocido que las hojas de la alfalfa secan más rápidamente que los tallos, que son más densos, y que ese secado más rápido de las hojas contribuye a la destrucción y a la pérdida mecánica de los tejidos foliares más nutritivos (HARRIS; TULLBERG, 1980).

Otro punto importante para considerar es la maquinaria de corte y de manipulación del forraje a utilizar. Durante muchos años las segadoras con barra de corte de movimiento alternativo se han usado por ser básicamente máquinas simples y de bajo costo. La desventaja de ese equipamiento es

su baja velocidad de operación, además de provocar laceración de los tallos, lo que perjudica el rebrote y reduce la persistencia del stand de plantas (ROTZ, 2001). Las segadoras de disco rotativo desarrollan mayor velocidad que las anteriores pero su desempeño está limitado por la habilidad del operador, siendo la mayor desventaja su alto costo de operación, dado que requieren cuatro veces más potencia que las anteriores.

Las segadoras con acondicionador mecánico promueven el quebrado de los tallos, lo que acelera la tasa de secado porque aumentan la pérdida de agua de esa fracción y reducen a la mitad el tiempo de secado del forraje (RAYMOND et al., 1991; ROTZ, 1995). Las desbrozadoras (desmalezadoras) de hélice no deben usarse en el proceso de corte porque además de lacerar los tallos, pican el forraje dificultando su recolección y originando pérdidas sustanciales de materia seca.

La altura de corte influye sobre la porción de tallos remanentes en el cultivo y determina la circulación de aire en la base de la andana. Las andanas generadas por la mayoría de las segadoras con compactas y altas, lo que limita la pérdida de agua durante la fase inicial de secado. El uso de rastrillos puede aumentar la tasa de deshidratación. De este modo, la pérdida de agua durante la segunda fase de secado puede acelerarse si la compactación de la andana fuera reducida por el volteo que genera el empleo de rastrillos (ROTZ, 2001).

En el proceso de secado de la alfalfa a campo, la parte superior de la andana se deshidrata más rápidamente que la base. De esa forma, el movimiento de la andana puede acelerar y uniformar el secado a través del volteo de la parte más húmeda hacia la parte superior y también por el esparcido del forraje, lo que aumenta la superficie de contacto con el ambiente (ROTZ, 2001). La utilización de rastrillos que promuevan la inversión de andanas de leguminosas es beneficiosa después de lluvias o cuando las condiciones de secado son inadecuadas (ROTZ, 1995).

Otros tipos de secado, como el artificial o a la sombra, también deben ser considerados. El secado artificial propicia la obtención de heno de calidad superior y con pocas pérdidas. El secado puede ser hecho mediante ventilación forzada o con aire caliente generado por quemadores especiales (CÂNDIDO et al., 2008). El empleo de galpones para complementar el secado de forraje marchitado disminuye los riesgos de pérdidas y resulta en un heno de mayor calidad. Para prevenir el calentamiento y el desarrollo de hongos se debe remover el forraje en forma periódica. Los secadores tipo “barcaza”, con ventilación forzada de aire, sea a temperatura ambiente o calefaccionado, es una alternativa interesante para regiones húmedas o para períodos del año en que lluvias intensas y prolongadas dificultan o impiden el secado a campo (MARTINS; VILELA, 2008).

12.2.1 Pérdidas durante el proceso de secado

Las pérdidas de nutrientes se inician inmediatamente después del corte y algunas alteraciones bioquímicas durante el secado son inevitables. En ese contexto, la eliminación de agua tan rápido como sea posible resultará en disminuciones de esas pérdidas (MUCK; SHINNERS, 2001; REES, 1982). Diferentes tipos de pérdidas pueden ocurrir en la recolección del forraje, además de aquellas consideradas inevitables tales como las derivadas de la respiración celular, la fermentación, la lixiviación de nutrientes, la degradación de compuestos nitrogenados y la oxidación de vitaminas.

Las enzimas hidrolíticas y las enzimas respiratorias presentes en las células vegetales continúan activas hasta que se produzca una reducción acentuada del contenido de agua de las células, umbral que según MacDonald y Clark (1987) y Rees (1982) es de 35% a 40%. Si la planta permaneciera respirando, ocurriría pérdida de carbohidratos solubles, lo que redundaría en una menor calidad del heno. Otros compuestos, como lípidos y proteínas, pueden utilizarse en la respiración cuando se agotan los carbohidratos solubles.

Las pérdidas por lluvias durante el secado a campo pueden llegar a más del 30% de la materia seca (MS). Los principales factores que afectan las pérdidas por lixiviación están relacionados con la cantidad, la intensidad y la duración de las lluvias. Factores inherentes al cultivo, tales como el contenido de agua de las plantas al momento de las precipitaciones, el estado de madurez, la relación hoja/tallo y la densidad de la andana impactan fuertemente en las pérdidas de MS (MACDONALD; CLARK, 1985; MOSER, 1995; MUCK; SHINNERS, 2001).

Durante el secado, y como consecuencia de la actividad respiratoria, las concentraciones de proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina pueden aumentar en términos proporcionales dado que los resultados con expresados en porcentaje. Además, pueden ocurrir pérdidas de compuestos nitrogenados, ya que el desdoblamiento de proteínas en presencia de humedad es muy rápido y la extensión de la degradación está influenciada por el tiempo de secado (MOSER, 1995). Las pérdidas de compuestos nitrogenados son menores que las de los carbohidratos solubles.

El secado al sol disminuye los contenidos de vitaminas A, C y E como consecuencia de la oxidación y el quemado (MOSER, 1995). Las pérdidas de minerales, como fósforo y calcio, son generalmente pequeñas, aunque la exposición prolongada en el campo puede intensificarlas; también la ocurrencia de lixiviación, quebrado de hojas y otros procesos físicos indirectos pueden aumentar la pérdida de minerales.

12.2.2 Almacenamiento

Las principales causas de pérdidas de materia seca durante el almacenamiento de heno con alto tenor de humedad están relacionadas con la continuidad de la respiración celular y con el desarrollo de bacterias, hongos y levaduras. Tanto la respiración celular como el crecimiento de microorganismos utilizan carbohidratos solubles, compuestos nitrogenados, vitaminas y minerales, lo que resulta en una disminución del valor nutricional del heno.

Condiciones de alta humedad y de temperatura de heno por encima de los 55° C favorecen la ocurrencia de reacciones no enzimáticas entre los carbohidratos solubles y el grupo amina de los aminoácidos, dando lugar a compuestos derivados de la llamada reacción de Maillard (MOSER, 1980; 1995).

De acuerdo con Moser (1995), el análisis de henos almacenados con humedad por arriba del 15% y que sufrieron calentamiento evidencia algunos cambios de color asociados con la actividad de microorganismos y las altas temperaturas. El color verde, presente inicialmente en los henos húmedos, cambia a diferentes tonos de marrón. La extensión de las alteraciones de color da indicios sobre la intensidad del calentamiento que se produjo durante el almacenamiento y la ocurrencia de la reacción de Maillard.

Las plantas forrajeras que crecen en el campo están naturalmente inoculadas con una amplia gama de hongos y bacterias. Es importante considerar que, además de las alteraciones en la composición química, el desarrollo de hongos puede ser perjudicial para la salud de los animales y de las personas que manipulan estos henos debido a la producción de toxinas, especialmente de aquellas relacionadas con hongos patógenos como *Aspergillus glaucus* y *Aspergillus fumigatus* (MOSER, 1995; REIS; RODRIGUES, 1998).

Como consecuencia de las pérdidas de heno y del aumento de la población de microorganismos que pueden ocurrir durante el almacenamiento es necesario tomar algunas precauciones. Según Costa y Resende (2006) el heno debe ser almacenado en galpones aireados y protegidos de la humedad; los fardos deben apilarse sobre pallets de madera, evitando el contacto directo con el piso.

Es imprescindible disponer de cuidados referidos a la ocurrencia de fuego en los galpones. Las causas de fuegos en estos lugares pueden derivarse de la combustión espontánea o de orígenes externos. Como medida de seguridad, los rollos no deben almacenarse con un tenor de humedad superior al 18%, en tanto que los fardos prismáticos pueden tener hasta 20% cuando son depositados en los galpones. Cuando se sospecha que al tenor de agua está por encimar de los valores indicados anteriormente el heno debe ser colocado en un lugar aireado y seco, con el objetivo de facilitar la

pérdida de humedad. Los henos deben almacenarse después de haber sido clasificados por su contenido de humedad.

La temperatura de los fardos debe ser periódicamente controlada según los siguientes criterios: valores por debajo de 49° C son considerados como normales; entre 49 y 60° C se inicia la fase de alerta; y por encima de 70° C existe serio riesgo de combustión espontánea.

12.2.3 Aditivos

Una gran variedad de productos químicos puede ser aplicados a los henos almacenados con alto tenor de humedad a fin de controlar el desarrollo de microorganismos, destacándose el uso de diacetato de sodio, ácido propiónico, propionato de amonio, urea y amonio anhidro (COLLINS, 1995).

12.3 Pellets

Métodos de procesamiento de heno, como la molienda y pelletización, pueden utilizarse para reducir la pérdida de hojas -que es donde existe la mayor concentración de proteínas-, disminuir la formación de polvo, estimular una mayor ingestión de materia seca por los animales y facilitar el transporte y el suministro a los animales (BEAUCHEMIN et al., 1997).

La pelletización es un proceso que aglomera las partículas del forraje deshidratado y molido a través de una combinación de humedad, presión y calor, mejorando el valor nutricional y la palatabilidad del alimento (LOCH, 2014). El producto final puede compactarse en forma de pellets o cubos de alta densidad (Figura 2).



Figura 2. Pellets (A) y cubos (B) de alfalfa de alta densidad.

Foto: Raquel Ornelas Marques.

Las ventajas de la alfalfa en pellets son el mantenimiento de las características de color, aroma y sabor por más tiempo; la mejora de la conservación y la preservación contra insectos y hongos; y la eficiencia de transporte y almacenamiento debido a la reducción del volumen original del forraje

deshidratado. Sin embargo, debe cuidarse el proceso de molienda para la producción de pellets, dado que la disminución de la proporción de fibra físicamente efectiva reduce la producción de ácido acético en el rumen, lo que eventualmente puede derivar en una caída del tenor graso de la leche (UDEN, 1988).

12.4 Silaje

La conservación de alfalfa como silaje o henolaje es menos conocida que la henificación. El ensilado es un método de conservación a través de un proceso anaerobio (sin presencia de oxígeno) que, por medio de la producción de ácidos durante la fermentación, reduce el pH del medio y controla así la actividad de los microorganismos. El ensilaje es almacenado con más del 70% de humedad y el henolaje (ensilado de forraje pre-secado) tiene en el producto final un tenor de humedad de entre 40 y 60% (JUAN; VIVIANI ROSSI, 2007).

En el ensilado, las forrajeras son cortadas, picadas y posteriormente ensiladas (Figura 3). En ese proceso se producen sucesivos cambios bioquímicos que dependen de factores de las plantas, tanto externos como internos. La interacción de esos factores favorece el desarrollo de ciertos microorganismos durante la fermentación (JUAN; VIVIANI ROSSI, 2007).



Figura 3. Corte (A), picado (B) y ensilado (C) de alfalfa

Foto: Raquel Ornelas Marques.

Cuando el ensilado se hace bajo condiciones ideales el proceso se divide en cuatro fases. En la primera, el oxígeno presente en el aire que aún permanece en el silo después de la compactación del forraje es utilizado para la respiración de las células vegetales y, como consecuencia, en la masa del forraje se producen intercambios gaseosos. Este fenómeno ocurre cuando en el medio hay azúcares solubles y oxígeno (CLEALE et al., 1990; JUAN; VIVIANI ROSSI, 2007).

En la segunda fase se produce la ruptura de las membranas celulares de las plantas, generando consecuentemente una proliferación de las bacterias contenidas de forma natural en el forraje. En tanto haya oxígeno en la masa ensilada, los carbohidratos solubles de la planta son rápidamente

atacados y transformados por las enzimas en glucosa y fructosa. La respiración provoca la liberación de dióxido de carbono y, poco a poco, se consume el oxígeno presente en el silo. En el proceso se genera agua y liberación de calor. A partir de allí, prevalecen las condiciones de ausencia de oxígeno en la mayor parte del silo. Al cabo de cinco a seis horas el silo, si hubiera sido cerrado con rapidez, puede estar totalmente exento de oxígeno. Por el contrario, si el cerramiento del silo fuera realizado 48 h después de rellenado, el proceso respiratorio continuará por aproximadamente 72 h.

En la tercera fase, los microorganismos inician el proceso fermentativo. Las bacterias que necesitan oxígeno para sobrevivir permanecen poco tiempo en el silo y así, a medida que aumenta la anaerobiosis, se inicia la proliferación de las bacterias anaeróbicas, representadas por las coliformes (o enterobacterias). Esas bacterias actúan hasta que el pH del silo se ubica en torno a 4,5. Enseguida, las bacterias lácticas se multiplican rápidamente no sólo porque tienen afinidad con valores bajos de pH sino también porque esos valores de pH impiden la proliferación de otras bacterias. Las bacterias lácticas convierten los azúcares de las plantas principalmente en ácido láctico. Además de las bacterias homofermentativas (generan un solo producto final durante la fermentación), otras bacterias participan también del proceso fermentativo, aunque con menor eficacia.

En la cuarta fase la masa de forraje alcanza estabilidad, siempre que la caída del pH sea suficiente para limitar el desarrollo bacteriano, lo que hace que la actividad bioquímica sea baja o inexistente y que, por lo tanto, se preserven la masa de forraje y sus nutrientes. Si bien la alfalfa posee un elevado valor nutritivo, presenta características inadecuadas para el proceso de fermentación, tales como elevado tenor de agua al momento del corte, alto poder buffer o tampón (capacidad para resistir las variaciones de pH), bajos contenidos de carbohidratos solubles y un tallo cilíndrico y hueco que impide la completa retirada del aire al momento del ensilado. Además, esas características indeseables son más acentuadas cuando las plantas se cortan en estados tempranos de maduración. Una forma de mitigar esa situación es que el forraje pase un proceso de pre-marchitado antes de ser ensilado o que la alfalfa sea ensilada con el agregado de aditivos (PEREIRA et al., 2005).

Las pérdidas totales de materia seca o de nutrientes durante el ensilado de alfalfa pueden variar entre valores mínimos de 3 a 6% bajo condiciones adecuadas a 70% o más cuando el forraje sufre serias alteraciones. Algunos estudios comprobaron que las pérdidas son más severas con el ensilado que con el henolaje (JUAN; VIVIANI ROSSI, 2007). Por ello es importante señalar la necesidad de reducir el pH lo más rápidamente posible, buscando reducir las pérdidas durante la fermentación. En ese sentido, es importante que las condiciones de anaerobiosis sean alcanzadas prontamente para que se retarde el desarrollo y el metabolismo de microorganismos indeseados. Si se fallara en llegar a estas condiciones se generaría un forraje de baja calidad que reduciría el consumo y consecuentemente el desempeño animal (CLEALE et al., 1990).

Diversas prácticas se vienen investigando para controlar los problemas anteriormente mencionados, como el uso de inoculantes microbianos. Estos inoculantes buscan aumentar la población de bacterias lácticas en el silo a fin de incrementar la producción de ácido láctico (CLEALE et al., 1990), originando así una rápida declinación del pH y de los niveles de acetatos y butiratos (producto de ácidos indeseables para una fermentación adecuada durante el ensilado). Además, los inoculantes ayudan en la etapa de apertura del silo, momento en el que el ensilado queda expuesto al aire y consecuentemente al inicio de un proceso de degradación; de ese modo, los inoculantes evitan pérdidas durante la utilización del silo.

12.4.1 Pre-marchitamiento y aditivos

Ensilar la alfalfa sin marchitamiento previo, con un tenor de materia seca (MS) menor al 35%, resultará en pérdidas derivadas de la formación de efluentes en el silo y en fermentaciones indeseables causadas por bacterias del género *Clostridium*. Por otro lado, valores de MS por encima del 60% dificultan la compactación y favorecen la penetración de oxígeno (MUCK, 1990), con el consiguiente calentamiento de la masa de forraje que origina a su vez menor disponibilidad de nitrógeno.

Se debe tener presente que el desarrollo de bacterias clostridiales es estimulado por el aumento de la temperatura en el interior del silo, el bajo contenido de MS del forraje ensilado, el bajo tenor de carbohidratos solubles, la alta capacidad buffer del forraje y el incorrecto sellado del silo. El pH en el cual la actividad de las bacterias clostridiales se interrumpe depende del contenido de agua, es decir del tenor de MS del silaje. Por lo tanto, es necesario alcanzar un pH bajo para conservar el forraje, aunque no siempre un bajo valor de pH en silos con alto tenor de agua puede controlar el crecimiento de las bacterias clostridiales. En este contexto, el pre-marchitado es una herramienta que podría utilizarse para contribuir al control de estos microorganismos indeseables (JOBIM; CONÇALVES, 2003).

Los aditivos biológicos (enzimas y bacterias homo y heterolácticas) y el pre-marchitamiento han sido propuestos como formas de proporcionar mejores resultados en el proceso fermentativo de los silos. En la bibliografía varios autores informan sobre la utilización de inoculantes microbianos. Muchos han demostrado efectos positivos sobre la calidad de los ensilados, evidenciados por la disminución de proteólisis inicial, la reducción del pH final, el aumento de la concentración de ácido láctico y la disminución del nitrógeno no proteico soluble (JONES et al., 1991).

Un buen manejo del silo debe permitir la ocurrencia y el mantenimiento de un medio anaeróbico ya que este es el punto crítico en la confección de un buen ensilado (MCDONALD et al., 1991).

12.5 Silaje pre-secado

El silaje pre-secado es un forraje con un contenido de humedad entre 40 y 60% y conservado en condiciones de fermentación y crecimiento bacteriano limitado. Se almacena en forma de rollos o fardos de 400 a 600 kg revestidos de un film plástico para que la condición interna sea de anaerobiosis y, de esa forma, se desarrolle una fermentación similar a la de los ensilados convencionales (JIMINEZ FILHO, 2013).

El forraje destinado a la confección de silaje pre-secado debe ser cortado en estado vegetativo, cuando las plantas alcanzan un punto de equilibrio entre la producción de MS y la alta calidad nutricional. Después del corte, el forraje debe permanecer en el campo por espacio de cuatro a seis horas para su deshidratación, hasta alcanzar una humedad de 55 a 45%. En esa etapa se usan rastrillos para dar vuelta la andana y mejorar la aireación del forraje cortado, permitiendo así un secado rápido y uniforme. Se puede utilizar una segadora con acondicionador para quebrar los tallos y optimizar la tasa de secado.

Después de secado, el material verde debe ser recogido, picado en partículas de dos a tres cm (para mejorar la compactación del fardo), enfardado y envuelto en el filme plástico, lo que permite mantener el material compactado, sellado y con la menor cantidad posible de oxígeno dentro del fardo.

La producción de ensilado pre-secado presenta algunos problemas, como la necesidad de equipamiento específico para la envoltura del fardo y el elevado costo del film plástico. Por otro lado, posee una serie de ventajas: proporciona un forraje conservado de excelente calidad; permite la utilización del equipamiento que se usa en la henificación; necesita de menor tiempo de exposición a las variables climáticas durante el proceso de deshidratación que el requerido para la producción de heno; permite una rápida liberación del lote al ser recogido en el mismo día del corte; el producto final ocupa menor espacio, optimizando el transporte y el almacenamiento; no necesita de espacio cubierto para ser almacenado, pudiendo por tanto ser dejado en el campo, próximo al lugar de consumo; permite el transporte y la comercialización de pequeñas cantidades de forraje conservado sin tener que abrir el silo; presenta una óptima palatabilidad; y facilita el suministro a los animales, pudiendo ser empleado en dietas totalmente mezcladas (Figura 4).



Figura 4. Embaladora de fardos con film plástico (A), almacenamiento en el campo al aire libre (B) y fardo pre-secado listo para ser suministrado (C).

Foto: Raquel Ornelas Marques.

Referencias

- BEAUCHEMIN, K. A.; RODE, L. M.; ELIASON, M. V. Chewing activities and milk production of dairy cows fed alfalfa as hay, silage, or dried cubes of hay or silage. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 2, p. 324-333, 1997. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(97)75942-3.
- CÂNDIDO, M. J. D.; CUTRIM JUNIOR, J. A. A.; SILVA, R. G. da; AQUINO, R. M. S. Técnicas de fenação para a produção de leite. In: SEMINÁRIO NORDESTINO DE PECUÁRIA-PECNORDESTE, 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Faec, 2008. v. 1, p. 261-298.
- CLEALE, R. M.; FIRKINS, J. L.; VAN DER BEEK, F.; CLARK, J. H.; JASTER, E. H.; MCCOY, G. C.; KLUSMEYER, T. H. Effect of inoculation of whole plant corn forage with *Pediococcus acidilactici* and *Lactobacillus xylosus* on preservation of silage and heifer growth. **Journal of Dairy Science**, v. 73, n. 3, p. 711-718, 1990. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(90)78724-3.
- COLLINS, M. Hay preservation effects on yield and quality. In: MOORE, K. J.; KRAL, D. M.; VINEY, M. K. (Ed.). **Post-harvest physiology and preservation of forages**. Madison: American Society of Agronomy, 1995. p. 67-89.
- COSTA, J. L.; RESENDE, H. **Produção de feno de gramíneas**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2006. Instrução técnica para produtor.
- HARRIS, C. E.; TULLBERG, J. N. Pathways of water loss from legumes and grass cut for conservation. **Grass and Forage Sciences**, v. 35, n. 1, p.1-11, Mar. 1980. DOI: 10.1111/j.1365-2494.1980.tb01487.x.
- JIMENEZ FILHO, D. L. Fenos e pré-secados. **PubVet**, v. 7, n. 25, p. 1-12, 2013. DOI: 10.22256/pubvet.v7n25.1639.
- JOBIM, C. C.; GONÇALVES, G. D. Microbiologia de forragens conservadas. In: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R.; MOREIRA, A. L. (Ed.). **Volumosos na produção de ruminantes: valor alimentício de forragens**. Jaboticabal: Funep, 2003. p. 1-26.
- JONES, B. A.; SATTER, L. D.; MUCK, R. E. Influence of bacterial inoculant and substrate addition to lucerne ensiled at different dry matter contents. **Grass and Forage Science**, v. 47, n. 1, p. 19-27, Mar. 1992. DOI: 10.1111/j.1365-2494.1992.tb02243.x.
- JUAN, N. A.; ROSSI, E. M. V. Producción de heno, silaje y henolaje de alfalfa. In: BASIGALUP, D. H. (Ed.). **El cultivo de la alfalfa en la Argentina**. Buenos Aires: Ediciones INTA, 2007. p. 355- 387.
- LOCH, B.L.G. **Utilização do feno de alfafa (*Medicago sativa*) peletizado e natural em rações para coelhos**. 2014. 28 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

- MACDONALD, A. D.; CLARK, E. A. Water and quality loss during field drying of hay. **Advances in Agronomy**, v. 41, p. 407-437, 1987. DOI: 10.1016/S0065-2113(08)60810-X.
- MARTINS, C. E.; VILELA, D. **Alfafa: utilização para feno**. 2008. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_425_217200392419.html>. Acesso em: 18 dez. 2017.
- MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage**. 2nd ed. Kingston: Chalcombe Publications, 1991. 339 p.
- MOSER, L. E. Post-harvest physiological changes in forage plants. In: MOORE, K. J.; KRAL, D. M.; VINEY, M. K. (Ed.). **Post-harvest physiology and preservation of forages**. Madison: American Society of Agronomy, 1995. p. 1-19.
- MOSER, L. E. Quality of forages as affected by post-harvest storage and processing. In: HOVELAND, C. S. **Crop quality storage and utilization**. Madison: ASA/CSSA, 1980. p. 227- 260.
- MUCK, R. E. Dry matter level effects on alfalfa silage quality. II. Fermentation products and hydrolysis. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v. 33, n. 2, p. 373-381, 1990. DOI: 10.13031/2013.31340.
- MUCK, R. E.; SHINNERS, K. J. Conserved forage (silage and hay): progress and priorities. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: Brazilian Society of Animal Husbandry, 2001. p. 753-762.
- PEREIRA, O. G.; RIBEIRO, K. G.; CHIZZOTTI, F. H. M. Potencial do gênero *Medicago* para produção de ruminantes: realidades e perspectivas. In: REIS, R. A.; SIQUEIRA, G. R.; BERTIPAGLIA, L. M. A.; OLIVEIRA, A. P.; MELO, G. M. P.; BERNARDES, T. F. (Ed.). **Volumosos na produção de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2005. p. 281-308.
- RAYMOND, F.; SHEPPERSON, G.; WALTHAM, R. **Forage conservation and feeding**. 3rd ed. Wharfedale Road Ipswich: Farming Press Limited, 1991. 208 p.
- REES, D. V. H. A discussion of sources of dry matter loss during the process of haymaking. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 27, n. 6, p. 469-479, Nov. 1982. DOI: 10.1016/0021-8634(82)90085-3.
- REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A. Aditivos para a produção de fenos. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p. 109-152.
- ROTZ, C. A. Field curing of forages. In: MOORE, K. J.; KRAL, D. M.; VINEY, M. K. (Eds.). **Post-harvest physiology and preservation of forages**. Madison: American Society of Agronomy, 1995. p. 39-66.
- ROTZ, C. A. Mechanization: planning and selection of equipment. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: Brazilian Society of Animal Husbandry, 2001. p. 763-768.
- UDÉN, P. The effect of grinding and pelleting hay on digestibility, fermentation rate, digesta passage and rumen and faecal particle size in cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 19, n. 1-2, p. 145-157, Jan. 1988. DOI: 10.1016/0377-8401(88)90063-6.

CAPÍTULO 13. ALFALFA EN LA ALIMENTACIÓN DE VACAS LECHERAS

Duarte Vilela, Eduardo Alberto Comerón y André Brugnara Soares

La producción mundial de leche en 2017 se ubicó en torno a los 831 millones de toneladas (t), lo que supuso un aumento del 1,4% con relación al año anterior como consecuencia de un incremento en Asia y principalmente en las Américas, un estancamiento en Europa y una disminución en Oceanía (OCDE-FAO, 2016). Con una demanda encaminada hacia el billón de litros en la próxima década, América Latina podrá contribuir en buena parte a este volumen atento a que el aumento de la producción de leche ocurrirá particularmente en los países en desarrollo (INTERNATIONAL FARM COMPARISON NETWORK, 2014).

Dos características marcan la producción láctea en Latinoamérica: la gran mayoría de los países producen leche y la inexistencia de un modelo patrón. La diversidad de sistemas de producción es grande, habiendo países como Argentina donde el 60-65% de la producción se basa en el uso de pasturas –especialmente (*Avena sativa* L.) y alfalfa (*Medicago sativa* L.)- suplementadas con silaje de maíz o sorgo y heno de alfalfa y con un complemento proteico-energético (harina de soja o maíz). Si bien con algunas variantes, esta dieta es utilizada en las principales cuencas lecheras del país y permite producciones de 8.000 kg lactación⁻¹ de forma sustentable (COMERÓN; ROMERO, 2017). De esta manera, basado en un sistema de producción de bajo costo, el país se convirtió en un exportador competitivo y destacado (COMERON et al., 2016; DELABY et al., 2016). Por otro lado, en los países con clima predominantemente tropical –entre ellos Brasil-, que generan aproximadamente el 23% de la producción mundial de leche, cerca del 80% de las explotaciones lecheras son pequeñas y pastoriles, pero no competitivas, haciendo que hasta hoy sean importadores de lácteos. Son muchos los motivos que contribuyen a esta situación, pero la baja productividad de sistemas poco tecnificados tiene un gran peso en la ausencia de competitividad de estos países. Cuando se analizan los datos censales de los sistemas de producción de leche en Argentina se aprecia una relación positiva entre escala de producción y eficiencia productiva, con un resultado económico que va en la misma dirección.

Complementariamente a todo lo anterior, y para enfrentar la competencia externa, los sistemas de producción que se proyecten para el futuro deberán apuntar a una elevada producción, independientemente de sus características. Se exigirá cada vez más el uso intensivo y racional de los factores de producción, buscando un equilibrio entre rendimientos biológicos y rentabilidad. Dentro de los aspectos económicos que hacen a la búsqueda de eficiencia para competir en el mercado, y a

fin de que el productor obtenga la máxima rentabilidad, se debe optar por conseguir el nivel óptimo de producción y no más la producción máxima.

Frente a esa complejidad, la identificación de los parámetros que más interfieren en la rentabilidad puede hacer la diferencia y resultar fundamental para la supervivencia del productor dentro de la actividad lechera. En este sentido, no hay duda que la alimentación tiene un peso sustancial y que su elección pasa a ser fundamental. Las pasturas han sido comparativamente el alimento más barato; dentro de ellas, la alfalfa –en función de su potencial productivo, alta calidad y capacidad para ser cultivada en la mayoría de los países latinoamericanos- reúne las calificaciones necesarias para alcanzar un nivel de producción óptimo y rentable.

13.1 La evolución de la producción lechera en Brasil y en América Latina

En las últimas cinco décadas, la producción de leche en Brasil ha crecido sistemáticamente, incluso en aquellos ámbitos con intervención del gobierno vía planes económicos, precios controlados, importaciones y desregulaciones de la economía. Los primeros datos de producción de leche fueron registrados por FAO en 1961, cuando el país producía 5,2 millones de t (FAO, 2016). Si se considera toda la serie histórica 1961-2015, la producción se incrementó linealmente en siete veces, alcanzando un crecimiento de 30 millones de t en 54 años (VILELA et al., 2017). Pero fue a partir de 1975 que la producción lechera en el país dio un salto tanto cuantitativo como cualitativo con la creación de EMBRAPA en 1973. La apertura de nuevas fronteras de producción en el oeste brasileiro, incorporando la región del Cerrado al sistema productivo nacional, dio soporte a este crecimiento, aunque recordando que la expansión hacia nuevas áreas no fue el único ni el principal factor responsable de ese crecimiento, pero sí del aumento de la producción. De 1974 a 2015, si bien el precio real de la leche que recibió el productor brasileiro cayó 44,3% la producción total de leche creció 494%. Esta aparente contradicción es explicada por la productividad, que en el mismo período creció 245% (VILELA et al., 2017).

La adopción de tecnología permitió que la producción lechera alcanzara esa evolución. La mejora en cuestiones de raza ganadera, alimentación, sanidad y manejo del rebaño hizo que la leche brasileira comenzase a ser noticia en el escenario internacional. Hoy Brasil ya es el cuarto mayor productor mundial de leche y apunta a ganar nuevas posiciones en las próximas décadas, creciendo más rápidamente que sus competidores. Brasil se destaca entre sus vecinos regionales porque produce dos tercios del total de leche del Cono Sur (52 millones de t) y más de la mitad de la producción total de América del Sur (66,2 millones de t) (INTERNATIONAL FARM COMPARISON NETWORK, 2015).

En Argentina, la producción de leche entre 1970 y 2016 tuvo una evolución diferente. En 1991 se registró un aumento significativo del volumen de leche producido (cerca de 6 millones de t), llegando a un record de producción de casi 10 millones de t en 2000, para caer luego en los años siguientes. La última estimación anual de producción nacional en 2016 fue de 9,8 millones de t (-12% en relación a 2015), de los que se exportaron 1,6 millones de t (16% de la producción).

Una característica clara de la producción argentina es su crecimiento oscilante. Aunque desde comienzos de los años 1990's hasta el presente haya tenido un crecimiento acumulado del 80% (equivalente a una tasa media anual de + 3,5%), las variaciones ocurridas durante ese mismo período fueron marcadas: + 7% año⁻¹ de 1991 a 1999; - 4,5% de 1999 a 2003 y + 4% de 2003 a 2012, para alcanzar entre 2012 y 2015 un tasa media de + 0,25% año⁻¹ según un informe divulgado en un documento interno del INTA sobre la situación del sector lechero bovino y las líneas de investigación (COMERÓN, 2017). En los últimos años un conjunto de factores afectó recurrentemente la producción láctea de las principales cuencas lecheras argentinas, entre los que pueden mencionarse precios comprimidos de las materias primas y de los productos lácteos en general; precipitaciones excesivas e inundaciones por largos períodos; recomposiciones de la base forrajera; y aumento del número de explotaciones (tambos) que dejaron la actividad, con limitaciones para la absorción de las vacas por parte de los otros tambos que siguen en la actividad.

13.2 Producción de leche en pastoreo

Desde el punto de vista de la alimentación del rebaño, el pasto es el más barato de todos los alimentos (FONTANELLI et al., 2000; VILELA; RESENDE, 2001). Los sistemas pastoriles de producción de leche que están bien manejados requieren menos gastos de suplementación y proporcionan mayores retornos económicos (TUPY et al., 2015). La intensificación de la producción de leche sobre pasturas tropicales resulta en aumentos de la carga animal, con respuestas en la producción de leche por unidad de superficie de entre 40 y 60 kg de leche ha⁻¹ día⁻¹ sin suplementación (VILELA et al., 1996) y entre 70 a 100 kg de leche ha⁻¹ día⁻¹ con suplementación (VILELA et al., 2005; 2007).

Análisis realizados en Brasil (VILELA et al., 1996; VILELA; RESENDE, 2001) demuestran que la producción de leche a pasto bien manejada resultó ser más viable económicamente - con un margen de rentabilidad próximo al 30% - que los modelos de producción confinados. Resende et al. (2005), analizando datos del trabajo de Vilela et al. (1996) -en el que se comparó el desempeño de vacas Holstein (Holando) con un potencial medio producción de 6.250 kg de leche por lactación-, en sistemas confinados y a pasto, mostraron que los márgenes brutos obtenidos en el sistema pastoril fueron superiores a los del sistema confinado tipo "*free-stall*". El análisis mostró que aún con menores

niveles de producción el sistema pastoril fue económicamente más viable. La disponibilidad de abundante forraje de buena calidad permite reducir los costos, principalmente en silaje y concentrados, factores que tienen un gran peso en los costos de producción.

A semejanza del estudio conducido en la región sudeste de Brasil, Fontanelli et al. (2000) compararon en los Estados Unidos sistemas de producción de leche en confinamiento y en pastoreo directo sobre una pastura mixta de gramilla (*Cynodon dactylon*) y raigrás perenne (*Lolium perenne*). Concluyeron que la producción de leche de las vacas en confinamiento fue 20% superior (29 kg vaca⁻¹ día⁻¹ vs. 25 kg vaca⁻¹ día⁻¹), aunque tuvo un costo de alimentación 9% más alto. Los dos trabajos refuerzan la premisa de la mayor competitividad de los sistemas enfocados en el uso del pastoreo, indicando que estos deben ser los modelos que deberían predominar en el futuro en los principales países productores y exportadores de leche, más aún en aquellas regiones donde es mayor el precio de la tierra y la mano de obra. En este contexto, la producción latinoamericana precisa ser más competitiva para lanzarse al mercado internacional de lácteos.

De este modo, técnicas modernas de nutrición, genética animal, sanidad y muy especialmente la elección de forrajeras adecuadas para la alimentación del rebaño a pasto, deben integrarse para optimizar la rentabilidad de la actividad lechera en el futuro.

La introducción de especies forrajeras modernas y con gran potencial de respuesta al uso de la tecnología se considera un factor preponderante para que los sistemas pastoriles, técnicamente menos productivos, pero con grandes ventajas comparativas, tengan una mayor rentabilidad (RESENDE et al., 2005). El ajuste del manejo del pastoreo requiere conocimientos previos sobre los aspectos que afectan la producción de forraje y, en consecuencia, la producción por unidad de superficie. Por lo tanto, en la utilización de las pasturas el conocimiento de las características morfológicas y fisiológicas de las especies es esencial para establecer los procedimientos adecuados de manejo.

Entre los alimentos disponibles para las vacas, el concentrado tiene un peso importante en el costo de producción de leche y, en consecuencia, su uso debe asociarse a la productividad de las vacas y a la relación entre precio de la leche y precio del concentrado. Para productividades superiores a 4.500 kg vaca⁻¹ lactancia⁻¹ sobre pasturas tropicales es fundamental que se recurra a la suplementación con concentrados. El nivel y tipo de proteína, así como el nivel de energía del concentrado, también impactan sobre la producción de leche y, consecuentemente, en el costo de producción. En ese sentido, Vilela et al. (2003), trabajando con un nivel fijo de concentrado, evaluaron si el nivel de energía interfería en la producción de leche de vacas en pastoreo en ambientes tropicales y comprobaron que hubo mayor producción de leche con un concentrado de alto contenido energético que con uno de contenido normal (23,6 vs. 19,7 kg vaca⁻¹ día⁻¹).

13.3 Producción de leche sobre pastoreo de alfalfa

En América Latina hay poco más de 3,6 millones de ha cultivadas con alfalfa, destacándose Argentina con aproximadamente 3,2 millones de ha, Chile con 170.000, Perú con 120.000 ha y Uruguay con 70.000 ha (INTERNATIONAL TRADE CENTER, 2017).

En Brasil la superficie con alfalfa es escasa, próxima a las 35.000 ha, destacándose la Región Sur por el valor comercial del heno que produce para el abastecimiento de haras. Sin embargo, la alfalfa puede ser cultivada en la mayor parte del territorio nacional, apreciándose su alto rendimiento, baja estacionalidad de producción, excelente calidad forrajera y buena aceptabilidad por parte del ganado, lo que le confiere un excelente potencial para la producción de leche (VILELA et al., 2008). En la Región Sudeste la alfalfa se ha utilizado más recientemente para animales de alto valor genético en sistemas intensivos de producción lechera (Figura 1).



Figura 1. Vacas de alto potencial genético pastoreando alfalfa en la Región Sudeste de Brasil.
Foto: Waldomiro Barioni Junior.

La alfalfa presenta muchas características favorables para ser recomendada en sistemas pastoriles intensivos de producción de leche, sea suministrada en pasturas puras o como complemento de gramíneas tropicales (RODRIGUES et al., 2008; VILELA et al., 1994, 2008). La baja estacionalidad de su producción y su excelente valor nutritivo (con alto tenor de proteína, bajo contenido de fibra y alta digestibilidad) avalan su participación en la dieta de vacas de regiones tropicales, dado que propicia el equilibrio nutricional en ambientes donde el forraje producido normalmente es de calidad inferior, mejorando así el consumo y por ende el desempeño animal.

Vilela et al. (1994), en la Región Sudeste de Brasil, evaluaron dos sistemas de producción de leche de vacas Holando con alto potencial de producción: uno que pastoreaba alfalfa como único alimento y otro confinado que recibía una dieta completa a base de silaje de maíz y concentrado. Analizando la composición química de la alfalfa utilizada se puede anticipar su valor nutritivo (Tabla 1).

Tabla 1. Composición química y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) de forraje de alfalfa en tres épocas de evaluación en la Región Sudeste de Brasil.

Parámetro	Período			Media
	Abril/Junio	Julio/Septiembre	Octubre/Diciembre	
Materia seca (%)	16,6	20,1	17,4	18,1
Proteína bruta (% MS)	26,1	26,8	24,4	25,9
FDN (% MS)	39,8	35,5	45,0	40,1
DIVMS (% MS)	72,0	72,5	65,2	69,9

Fuente: Vilela et al. (1994).

Los autores concluyeron que la pastura de alfalfa fue suficiente como alimento exclusivo de vacas en lactación, soportando una carga de 3,0 vacas ha⁻¹ y proporcionando una producción media de 20 kg vaca⁻¹ día⁻¹, sin comprometer el peso vivo ni la eficiencia reproductiva de los animales. Además, el sistema arrojó un mejor margen bruto y no se observaron casos de timpanismo cuando las vacas se acostumbraron al pastorear alfalfa.

Vilela et al. (2008) resumieron las prioridades de investigación para la alfalfa en Brasil, señalando que para los ambientes tropicales existen pocos trabajos de investigación sobre producción de leche en pastoreo de alfalfa. En el presente, esta línea de trabajo debería ser incentivada dado que, prácticamente después de diez años, no se modificó el cuadro de situación indicado en aquel trabajo.

Cuando se revisa una serie de publicaciones sobre producción de leche sobre pasturas de alfalfa (Tabla 2), se puede comprobar su potencial tanto como alimento exclusivo (19,1 a 24,7 kg vaca⁻¹ día⁻¹) como suplementada (23,1 a 35,0 kg vaca⁻¹ día⁻¹), independientemente del país donde se condujo la investigación.

Considerando las exigencias nutricionales de vacas en lactación con un potencial superior a 6.000 kg lactación⁻¹ y la composición química del pasto de alfalfa como único alimento, la dieta presenta normalmente un desequilibrio en la relación energía/proteína, siendo necesario neutralizar el exceso de nitrógeno amoniacal (N-NH₃) en el rumen. Castillo y Gallardo (1995) indicaron que una concentración óptima de nitrógeno amoniacal en el rumen puede variar de 5 a 25 mg % N-NH₃⁻¹,

dependiendo de las características de la dieta. Como lo animales en pastoreo de alfalfa normalmente se encuentran por encima de los niveles mencionados, se hace necesario un suplemento energético durante todo el año.

Tabla 2. Producción de leche (kg vaca⁻¹ día⁻¹) sobre pasturas de alfalfa, sea como único alimento o suplementada, en algunos países según distintos autores.

Autor	País	Pasto	Pasto	Tipo de suplemento
+ Suplemento				
Castillo et al. (1993) ¹	Argentina	19,1	26,6	Harina de maíz (6 kg vaca ⁻¹ día ⁻¹)
Castillo et al. (1992) ¹	Argentina	24,7	28,3	Salvado de trigo (7 kg vaca ⁻¹ día ⁻¹)
Combs et al. (1991) ¹	USA	-	35,0	Concentrado ³ (14 kg vaca ⁻¹ día ⁻¹)
Castillo & Gallardo (1995) ¹	Argentina	-	21,0	Silaje de maíz (45% dieta)
Vilela et al. (1994) ¹	Brasil	23,6	-	Sin suplemento (24 h pastoreo)
Comerón et al. (2001) ²	Argentina	20,0	-	Sin suplemento (24 h pastoreo)
Rodrigues et al. (2008) ²	Brasil	-	26,0	Con suplemento*(24 h pastoreo)
Kuwahara et al. (2014, a, b) ²	Brasil	-	25,0	Con suplemento* (4 h pastoreo)
Rango		19,1 a 24,7	21,0 a 35,0	

¹ Datos de producción de leche en los primeros 100 días de lactación; ² Datos de producción de leche en la lactación completa; ³ Concentrado con 21,6% proteína bruta. * Suplemento: Silaje de maíz (6,6 kg MS vaca⁻¹ día⁻¹) + Concentrado (5 kg vaca⁻¹ día⁻¹).

Trabajos conducidos por Vilela et al. (1994; 1997) en la Región Sudeste de Brasil indicaron que vacas de raza Holstein (Holandesa) mantenidas 24 h en pasturas de alfalfa o de gramilla *coast-cross* (*Cynodon dactylon*) interrumpían el pastoreo en las horas más cálidas del día, compensando al final de la tarde y durante parte de la noche para totalizar ocho diarias de pastoreo. Concluyeron que con ambas forrajeras ese tiempo fue suficiente para consumir los nutrientes necesarios para producir 20 kg de leche vaca⁻¹ día⁻¹, sin suplemento en el caso de la alfalfa y con 6 kg de concentrado vaca⁻¹ día⁻¹ en el caso de la gramilla.

En la misma región, Netto et al. (2008) demostraron que el pastoreo de alfalfa por parte de vacas en el tercio medio de lactancia, suplementadas diariamente con silaje de maíz más cinco kg de concentrado, permitió una producción media de 25 kg vaca⁻¹ día⁻¹. También señalaron que este tipo de manejo contribuyó a reducir significativamente el costo de producción de leche, generando una

disminución importante en las cantidades diarias de concentrado (3 kg) y de silaje de maíz que se utilizan normalmente para ese nivel de producción. Basados en este trabajo, Vinholis et al. (2008) estimaron una reducción en el costo de producción de leche de 9 y 15% para las dietas en las que la alfalfa participó con el 20 y el 40% de la materia seca (MS) total suministrada, respectivamente. Concluyeron que las principales ventajas derivadas de la utilización de la alfalfa en la dieta de vacas lecheras fueron eliminar o reducir la cantidad de concentrado (dependiendo del nivel de producción de leche) y disminuir el tenor proteico del concentrado, dos factores de importancia en la composición del costo de alimentación en los sistemas intensivos de producción láctea. Además, la menor dependencia del uso de silaje en la estación seca (menores lluvias) y el aumento de la carga animal media anual tienen una consecuencia positiva en la producción de leche por unidad de superficie. Otro punto relevante, y que también impacta favorablemente en el costo de producción, fue la eliminación de la aplicación de fertilizantes nitrogenados a lo largo del año (TUPY et al., 2015).

Dando continuidad a las líneas de investigación sobre producción de leche bajo pastoreo de alfalfa en la unidad São Paulo de la Embrapa Ganadera Sudeste (Embrapa Pecuária Sudeste), Kuwahara et al. (2014a, 2014b) compararon el sistema tradicional de producción con un sistema de pastoreo de duraciones variables de 1, 2 y 4 horas inmediatamente después del ordeño a las 5:00 y a las 16:00 h. En los dos tipos de sistemas las producciones medidas de las vacas fueron de 25 kg día⁻¹, recibiendo concentrado más silaje de maíz durante el período seco y pasto de *Megathyrus maximus* (ex *Panicum maximun*) durante el período de lluvias. El pastoreo de alfalfa de 1 hora fue durante la tarde, mientras que los demás (2 y 4 horas) fueron mitad a la mañana y mitad a la tarde. Los márgenes de rentabilidad, comparados con el sistema tradicional de producción, fueron respectivamente 2,7; 5,0 y 7,5%, debido principalmente al menor consumo de concentrado, compuesto mayoritariamente por salvado de soja. Independientemente de los sistemas, la producción de leche y el peso vivo de las vacas fueron prácticamente constantes, sin diferencias significativas. Los animales ingirieron en promedio 2,7; 5,0 y 6,1 kg de MS de alfalfa provenientes de los pastoreos de 1, 2 y 4 h respectivamente.

El sistema recomendado por Embrapa Ganadera del Sudeste para vacas lecheras es utilizar el pastoreo de alfalfa como parte de la dieta y suplementarlo con silaje de maíz y concentrado durante el período seco y con una forrajera tropical (*M. maximus* cv Tanzania o Tobiatá) y concentrado durante la época de lluvias. Tanto en los períodos secos como lluviosos el concentrado es distribuido dos veces al día, 40% a la mañana y 60% a la tarde; no obstante, durante el período seco, se incrementa el suministro de silaje. En ambas estaciones estos alimentos fueron suministrados después del pastoreo de la alfalfa, apuntando a no interferir en el consumo de esta forrajera. A la tarde, después del segundo pastoreo de la alfalfa, los animales tenían libertad para pastorear la forrajera tropical, que

ocurría preponderantemente de noche. Sin embargo, en la época de lluvias, el pastoreo de alfalfa durante la noche requiere mucha atención, porque si lloviera en exceso el intenso pisoteo puede perjudicar la corona de las plantas afectando su persistencia y por ende la densidad del cultivo. Para animales con producciones superiores a 6.000 kg de leche lactación⁻¹ se recomienda que la alfalfa participe con el 30 a 40% de la MS consumida (KUWAHARA, 2014a, 2014b).

Los beneficios de adicionar silaje de maíz a una dieta que tiene a la alfalfa como uno de sus componentes principales son: suministra energía (que con alfalfa sola es deficitaria), equilibra la proteína de alta degradabilidad (que en la alfalfa está en exceso) y reduce la propensión al empaste o timpanismo (RODRIGUES et al., 2008).

En Argentina, país líder en la utilización de alfalfa en América Latina, Basigalup y Rossanigo (2007) y Comerón et al. (2015), del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), analizando la prospección y las características favorables de esta forrajera, la consideraron única para la producción de leche en pastoreo. Comerón et al. (2002), evaluando el pastoreo de alfalfa con vacas de alta producción, señalaron que no se debe utilizar la alfalfa como alimento exclusivo cuando la producción de leche por vaca fuese superior a 5.000 kg lactación⁻¹ en virtud de la posible pérdida de condición corporal y sus consecuencias desfavorables en la eficiencia reproductiva.

Para prevenir casos de timpanismo en alfalfa el INTA recomienda su deshidratación (pre-marchitado) por cuatro horas después del corte (Figura 2). Esta técnica se recomienda para lotes de alfalfa grandes, no sólo por la exigencia de maquinaria apropiada sino también por traer otros beneficios, como reducir la pérdida de forraje durante el consumo y permitir un rebrote más uniforme de las plantas. Por otro lado, los animales no consumen forraje en aquellos lugares del lote donde hay heces después del pastoreo, pero con el corte anticipado se reducen estos problemas (COMERÓN et al., 2015).



Figura 2. Vacas pastoreando alfalfa cortada e hilerada (pre-marchitada) en Argentina.

Foto: Eduardo Alberto Comerón (INTA).

Basado en una amplia revisión bibliográfica, Vilela (1994, 2001) recomienda la suplementación de la alfalfa en pastoreo según el nivel de producción de leche. Aquellas vacas con un potencial de producción de hasta 6.000 kg lactación⁻¹ deberían suplementarse sólo con minerales; para las de producciones de entre 6.000 y 7.5000 kg lactación⁻¹, además de la suplementación mineral se debe recurrir a concentrados, preferentemente ricos en energía; y cuando la producción fuese superior a los 7.500 kg lactación⁻¹, además de los suplementos ya mencionados se debe suministrar un concentrado con proteína de baja degradabilidad en el rumen, evitando los que contienen urea en su formulación.

En los sistemas de producción de leche es importante considerar que: 1) los mejores resultados en cantidad y contenido de sólidos se han obtenido cuando la alfalfa constituye parte de la dieta; 2) se pueden esperar producciones individuales de 8.000 kg lactación⁻¹ y una condición corporal normal con dietas 30:30:10:30 a base de silaje de maíz:alfalfa fresca (pasto):heno de alfalfa:concentrado proteico-energético (maíz y grano de soja). Tanto en Brasil como en Argentina esta dieta ha sido efectiva para mantener vacas de alta producción durante todo el año, dado que cubre los requerimientos de energía metabolizable (EM), proteína degradable en el rumen (PDR) y proteína no degradable en rumen (PNDR). Con fibra proveniente del heno de alfalfa se puede alcanzar un consumo próximo a los 22 kg MS vaca⁻¹ día⁻¹, un valor aceptable; sin embargo, es necesario observar el límite total de fibra (FDN); 3) el pastoreo de la alfalfa como alimento de las vacas puede traer problemas por el alto riesgo de timpanismo y por la elevada concentración de proteína de rápida degradación ruminal (PDR); y 4) el propósito de destacar y valorizar a la alfalfa en un contexto multiuso y continuo en las dietas de animales genéticamente superiores. La llave para el uso de la alfalfa en pastoreo es obtener una alta eficiencia de uso del forraje producido. En este sentido, es posible utilizar 85 a 90% de forraje haciendo un pastoreo hasta la altura de 5 cm desde el suelo y manteniendo en los piquetes o franjas de pastoreo una ocupación de 1, 2 o 3 días, dependiendo del

clima y del potencial productivo de los animales.

Se puede concluir que existen varias ventajas en la producción de leche en pastoreo de alfalfa, si bien hay dos que se destacan. La primera se refiere al costo de producción, dado que reduce el requerimiento de concentrado y de su contenido proteico, además de reducir la necesidad de suplementar con silaje. La segunda se asocia con el ambiente, ya que elimina la necesidad de aplicar fertilizantes nitrogenados -y con eso reduce la posibilidad de contaminación de la napa freática con nitratos- y mejora las propiedades químicas (la inoculación de las semillas de alfalfa contribuye con 100 de N residual para el cultivo subsecuente), físicas (aireación y drenaje) y biológicas del suelo. En ambos casos aumenta la rentabilidad de la actividad lechera.

Referencias

- BASIGALUP, D. H.; ROSSANIGO, R. Panorama actual de la alfalfa en la Argentina. In: BASIGALUP, D. H. (Ed.). **El cultivo de la alfalfa en la Argentina**. Buenos Aires: Ediciones INTA, 2007. p. 15-25.
- CASTILLO, A. A.; GALLARDO, M. R. Suplementación de vacas lecheras en pastoreo de alfalfa con concentrados y forrajes conservados. In: HITANO, E. H.; NAVARRO, A. (Ed.). **La alfalfa en la Argentina**. Buenos Aires: Editar, 1995. p. 197-204.
- CASTILLO, A. A.; GALLARDO, M. R.; GAGGIOTI, M. C.; QUAINO, O. R. **Suplementación de vacas lecheras en pastoreo de alfalfa con afrechillo de trigo**. Rafaela: INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela, 1992. 3 p. (INTA. Información del área de investigación en Producción Animal, 104).
- CASTILLO, A. A.; GALLARDO, M. R.; GAGGIOTI, M. C.; QUAINO, O. R. **Suplementación de vacas lecheras en pastoreo de alfalfa con grano de maíz molido**. Rafaela: INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela, 1993. 5 p. (INTA. Información del área de investigación en Producción Animal, 110).
- COMBS, D.; ALBRESHT, K.; VAUGHAN, K. **Comparison of a rotational grazing system with a confinement-stored forage system for dairy cows**. Madison: University of Wisconsin, Dairy Science Department, 1991. 4 p. (Lisa progress report, 1991).
- COMERON, E. A. **Informe de la situación sectorial de leche bovina y líneas de acción**. [S.l.: s.n.], 2017. Documento interno del Programa Nacional de Producción Animal del Integrador de Leche Bovina del INTA.
- COMERON, E. A.; FERREIRA, R. P.; VILELA, D.; KUVAHARA, F. A.; TUPY, O. Utilização da alfafa em pastejo para alimentação de vacas leiteiras. In: FERREIRA, R. de P.; VILELA, D.; COMERON, E. A.; BERNARDI, A. C. de C.; KARAM, D. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa em pastejo para alimentação de vacas leiteiras**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 131-149.
- COMERON, E. A.; MACIEL, M.; ROMERO, L. A.; CUATRÍN, A. Desempeño productivo y reproductivo de um rodeo lechero Holstein em condiciones de alimentación pastoril. **Revista Argentina de Produção Animal**, v. 21, p. 226, 2001. Suplemento 1.
- COMERON, E. A.; ROMERO, L. A.; ARONNA, M. S.; CHARLON, V.; QUAINO, O. A.; VITULICH, C. Respuesta productiva de vacas de raza Jersey y Holando sometidas a dos sistemas de alimentación: producción y composición química de la leche. **Revista Argentina de Produção Animal**, v. 22, p. 41, 2002. Suplemento.
- COMERON, E.; ROMERO, L.; VERA, M.; VILLAR EZCURRA, J.; MACIEL, M.; CHARLÓN, V.; TIERI, M. P.; SALADO, E. Algunas consideraciones sobre la evolución del proceso de intensificación de la lechería argentina y los aportes del Inta. **Información Técnica de Producción Animal**, ano 4, n. 2, p. 1-3, Nov. 2016. (Publicación miscelánea).

- COMERON, E. A.; ROMERO, L. A. La utilización de pasturas de alfalfa en los sistemas lecheros intensificados. **Información Técnica de Producción Animal**, ano 4, n. 2, p. 5-16, Sept. 2017. (Publicación miscelánea).
- DELABY, L.; PAVIE, J.; MCCARTHY, B.; COMERON, E. A.; PEYRAUD, J. L. Les legumineuses à l'élevage de demain. **Journées AFPP Paris**, v. 226, p. 77-86, Mars 2016.
- FAO. **Faostat**: statistics division, trade, download data, crops and livestock products. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/Q/QL/E>>. Acesso em: 8 nov. 2016.
- FONTANELLI, R. S.; SOLLENBERGER, L. E.; STAPLES, C. R. **Dairy cow performance pasture-based feeding systems and in confinement**. Gainesville: University of Florida, Agronomy Department, 2000. 23 p.
- INTERNATIONAL FARM COMPARISON NETWORK. **World dairy map 2014**. Kiel: IFCN, 2014. Disponível em: <<http://www.ifcndairy.org/en/start/index.php>>. Acesso em: 1 jul. 2014.
- INTERNATIONAL TRADE CENTER. **Current job openings**. 2017. Disponível em: <<http://legacy.intracen.org/>>. Acesso em: 1 jul. 2017.
- KUWAHARA, F. A.; FERREIRA, R. P.; TUPY, O.; COSTA, C.; MEIRELLES, P. R. L.; MOREIRA, A. L.; AMBIEL, A. C. Performance of dairy cows under grazing alfalfa: nutritional management for the summer season. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 51., 2014, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2014a. 1 CD-ROM.
- KUWAHARA, F. A.; FERREIRA, R. P.; TUPY, O.; COSTA, C.; MEIRELLES, P. R. L.; MOREIRA, A. L.; AMBIEL, A. C. Performance of dairy cows under grazing alfalfa: nutritional management for the winter season. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 51., 2014, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2014b. 1 CD-ROM.
- OCDE-FAO Agricultural Outlook 2015-2024. Rome: FAO, 2016. DOI: 10.1787/agr_outlook-2015- en.
- PERES NETTO, D.; RODRIGUES, A. de A.; VINHOLIS, M. de M. B.; FERREIRA, R. de P.; NOGUEIRA, P. C.; CAMARGO, A. C. de; WECHSLER, F. S. Alfafa em pastejo como parte da dieta de vacas leiteiras: composição do leite e avaliação econômica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras, MG. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia: Ed. da UFLA, 2008. 1 CD ROM.
- RESENDE, J. C.; STOCK, L. A.; VILELA, D. Potencial econômico da produção de leite em pastagens de *Cynodon*. In: VILELA, D.; RESENDE, J. C. de; LIMA, J. (Ed.). **Cynodon: forrageiras que estão revolucionando a pecuária brasileira**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2005. p. 226-251.
- RODRIGUES, A. de A.; COMERÓN, E. A.; VILELA, D. Utilização da alfafa em pastejo para alimentação de vacas leiteiras. In: FERREIRA, R. de P.; RASSINI, J. B.; RODRIGUES, A. de A.; FREITAS, A. R. de; CAMARGO, A. C. de; MENDONÇA, F. C. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. p. 345-378.
- TUPY, O.; FERREIRA, R. de P.; VILELA, D.; ESTEVES, S. N.; KUWAHARA, F. A.; ALVES, E. Viabilidade econômica e financeira do pastejo em alfafa em sistemas de produção de leite. **Revista de Política Agrícola**, ano 24, n. 2, p. 102-116, abr./maio/jun. 2015.
- VILELA, D. Potencialidade do pasto de alfafa (*Medicago sativa* L.) para produção de leite. In: WORKSHOP SOBRE POTENCIAL FORRAGEIRA DA ALFAFA (*Medicago Sativa* L.) NOS TRÓPICOS, 1994, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1994. p. 205-217.
- VILELA, D. Produção de leite em pastagem de alfafa. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 211, p. 38- 43, 2001.
- VILELA, D.; ALVIM, M. J.; CAMPOS, O. F. de; RESENDE, J. C. Produção de leite de vacas holandesas em confinamento ou em pastagem de *coast-cross*. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 25, n. 6, p. 1228-1244, 1997.

VILELA, D.; CÓSER, A. C.; PIRES, M. F. A.; MALDONADO, H. V.; CAMPOS, O. F.; LIZIEIRE, R. S.; RESENDE, J. C.; MARTINS, C. E. Comparação de um sistema de pastejo rotativo em alfafa com um sistema de confinamento para vacas de leite. **Archivo Latinoamericano de producción animal**, v. 2, n. 1, p. 69-84, 1994.

VILELA, D.; FERREIRA, A. M.; RESENDE, J. C.; LIMA, J. A.; VERNEQUE, R. S. Efeito do concentrado no desempenho produtivo, reprodutivo e econômico de vacas da raça holandesa em pastagem de *coast-cross*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 2, p. 443-450, 2007.

VILELA, D.; FERREIRA, R. de P.; RODRIGUES, A. A.; RASSINI, J. B.; TUPY, O. Prioridades de pesquisa e futuro da alfafa no Brasil. In: FERREIRA, R. de P.; RASSINI, J. B.; RODRIGUES, A. de A.; FREITAS, A. R. de; CAMARGO, A. G. de; MENDONÇA, F. C. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. p. 441-455.

VILELA, D.; MATOS, L. L.; ALVIM, M. J.; MATIOLLI, J. B. Utilização de soja integral tostada na dieta de vacas em lactação, em pastagem de *coast-cross* (*Cynodon dactylon* L. Pers.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 5, p. 1243-1249, 2003. DOI: 10.1590/S0102-09352007000200026.

VILELA, D.; RESENDE, J. C. de. Custo de produção de leite segundo o sistema de produção a pasto ou confinado. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá-PR. **Anais...** Maringá: Ed. da UEM, Departamento de Zootecnia, 2001. p. 218-241.

VILELA, D.; RESENDE, J. C. de; LEITE, J. L. B.; ALVES, E. R. de A. A evolução do leite no Brasil em cinco décadas. **Revista de Política Agrícola**, ano 26, n. 1, p. 5-24, jan./fev./mar. 2017.

VILELA, D.; RESENDE, J. C. de; LIMA, J. A. (Ed.). **Cynodon**: forrageiras que estão revolucionando a pecuária brasileira. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2005. 251 p.

VINHOLIS, M. M. B.; ZEN, S.; BEDUSCHI, G.; SAMENTO, P. H. L. Análise econômica de utilização de alfafa em sistemas de produção de leite. In: FERREIRA, R. de P.; RASSINI, J. B.; RODRIGUES, A. de A.; FREITAS, A. R. de; CAMARGO, A. C. de; MENDONÇA, F. C. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. p. 411-434.

CAPÍTULO 14. ALFALFA EN LA ALIMENTACIÓN DE GANADO VACUNO DE CARNE

Mariano Alende y María Laura Fontana

El negocio de la recría y terminación de ganado de carne bajo pastoreo depende en gran medida de asegurar buenas ganancias de peso sostenidas en el tiempo, que reduzcan los tiempos de terminación y aceleren la salida de los animales al matadero en plazos relativamente breves. En general, un sistema de producción eficiente no debe registrar ganancias de peso inferiores a 600 g/día (BALL et al., 2007).

De 12 a 18 meses, desde el inicio a la terminación, es un tiempo de faena deseable para garantizar un producto de calidad procedente de animales jóvenes. Naturalmente, las ganancias de peso y la duración del proceso total dependen del tipo de animal (raza, *frame*), de las cadenas forrajeras utilizadas y de la mayor o menor utilización de suplementos (BALL et al., 2007).

Por su alta producción de forraje, su alta digestibilidad y su alto contenido de proteína bruta, la alfalfa es un forraje ideal para la producción de carne, en particular para las categorías en crecimiento y terminación, que son las que tienen mayores requerimientos nutricionales. Manejadas con la carga adecuada, la alta receptividad de las pasturas de alfalfa, puras o combinadas junto con otras especies, suele generar excelentes resultados productivos y económicos (KLOSTER; ZANIBONI, 2007). En la medida en que no existan limitaciones al consumo de materia seca, la alfalfa es capaz de satisfacer los requerimientos nutricionales para alcanzar el máximo nivel de productividad de novillos, vaquillonas y terneros (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996). En la Tabla 1 se observan datos promedio de calidad de alfalfa de seis cultivares a lo largo de tres años de pastoreo y en cinco momentos del año (ABDELHADI; CANGIANO, 2002). Si bien en los análisis de laboratorio se registra alta calidad constante a lo largo de todo el año, pueden darse situaciones estacionales, particularmente en otoño, en las cuales es necesario incrementar la oferta de energía o de materia seca por medio de la suplementación estratégica. Los materiales más comúnmente utilizados para la suplementación de alfalfa son los granos, aunque también existe experiencia en suplementación con henos y silajes.

Tabla 1. Calidad nutricional promedio de seis cultivos de alfalfa, en tres años de pastoreo y en cinco momentos del año.

	PB	CHS	FDN	DIVMS
Primavera	17,3	7,6	42,3	66,6
Inicio de verano	15,0	5,3	44,5	64,0
Fin de verano	19,0	7,1	35,1	71,5
Inicio de otoño	17,8	6,0	32,5	70,4
Fin de otoño	20,7	8,8	35,7	74,5

¹PB: Proteína bruta; CHS: carbohidratos solubles; FDN: Fibra insoluble en detergente neutro; DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de materia seca. Fuente: Abdelhadi y Cangiano (2002).

14.1 Utilización de alfalfa bajo pastoreo para la producción de carne bovina

A diferencia de otros países, la mayoría de las pasturas de alfalfa para producción de carne en el cono sur de América Latina se utilizan bajo pastoreo directo (KLOSTER; ZANIBONI, 2007). Los sistemas ganaderos necesitan sostener sus bajos costos de producción para ser competitivos, y el pastoreo directo de forrajes es, en las condiciones productivas latinoamericanas, la mejor alternativa para alcanzar ese objetivo (ANDRADE et al., 2015).

La alfalfa, por su forma de crecimiento y su fisiología, es una especie que tolera pastoreos intensos, pero no frecuentes. La intensidad está relacionada la proporción de forraje remanente, mientras que por frecuencia se entiende al número de días transcurridos entre cortes o pastoreos sucesivos. La alfalfa no tolera bien el pastoreo continuo, siendo preferible el pastoreo rotativo, ya que la defoliación continua, sin períodos de descanso, puede conducir al agotamiento y muerte de la planta (CANGIANO, 2002; ROMERO et al., 1995a). Posee una raíz profunda y pivotante que le sirve, junto con la corona, como órgano de reserva de energía. Luego de un corte o pastoreo, la planta tiene muy pocas hojas remanentes, por lo que usa las reservas de la raíz para impulsar el crecimiento de nuevas hojas, sin depender del área foliar remanente para realizar fotosíntesis. Si la planta es pastoreada o cortada muy frecuentemente, antes de que esas reservas de energía se recuperen completamente, se verá obligada a hacer uso nuevamente de esas escasas reservas, situación que conduce a una disminución en el stand de plantas y que se traduce en disminuciones en la productividad de la pastura. La Figura 1 muestra la evolución de la cobertura, e indirectamente del stand de plantas, en pasturas de alfalfa sometidas a pastoreo continuo y pastoreo rotativo por tres temporadas (BARIGGI et al., 1979). El gráfico ilustra claramente sobre las ventajas del pastoreo rotativo en la persistencia y productividad de la alfalfa.

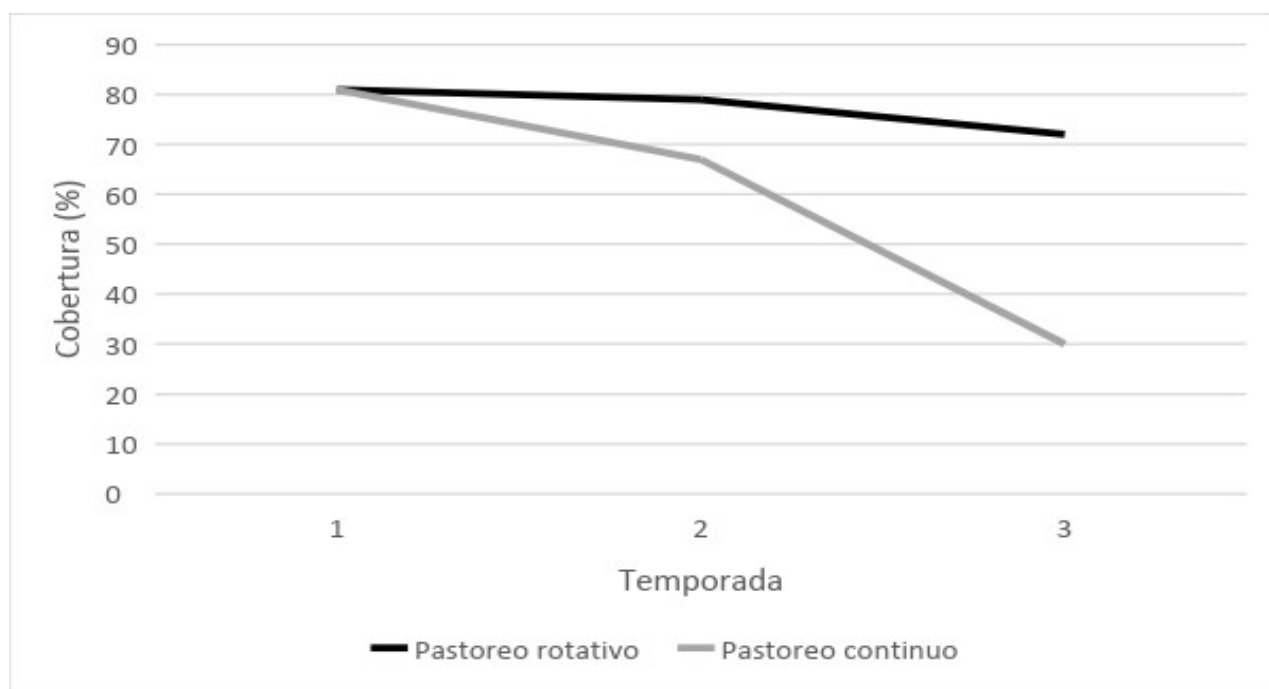


Figura 1. Porcentaje de cobertura registrado en potreros de alfalfa sometidos a pastoreo rotativo o continuo durante tres temporadas productivas.

Fuente: Adaptada de Bariggi et al. (1979).

En términos prácticos, para facilitar la toma de decisiones, la frecuencia de defoliación puede de dos maneras: a) a intervalos fijos o b) contemplando el estado de madurez de la planta. Lo importante es asegurarse una completa recuperación de reservas radiculares antes de iniciar un nuevo pastoreo. Como regla práctica, se considera que cuando la planta tiene alrededor de 20 cm de altura, ya ha desarrollado suficiente área foliar como para satisfacer el crecimiento subsiguiente y reponer las reservas en la raíz. Si la decisión es pastorear a intervalos fijos, se recomienda dar un período de descanso de al menos 35 días entre pastoreos, aunque esto puede variar dependiendo de la época del año y de la velocidad de crecimiento del forraje. El tiempo de pastoreo de cada parcela puede ser variable, aunque períodos muy largos podrían dar lugar a que los animales acaben por pastorear los rebrotes de la planta, dando lugar a agotamiento y pérdida de plantas. En general, se recomienda iniciar el pastoreo cuando se comienzan a visualizar los rebrotes de la corona (3-5 cm) o cuando aproximadamente el 10% de las plantas están en floración, ya que en ese estadio se logra el mejor balance entre calidad de forraje y producción (KLOSTER; ZANIBONI, 2007; ROMERO et al., 1995a). En general, prolongar los períodos de descanso más allá del inicio de la floración conducirá a una pérdida de calidad, con aumento en la proporción de tallos (MADDALONI; SOLÁ, 1985), lo que afectará la performance de los animales reduciendo las ganancias de peso.

Con respecto a la duración de los períodos de pastoreo, la evidencia recopilada en varias estaciones experimentales del INTA, en Argentina, indica que períodos de pastoreo de 6 a 12 días son aquellos que aseguran mejores ganancias de peso y mayor persistencia de la pastura. Romero et al. (1993) concluyeron que tiempos de pastoreo muy breves (3 días) o muy largos (18 días) generaban pérdidas en el stand de plantas y menor productividad total de materia seca. La explicación de esto sería que en pastoreos de larga duración (18 días), el animal selecciona y consume los rebrotes basales, conduciendo al agotamiento de las reservas de raíz. Dentro de los rangos de duración de pastoreo recomendados, la mayoría de la evidencia indica que duraciones más breves o más largas no tendrían gran impacto en las ganancias diarias de los animales. Fontana et al. (2017), trabajando en la región semiárida pampeana de la Argentina, no encontraron diferencias en ganancias de peso diarias cuando compararon duraciones de pastoreo de 3 días vs 7 días. Similares resultados fueron informados por investigadores de la pampa húmeda cuando compararon duraciones de 2 vs 7 días, aunque en este caso los autores encontraron un aumento en productividad de materia seca en el pastoreo de 2 días (+12,3%), lo que permitió aumentar proporcionalmente la carga y condujo a un aumento de productividad total expresado en kg de carne ha⁻¹ (KLOSTER et al., 2003). Sin embargo, pastoreos tan cortos implican un esfuerzo de mano de obra y costos que quizás no sea compensado por la ganancia marginal que se produce.

Dos factores que tienen gran incidencia sobre la productividad de carne en situaciones de pastoreo son: a) la carga animal (cabezas ha⁻¹ o kg PV ha⁻¹) y b) la asignación de forraje, definido este último como la cantidad de forraje diario asignado a cada animal, que suele expresarse en términos absolutos (kg MS cabeza⁻¹) o como porcentaje de peso vivo (kg MS 100 kg PV⁻¹). Naturalmente, la carga animal es un parámetro menos preciso, ya que no contempla la disponibilidad de forraje. Se acepta que a medida que aumenta la carga animal, la productividad individual se reduce mientras la productividad total por hectárea aumenta, hasta alcanzar un punto en el cual, de seguir aumentando la carga, ambas se verán reducidas drásticamente (MOTT, 1960). La explicación de esto es que con bajas cargas los animales no tienen limitaciones en su consumo, a la vez que tienen la posibilidad de seleccionar las fracciones de forraje de mayor calidad; pero, como aspecto negativo, la eficiencia de cosecha del forraje disminuye y este sub-aprovechamiento se traduce en bajas productividades por hectárea. Por otro lado, con cargas más ajustadas, los animales seleccionan menos, ingiriendo más proporción de tallos, lo cual reduce la calidad nutricional de la dieta ingerida. La eficiencia de cosecha aumenta, pero pueden darse situaciones donde los animales no puedan satisfacer todo su potencial de consumo de materia seca. Ustarroz y Brunetti (1984) mostraron que las ganancias de peso individuales disminuyeron linealmente con el aumento de la carga animal, mientras que la producción de carne por hectárea aumentó hasta un límite de 6,5 cabezas ha⁻¹. Por

otro lado, cargas instantáneas muy altas pueden llevar a pérdida de plantas y afectar algunas propiedades físicas del suelo por la alta presión de pastoreo (KLOSTER; ZANIBONI, 2007).

Con respecto al impacto de la asignación forrajera, tanto en pastoreo de alfalfa como en el resto de los forrajes, la producción individual aumenta en la medida en que aumenta la disponibilidad de forraje (SOLLENBERGER; VANZANT, 2011). Sin embargo, Ustarroz et al. (1997) han señalado que la respuesta a asignaciones crecientes varía según la estación del año. A principios de primavera, con forraje abundante y de mayor calidad, los animales son capaces de cosechar suficiente energía aun con asignaciones bajas, por lo que las ganancias individuales se independizan relativamente de la cantidad de forraje ofrecido. En verano, en cambio, las pasturas pierden calidad rápidamente, por lo que para obtener mejores ganancias individuales es necesario asignar mayor cantidad de forraje por animal.

Asignaciones de forraje menores, o cargas animales más altas, aumentan la eficiencia de cosecha del forraje, aunque disminuyen la capacidad de los bovinos para seleccionar los estratos más digestibles (hojas), obligándolos a aumentar la ingesta de las fracciones menos digestibles (tallos). En esos casos, si bien es posible observar un aumento en la productividad total por hectárea, se verifican caídas en las ganancias individuales. Lo más importante en estos casos es que las menores ganancias individuales alargan el tiempo necesario para alcanzar la terminación, pudiendo afectar negativamente los resultados económicos y la rotación del capital (KLOSTER et al., 2003).

14.2 Utilización de alfalfa en mezclas con gramíneas

La utilización de alfalfa en mezclas con especies gramíneas posee algunas ventajas que justifican su consideración. Por un lado, se combinan la fijación biológica de nitrógeno que aporta la alfalfa como leguminosa con los efectos positivos que tienen las gramíneas aportando materia orgánica al suelo y mejorando la estructura física del suelo a través de su sistema radicular (KLOSTER; ZANIBONI, 2007). Por otro lado, reduce el riesgo de meteorismo espumoso que siempre está latente en pasturas de alfalfa puras. Además, la selección correcta de la especie acompañante puede ayudar a llenar los baches de producción estacionales de la alfalfa. En ciertos casos, la producción total de forraje en mezclas consociadas puede superar a la alfalfa pura. Bruno et al. (1987) comparando la producción de alfalfa pura con la de diferentes mezclas de alfalfa asociada con *Bromus catharticus*, *Dactylis glomerata* y *Festuca arundinacea* a lo largo de cuatro años, concluyeron que todas las mezclas produjeron más forraje que la alfalfa pura, en particular durante el tercer y cuarto año, destacándose la productividad de la mezcla de alfalfa con *Festuca arundinacea*. Las pasturas combinadas mostraron una producción notablemente superior respecto de la alfalfa pura

durante el otoño y el invierno, además de una mayor capacidad para competir contra las malezas.

El desafío más grande en las mezclas de alfalfa con gramíneas es lograr un manejo que contemple las necesidades fisiológicas de crecimiento de todas las especies componentes de la mezcla. Por ejemplo, una mezcla de alfalfa con festuca puede convertirse en pocos años en una pastura pura de festuca si se aplica pastoreo continuo, o acabar en un alfalfar puro si se aplican altas intensidades de defoliación que no dejen área foliar remanente para el rebrote de la festuca (ROMERO et al., 1995a).

14.3 Suplementación de la alfalfa

Se entiende por suplementación la práctica por la cual se suministra una fuente adicional de nutrientes a animales cuya dieta base procede del pastoreo directo de forrajes en pie. En el caso de la alfalfa, la suplementación se hace fundamentalmente con fuentes de energía -en particular granos-, aunque también hay experiencias de suplementación con silajes y henos (LATIMORI; KLOSTER, 1997). La suplementación con fuentes proteicas sería innecesaria ya que el contenido de proteína bruta de la alfalfa es siempre alto (Tabla 1). Como en todos los forrajes consumidos en pastoreo directo, la performance animal depende del balance entre la disponibilidad (kg MS animal^{-1} o kg MS kg PV^{-1}) y la calidad del forraje, siendo generalmente la disponibilidad de forraje la variable más importante (SOLLENBERGER; VANZANT, 2011). El aumento diario de peso vivo crece lineal o cuadráticamente en la medida en que aumenta la disponibilidad de forraje (HERNÁNDEZ GARAY et al., 2004). De igual manera, los efectos de la suplementación variarán de acuerdo con la cantidad y la calidad del forraje base, el tipo y la cantidad de suplemento suministrado y la clase de animal considerado (biotipo o raza).

Las mejores eficiencias de conversión del suplemento se obtendrán cuando la calidad del forraje sea baja o cuando la cantidad de forraje sea limitante del consumo, como ocurre cuando la presión de pastoreo es muy alta, obligando a los animales a comer materiales de menor calidad (LATIMORI; KLOSTER, 1997). En cambio, cuando no existan limitaciones de calidad o cantidad, es probable que no se observen efectos individuales de la suplementación, pero si se verá aumentada la receptividad de la pastura, permitiendo aumentar la carga animal (LATIMORI; KLOSTER, 1997).

La alfalfa se caracteriza por tener siempre un bajo contenido de carbohidratos solubles y un alto contenido de proteína soluble. Esta situación se ve acentuada en otoño, cuando los rebrotes de alfalfa presentan una baja productividad y un desequilibrio entre los tenores de carbohidratos y proteína solubles (ABDELHADI; CANGIANO, 2002). En estas circunstancias las ganancias diarias de peso suelen ser menores que las esperadas y el efecto de la suplementación suele ser correctivo (LATIMORI; KLOSTER, 1997). Las explicaciones son variadas. Por un lado, se considera que el

alto contenido de humedad del forraje en esta época conduce a una ingesta de materia seca total menor al potencial de los animales. Por otro lado, es posible que el desbalance entre carbohidratos y proteína solubles, que conduce a elevadas concentraciones de amonio en rumen, resulta en consecuencias metabólicas negativas debido a los procesos de detoxificación (REARTE et al., 1989). En estos casos, la suplementación con granos, henos o silajes diluye la ingesta de proteína soluble, aumenta el consumo de materia seca y mejora tanto la performance individual como la productividad por hectárea.

Latimori et al. (1995) analizaron los resultados de cuatro años de suplementación otoñal de alfalfas con granos de sorgo o maíz al 0,7% PV y encontraron mejoras promedio de 250 g día⁻¹ en las ganancias de peso individuales respecto del control. En pasturas con baja oferta de alfalfa (1,6 kg MS 100 kg PV⁻¹), Kloster et al. (2004) suplementaron con dos niveles de grano de maíz (0,5 y 1 kg 100 kg PV⁻¹) y dos niveles de silaje de maíz (0,7 y 1,4 % PV). En todos los casos observaron una respuesta positiva en ganancia de peso a la suplementación. En dicha experiencia, realizada con alfalfas que tenían 21-22% de MS y bajos contenidos de FDN (35-38%), la suplementación con maíz produjo mejoras en la ganancia de peso de 38 y 52%, para suplementaciones con grano al 0,5 y 1 kg 100 kg PV⁻¹, respectivamente. Por otro lado, la suplementación con silaje de maíz también produjo un incremento de la ganancia diaria de peso vivo individual del orden de 28 y 40% para a niveles de silaje de 0,7 y 1,4 kg 100 kg PV⁻¹, respectivamente. En los casos de limitada asignación de forraje, la sustitución suele ser baja y la suplementación suele tener un efecto aditivo, aumentando las respuestas individuales, incluso cuando se suplementa con fuentes de calidad moderada, como los silajes. En condiciones de disponibilidad de heno de alfalfa *ad libitum*, Elizalde et al. (1999) registraron una disminución lineal del consumo de forraje y un aumento lineal del consumo total de materia orgánica cuando el nivel de suplementación con maíz pasó del 0,4% del peso vivo al 1,2 % del peso vivo. Por otro lado, los autores no encontraron efecto del nivel de suplementación con maíz partido (0,4 a 1,2 % del peso vivo) sobre la digestibilidad de la fibra de la alfalfa.

Si bien la información respecto de suplementación de alfalfas en pastoreo es escasa para ganado de carne, la composición química de la alfalfa hace que la suplementación con fuentes energéticas sea una opción viable, especialmente en otoño o cuando hay escasa disponibilidad de forraje. Por otro lado, silajes y henos han sido utilizados con éxito también, aunque siempre en estos casos es fundamental asegurarse que la fuente de forraje conservado utilizada sea de buena calidad (ABDELHADI; CANGIANO, 2002).

14.4 Calidad de carne de animales terminados en alfalfa bajo pastoreo

En los últimos años, ha crecido la preocupación en los países occidentales acerca de la ingesta excesiva de grasas saturadas en relación al de grasas insaturadas y de ácidos grasos omega 6 en relación a los omega 3 (relación n-6/n-3) (WILLIAMS, 2000). Esta situación se considera un factor de riesgo para la aparición de enfermedades coronarias, cáncer y otros trastornos de salud (RUSSO, 2009). Por tal motivo, el perfil de ácidos grasos de la carne adquiere una importancia creciente de cara a los consumidores. Dicho perfil de ácidos grasos está afectado -a pesar de la bio-hidrogenación ruminal- por la dieta ingerida, siendo los animales alimentados con forrajes aquellos que presentan un perfil de ácidos grasos más saludables (PORDOMINGO et al., 2012, VOLPI-LAGRECA et al., 2013).

La alfalfa posee un perfil de ácidos grasos en el cual predomina (> 50%) el ácido linolénico (C18:3 n-3), y donde la sumatoria de los ácidos grasos linolénico, palmítico (C16:0) y linoleico (C18:2 n-6) representa alrededor del 90-95% de los ácidos grasos totales (GARCIA et al., 2016). Las diferencias en el perfil de ácidos grasos de la alfalfa con respecto a otras especies forrajeras son pequeñas. Menores contenidos relativos de ácido linolénico y mayores contenidos relativos de linoleico y palmítico en leguminosas respecto de gramíneas han sido informados por Clapham et al. (2005). Schmidt et al. (2013) consignaron valores porcentuales de ácido linolénico en alfalfa de 54,84%, seguido por el ácido palmítico con 18,19% y el ácido linoleico con 17,37%. Según estos autores, la alfalfa posee contenidos de C18:3 similares a los de caupí (*cowpea*) (*Vigna unguiculata*) y pasto bermuda (*Cynodon dactylon*), pero más bajos que los de mijo perla (*Pennisetum glaucum*) y achicoria (*Cichorium intybus*). Wright et al. (2015) estimaron en alfalfa un contenido de ácido linoleico de 45 %, notoriamente más bajo que lo encontrado en soja, festuca y pasto Sudán (*Sorghum x drummondii*); por otro lado, los niveles de ácido palmítico y linoleico fueron más altos.

Naturalmente, el rumen representa una enorme barrera en la cual la amplia mayoría de los ácidos grasos sufren una hidrogenación completa, incorporándose además dobles ligaduras de conformación *trans* durante el proceso (LEE; JENKINS, 2011). Algunas de estas dobles ligaduras *trans* perduran y escapan del rumen como tales, dando lugar a la aparición especies de ácido linoleico conjugado, sobre las cuales también se han señalado importantes efectos en salud humana.

Pordomingo et al. (2009) estimaron el perfil de ácidos grasos y la proporción de los diferentes grupos (ácidos grasos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados n-6, poliinsaturados n-3) del *Longissimus dorsi* de vaquillonas de diferentes razas terminadas sobre alfalfa luego de un período de pastoreo de 182 días ininterrumpidos (Tabla 2). La carne obtenida de estos animales mostró una baja relación n-6/n-3 (1,54, Tabla 2), considerada dentro del rango de alimentos saludables (HODSON et al., 2001; KANG et al., 2005). Cabe aclarar que el perfil de ácidos grasos obtenido en animales

terminados en alfalfa no difiere del obtenido en terminaciones con base en otros forrajes frescos consumidos bajo pastoreo, ya sean gramíneas o leguminosas (WRIGHT et al., 2015). Sin embargo, es muy diferente del perfil obtenido con terminaciones en confinamiento (*feed-lot*), mostrando niveles más altos de ácidos grasos n-3, relaciones n-6/n-3 más bajas y relaciones AGPI/AGS más altas, además de mayores valores de ácido linoleico conjugado, todos parámetros compatibles con una dieta más saludable.

Tabla 2. Perfil de ácidos grasos en carne de novillos sacrificados después de 182 días de pastoreo de alfalfa.

Ácido graso	Porcentaje
C14:0	2,30
C16:0	25,43
C16:1	2,66
C18:0	13,96
C18:1 <i>trans</i>	1,82
C18:1 <i>cis</i>	35,26
C18:2 n6	2,81
C18:3 n3	1,11
CLA c9t11	0,64
20:4 n6	1,02
AGS	41,68
AGMI	39,74
AGPI n6	4,19
AGPI n3	2,72
AGPI	6,91
n6/n3	1,54

AGS: ácidos grasos saturados. AGMI: ácidos grasos monoinsaturados, AGPI: ácidos grasos poliinsaturados, AGPI n6: ácidos grasos poliinsaturados omega-6, AGPI n3: ácidos grasos poliinsaturados omega-3, n6/n3: relación omega-6/omega-3. Fuente: Pordomingo et al. (2009).

Con respecto a las características físicas y sensoriales de carne obtenida de animales pastoreando alfalfa, Schmidt et al. (2013) comparan los valores de marmoreo y color de carne producida sobre alfalfa en comparación con la generada pastoreando otras especies (achicoria, pasto bermuda, mijo perla y caupí) y no detectaron diferencias. Sin embargo, los autores señalaron que la alfalfa producía carne con mayor terneza instrumental (menores valores de fuerza de corte en cizalla Warner Bratzler) y que, ofrecida a un panel de consumidores, la carne de animales terminados en alfalfa recibió las mejores calificaciones respecto de sus características sensoriales, siendo la preferida por los consumidores. No obstante, otros autores (Wright et al., 2015) no han confirmado estas diferencias cuando compararon carne terminada sobre gramíneas versus carne obtenida de un pastoreo de alfalfa y caupí. En ambos trabajos no se observaron diferencias en el porcentaje de lípidos y de proteínas ni en la composición mineral de la carne de novillos que pastorearon las especies forrajeras mencionadas (SCHMIDT et al., 2013; WRIGHT et al., 2015).

Referencias

ABDELHADI, L. O.; CANGIANO, C. A. Suplementación en pastoreo. In: CANGIANO, C. A. (Ed). **Manual de alfalfa**. Buenos Aires: Ediciones INTA, 2002. 1 CD ROM.

ANDRADE, A. T. de; ROSSI, R. C.; STIVAL, V. P.; OLIVEIRA, E. A. de; SAMPAIO, A. A. M.; ROSA, B. L. Diferentes suplementos na terminação de bovinos Nelore em pastagem diferida de *Brachiaria decumbens* no período da seca. **Boletim de Indústria Animal**, v. 72, n. 2, p. 91-101, 2015. DOI: 10.17523/bia.v72n2p91.

BALL, D. M., HOVELAND, C. S.; LACEFIELD, G. D. **Southern forages, modern concept for forage crop management**. Georgia: International Plant Nutrition Institute/EEUU, 2007. 323 p.

BARIGGI, C.; HERNÁNDEZ, R.; ROMERO, N.; ZANELLI, M., CRAGNAZ, A.; ROSSANIGO, R. **Efecto de la frecuencia de corte en primavera y otoño en la longevidad y productividad de la alfalfa en la región pampeana Argentina. I. Contenido de proteína del forraje II. Niveles de carbohidratos disponibles en las raíces**. [S.l.: s.n.], 1979. 83 p. (Documento trabajo, 5). Bs. As. Proyecto PNUD-FAO-INTA Argentina 75/006.

BRUNO, O. A.; ROMERO, L. A.; FOSSATI, J. L.; QUAINO, O. R. **Evaluación de mezclas simples de alfalfa y gramíneas bajo pastoreo**. In: PRODUCCIÓN de pasturas para engorde y producción de leche. Montevideo: IICA/BID, 1987. p. 121-125.

CANGIANO, C. A. Manejo de la defoliación. In: CANGIANO, C. A. (Ed.). **Manual de alfalfa**. Buenos Aires: Ediciones INTA, 2002. 1 CD ROM.

CLAPHAM, W. M.; FOSTER, J. G.; NEEL, J. P. S.; FEDDERS, J. M. Fatty acid composition of traditional and novel forages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 26, p. 10068-10073, Nov. 2005. DOI: 10.1021/jf0517039.

ELIZALDE, J. C.; MERCHEN, N. R.; FAULKNER, D. B. Supplemental cracked corn for steers fed fresh alfalfa: I. Effects on digestion of organic matter, fiber, and starch.. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 2, p. 457-466, Feb. 1999. DOI: 10.2527/1999.772457x.

FONTANA, L. M. C.; ALENDE, M.; GELID, L.; JOULI, R. Efecto de la duración del período de pastoreo sobre la respuesta productiva de novillos sobre alfalfa (*Medicago sativa* L.). In: CONGRESO ARGENTINO DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 40., 2017, Córdoba. **Resúmenes...** Buenos Aires: Asociación Argentina de Producción Animal, 2017.

GARCIA, P. T.; PORDOMINGO, A.; PEREZ, C. D.; RÍOS, M. D.; SANCHO, A. M.; VOLPI LAGRECA, G.; CASAL, J. J. Influence of cultivar and cutting date on the fatty acid composition of forage crops for grazing beef production in Argentina. **Grass and Forage Science**, v. 71, n. 2, p. 235-244, June 2016. DOI: 10.1111/gfs.12167.

HERNÁNDEZ GARAY, A.; SOLLENBERGER, L. E.; MCDONALD, D. C.; RUEGSEGGER, G. J.; KALMBACHER, R. S.; MISLEVY, P. Nitrogen fertilization and stocking rate affect stargrass pasture and cattle performance. **Crop Science**, v. 44, n. 4, p. 1348-1354, 2004. DOI: 10.2135/cropsci2004.1348.

HODSON, L.; SKEAFF, C. M.; CHISHOLM, W.-AH. The effect of replacing dietary saturated fat with polyunsaturated or monounsaturated fat on plasma lipids in free-living young adults. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 55, n. 10, p. 908-915, 2001. DOI: 10.1038/sj.ejcn.1601234.

KANG, M. J.; SHIN, M. S.; PARK, J. N.; LEE, S. S. The effects of polyunsaturated: saturated fatty acids ratios and peroxidisability index values of dietary fats on serum lipid profiles and hepatic enzyme activities in rats. **British Journal of Nutrition**, v. 94, n. 4, p. 526-532, Oct. 2005. DOI: 10.1079/BJN20051523.

KLOSTER, A. M.; LATIMORI, N. A.; AMIGONE, A. M. **Efecto del sistema de pastoreo y de la carga sobre la productividad de carne en una pastura base alfalfa**. Marcos Juárez: INTA, 2003. 14 p. (INTA Marcos Juárez. Informe técnico, 129).

KLOSTER, A. M.; LATIMORI, N. J.; AMIGONE, M. A. Suplementación de novillitos con dos fuentes energéticas en una pastura de alfalfa y gramíneas a baja asignación de forraje. **RIA**, v. 33, n. 1, p. 101-116, 2004.

KLOSTER, A. M.; ZANIBONI, C. M. Manejo y utilización de pasturas de alfalfa en producción de carne. In: BASIGALUP, D. (Ed.). **El cultivo de alfalfa en Argentina**. Buenos Aires: INTA Ediciones, 2007. p. 277-301.

LATIMORI, N. J.; KLOSTER, A. M. Suplementación sobre pasturas de calidad. In: LATIMORI, N. J.; KLOSTER, A. M. **Invernada bovina en zonas mixtas: claves para una actividad más rentable y eficiente**. Marcos Juárez: INTA, 1997. p. 93-114. (INTA Agro 2 de Córdoba).

LATIMORI, N. J.; KLOSTER, A. M.; AMIGONE, M.A. **Dos alternativas de suplementación energética en invernada sobre pasturas perennes de alta calidad**. Marcos Juárez: INTA, 1995. (INTA. Informe técnico, 115).

LEE, Y.-J.; JENKINS, T. C. Biohydrogenation of linolenic acid to stearic acid by the rumen microbial population yields multiple intermediate conjugated diene isomers. **The Journal of Nutrition**, v. 141, n. 8, p. 1445-1450, Aug. 2011. DOI: 10.3945/jn.111.138396.

MADDALONI, J.; SOLÁ, S. **Frecuencia de corte en alfalfa**. Pergamino: INTA, 1985. 12 p. (INTA. Informe técnico, 206).

MOTT, G. O. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRES, 8., 1960, Reading. **Proceedings...** Reading: International Grassland Congress, 1960. p. 601-611.

NUTRIENT requirements of beef cattle. Washington, DC: National Academy Press, 1996. 232 p.

PORDOMINGO, A. J.; GARCÍA, T. P.; VOLPI LAGRECA, G. Effect of feeding treatment during the backgrounding phase of beef production from pasture on: II. *Longissimus* muscle proximate composition, cholesterol and fatty acids. **Meat Science**, v. 90, n. 4, p. 947-955, Apr. 2012. DOI: 10.1016/j.meatsci.2011.11.038.

PORDOMINGO, A. J.; PORDOMINGO, A. B.; LERNOUD, P.; VOLPI LAGRECA, G.; GARCIA, P. T. Carne de vaquillonas F1, Criollo, Hereford o Shorthorn x Angus, terminadas en pastoreo de alfalfa. 2. perfil de lípidos. In: CONGRESO ARGENTINO DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 32., 2009, Malargüe. **Resúmenes...** Buenos Aires: Asociación Argentina de Producción Animal, 2009.

REARTE, D. H.; SANTINI, F. J.; GARCIARENA, A. D.; GONDA, H. L. Ambiente ruminal y cinética

de la digestión de dos pasturas estivales. In: CONGRESO ARGENTINO DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 1989, Mendoza. **Resúmenes...** Buenos Aires: Asociación Argentina de Producción Animal, 1989.

ROMERO, N. A.; COMERON, E. A.; USTARROZ, E. Crecimiento y utilización de la alfalfa. In: HIJANO, E. H.; NAVARRO, A. (Ed.). **La alfalfa en la Argentina**. Buenos Aires: INTA, 1995a. p. 149-170. (Subprograma Alfalfa. Enciclopedia agro de cuyo, manuales 11).

ROMERO, N. A.; JUAN, N. A.; CASTELL, C.V.; GONZALEZ, A. D. **Efecto de la duración del período de pastoreo sobre la persistencia y producción de alfalfa con distinto reposo invernal**. Anguil: INTA/EEA, 1995b. (INTA. Publicación técnica, 46).

RUSSO, G. L. Dietary $n - 6$ and $n - 3$ polyunsaturated fatty acids: from biochemistry to clinical implications in cardiovascular prevention. **Biochemical Pharmacology**, v. 77, n. 6, p. 937-946, Mar. 2009. DOI: 10.1016/j.bcp.2008.10.020.

SCHMIDT, J. R.; MILLER, M. C.; ANDRAE, J. G.; ELLIS, S. E.; DUCKETT, S. K. Effect of summer forage species grazed during finishing on animal performance, carcass quality, and meat quality. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 9, p. 4451-4461, Sept. 2013. DOI: 10.2527/jas.2012-5405.

SOLLENBERGER, L. E.; VANZANT, E. S. Interrelationships among forage nutritive value and quantity and individual animal performance. **Crop Science**, v. 51, n. 2, p. 420-432, 2011. DOI: 10.2135/cropsci2010.07.0408.

USTARROZ, E.; BRUNETTI, M. A. Ganancia de peso vivo individual y por hectárea en pasturas de alfalfa con distintos grados de reposo invernal. **Revista Argentina de Producción Animal**, v. 14, p. 93-94, 1984. Suplemento.

USTARROZ, E.; KLOSTER, A.; LATIMORI, N.; ZANIBONI, C.; MENDEZ, D. Intensificación de la invernada sobre pasturas base alfalfa. 'In: CONGRESO ARGENTINO DE PRODUCCIÓN INTENSIVA DE CARNE, 1., 1997, [s.l]. **Memorias...** Buenos Aires: [s.n.], 1997. p. 181-202. Disponible em: <http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_pastoril_o_a_campo/32-intensificacion_de_la_invernada_sobre_alfalfa.pdf>. Acceso em: 10 mar. 2018.

VOLPI-LAGRECA, G.; PORDOMINGO, A. J.; ALENDE, M.; GARCÍA, P. T. Grasa intramuscular y perfil de ácidos grasos de la carne de novillos con diferentes estrategias de recría o terminación. In: PORDOMINGO, A. (Ed.). **Avances en calidad de carne bovina**. La Pampa: Ediciones INTA, 2013. p. 82-90.

WILLIAMS, C. M. Dietary fatty acids and human health. **Annales de Zootechnie**, v. 49, n. 3, p. 165-180, May/June 2000. DOI: 10.1051/animres:2000116.

WRIGHT, A. M.; ANDRAE, J. G.; FERNANDEZ ROSSO, C.; MILLER, M. C.; PAVAN, E.; BRIDGES, W.; DUCKETT, S. K. Effect of forage type with or without corn supplementation on animal performance, beef fatty acid composition, and palatability. **Journal of Animal Science**, v. 93, n. 10, p. 5047-5058, Oct. 2015. DOI: 10.2527/jas.2015-8939.

CAPÍTULO 15. ALFALFA EN LA ALIMENTACIÓN DE CABRAS LECHERAS

Raquel Ornelas Marques, Heraldo César Gonçalves y Paulo Roberto de Lima Meirelles

En la cría de cabras, así como en otros sistemas de producción, la alimentación es uno de los factores de mayor importancia, dado que contabiliza entre el 60 y el 70% de los costos (GONÇALVES et al., 2008).

La harina de soja es tradicionalmente el principal ingrediente proteico de las dietas para la alimentación de las cabras lecheras. Sin embargo, su uso aumenta considerablemente el costo de la producción de leche y puede, algunas veces durante el año, hacer que la operación sea económicamente inviable por tratarse de materias básicas (*commodities*). Por lo tanto, la inclusión de la alfalfa como su sustituto puede ser una estrategia para permitir la producción de leche en algunas regiones.

La alfalfa se puede ofrecer a las cabras de diferentes maneras: natural (verde), tanto cortada y suministrada picada o entera como en pastoreo (Figura 1); o conservada como heno, ensilaje pre-secado o pellets (Figura 2). En este capítulo solo se abordará su uso en la forma natural, porque es la que tiene el menor costo de producción (PEREIRA; CÓSER, 2016).



Figura 1. Alfalfa en forma verde natural: pastoreo (A) y suministrada en comedero (B).

Foto: Raquel Ornelas Marques.



Figura 2. Alfalfa conservada: heno (A), ensilaje pre-secado (B) y pellets (C).

Foto: Raquel Ornelas Marques.

15.1 Pastoreo

El principio básico para el uso de la alfalfa en pastoreo es la disminución de los costos, especialmente en gastos de equipamiento, combustibles y mano de obra (TUPY et al., 2015).

Las cabras son extremadamente selectivas, por lo que caminan mucho por la pastura en busca de las partes más nutritivas de forraje. Por tener tamaño reducido, cabeza pequeña y boca con labios y lengua móviles y ágiles (Figura 3A), desarrollaron una gran capacidad para elegir las partes más ricas de los vegetales, como hojas y brotes y, en consecuencia, ingerir alimentos con mayor valor nutricional (VAN SOEST, 1987). Por otro lado, desperdician un gran volumen de alimentos, a punto tal que cuando utilizan pasturas de gran extensión estas pérdidas pueden llegar a más del 50% (MEDEIROS et al., 1994).

En consecuencia, se recomienda el pastoreo rotativo para que los animales realicen un pastoreo intenso, pero de corta duración, permitiendo así la selección de forraje pero sin una defoliación excesiva (Figura 3A) y sin que los animales se echen (acuesten) en la pastura (Figura 3B).

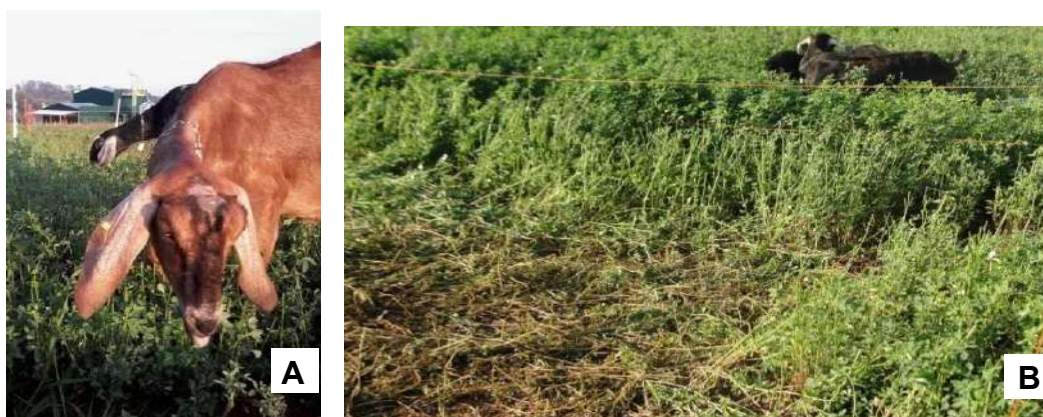


Figura 3. Selectividad en pastoreo rotativo (A) y área con una gran defoliación y echado de los animales (B).

Foto: Raquel Ornelas Marques.

En el pastoreo rotativo los animales deben permanecer diariamente en el alfalfar por períodos de media a dos horas, pero sin exceder una hora por período, evitando así el desperdicio de forraje, ya que, por la gran aceptabilidad de la alfalfa y las características peculiares de ingestión de las cabras, se produce una rápida ingesta de masa seca. Permanecer más tiempo en la pastura aumentará el riesgo de desperdicio por pisoteo y reposo de los animales, a lo que se suma su hábito de cavar que abre áreas de tierra para acostarse (Figura 4).



Figura 4. Área pisoteada para el descanso (A) y área con pérdida de plantas por pastoreo inadecuado (B).
Foto: Raquel Ornelas Marques.

Según Parente et al. (2005), las cabras pastan alrededor de 10 horas al día, con dos períodos más intensos al amanecer y al atardecer. Por lo tanto, el pastoreo de la alfalfa debe realizarse en las primeras horas de la mañana (entre las 7:00 y las 9:00) y/o al final de la tarde y temprano en la noche (entre las 17:00 y las 19:00). Desde el punto de vista nutricional, este último período es el más recomendado debido al mejor equilibrio de nutrientes en el forraje (BAGGIO et al., 2008).

El pastoreo rotativo se puede llevar a cabo en piquetes de tamaño fijo -planificados de acuerdo con el tamaño del rebaño- o en franjas, donde los animales ingresan a un área limitada de pasto que varía según la disponibilidad de forraje y el número de animales y cuyo tamaño se calcula para proporcionar la cantidad de alfalfa que los animales necesitan diariamente. Debido al comportamiento selectivo de las cabras, después del pastoreo -independientemente si se realizó en piquetes de tamaño fijo o en franjas- debe realizarse un corte de emparejamiento a una altura de 8 a 10 cm, lo que permite una mejor uniformidad del rebrote y una rápida recuperación de las plantas (Figura 5). El forraje resultante del corte se puede suministrar en comederos a categorías de rebaños menos exigentes, como cabras secas y chivos.

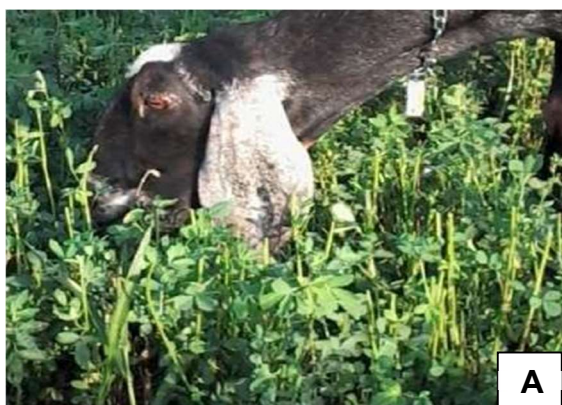


Figura 5. Alfalfa post pastoreo selectivo, mostrando gran cantidad de tallos (A) y corte de emparejamiento de la pastura con una cortadora mecánica manual (B).

Foto: Raquel Ornelas Marques (A); Reinaldo de Paula Ferreira (B).

15.2 Verde entera o cortada en comedero

La alfalfa también puede cosecharse y ofrecerse verde -picada o entera- en comederos, tanto como si en la granja no hubiera posibilidad de que las cabras salgan a pastorear como si esta opción facilitara el manejo de la alimentación del rebaño. Se recomienda ofrecerla a los animales antes de que reciban cualquier otro forraje, ya sea proporcionado en el comedero o en pastoreo.

La alfalfa cortada se puede suministrar como planta entera (Figura 6A) o picada groseramente en partículas de aproximadamente 5 a 10 cm (Figura 6B), lo que reduce los desperdicios por selección y durante el consumo. Sin embargo, el forraje no debe triturarse, ya que las cabras tienden a rechazar forrajes extremadamente picados, especialmente en la forma verde, debido al exceso de humedad. (RIBEIRO, 1997).



Figura 6. Alfalfa cortada entera (A) y picada groseramente (B).

Foto: Raquel Ornelas Marques

El uso de pesebres con recolector de residuos también es una alternativa para proporcionar alfalfa a las cabras (Figura 7).



Figura 7. Pesebre con colector de residuos.
Foto: Raquel Ornelas Marques.

15.3 Producción y composición de la leche

La ingesta de materia seca tiene gran importancia porque refleja la capacidad de consumo del animal y es uno de los principales determinantes de la producción, considerando que los animales con mayor capacidad de consumo diario tienen mayor potencial de producción de leche (RESENDE et al., 2007). En el caso de la alfalfa, por tratarse de un forraje de alta degradabilidad y digestibilidad, estas características favorecen aún más la ingesta de materia seca. También se enfatiza que la alfalfa tiene el potencial de aumentar el contenido de grasa en la leche, ya que tiene fibras largas que permiten que las bacterias ruminales produzcan una gran cantidad de ácidos grasos volátiles, que son los precursores de la grasa en la leche.

En un trabajo de la Universidad Estadual Paulista (UNESP) de Botucatu (SP), al reemplazar totalmente la harina de soja del concentrado con alfalfa en pastoreo para cabras lecheras en lactancia temprana -entre los días 30 y el 90 de lactación-, Marques (2015) observó una reducción de la ingesta de concentrados y de pasto Guinea [*Megathyrus maximus* (ex *Panicum maximum*)] var. Tobiatá en comparación con el tratamiento que recibió la gramínea como única forrajera (Tabla 1). Este menor consumo puede explicarse por el efecto compensatorio ejercido por la alfalfa que, al tener mayor aceptabilidad y ser más rica en nutrientes que el pasto Guinea, proporcionó a los animales menores requerimientos nutricionales con un menor consumo de alimentos.

Tabla 1. Promedios diarios de ingesta de materia seca (MS) de concentrado, alfalfa y pasto Guinea var. Tobiata en función de las dietas suministradas.

Variable	Dietas	
	Maíz + harina de soja	Maíz + alfalfa en pastoreo
Consumo MS (kg cabra ⁻¹ día ⁻¹)		
Concentrado	1,07 a	0,88 b
Alfalfa	-	0,27
Pasto Guinea var. Tobiata	0,94 a	0,43 b
Consumo MS total (kg cabra ⁻¹ día ⁻¹)	2,01 a	1,58 b

Las medias seguidas de diferentes letras en las líneas difieren entre sí (P<0.05) por la prueba de Tukey.

Fuente: Marques (2015).

A pesar de la menor ingesta total de materia seca de los animales que recibieron alfalfa en pastoreo, no se observaron diferencias en la producción de leche ni en la producción de leche ajustada por el 3,5% de grasa de la dieta con alfalfa (Tabla 2) en comparación con la convencional, lo que demuestra que la inclusión de la alfalfa en pastoreo para la dieta de cabras no influyó en la producción de leche.

Tabla 2. Producción de leche, producción de leche corregida por el 3.5% de grasa, eficiencia alimenticia, proporciones de grasa y proteína de leche de cabra en función de las dietas.

Variable	Dietas	
	Maíz + harina de soja	Maíz + alfalfa en pastoreo
Producción de leche (kg día ⁻¹)	2,16	2,05
Producción de leche corregida por 3,5% de grasa (kg día ⁻¹)	2,4	2,35
Eficiencia alimentaria (kg de leche producida) / kg de MS consumida)	1,08 b	1,31 a
Grasa (g kg ⁻¹)	42,60b	44,00a
Proteína (g kg ⁻¹)	32,9	31,8

Los promedios seguidos de diferentes letras en las líneas difieren entre sí (P<0.05) por la prueba de Tukey.

Fuente: Marques (2015).

La dieta con la inclusión de la alfalfa en pastoreo mostró una mejor eficiencia alimenticia en comparación con la dieta convencional (Tabla 2), es decir que las cabras presentaron una producción de leche similar, pero consumiendo una menor cantidad de alimentos. Esto demuestra que el pastoreo de alfalfa disminuye los costos de alimentación porque además de que la dieta tiene un menor costo por kg de materia seca, las cabras consumieron menos alimentos, lo que redundó en una reducción de los costos de producción del litro de leche.

El contenido de grasa fue mayor en la dieta con alfalfa en pastoreo (Tabla 2), probablemente debido a que la mejor relación energía/proteína de la dieta proporcionó un ambiente ruminal favorable para una mayor producción de ácido acético, un precursor directo del 50% de la grasa de la leche (SANTOS et al., 2001).

La inclusión de la alfalfa en pastoreo no influyó en el contenido de proteína de la leche en comparación con los animales que recibieron harina de soja en la dieta (Tabla 2), lo que demuestra que hubo una provisión similar de aminoácidos para que la glándula mamaria sintetizara la proteína de la leche.

15.4 Costos de producción

En comparación con una dieta convencional para cabras en lactación, el reemplazo total de la harina de soja del concentrado por alfalfa en pastoreo redujo el costo de producción por litro de leche y, en consecuencia, aumentó el ingreso neto por litro (MARQUES, 2015). Los costos de producción del litro de leche se redujeron en 19,35% y, como resultado, se produjo un incremento del 4,26% en la rentabilidad neta por litro de leche.

El estudio del costo de producción es de suma importancia para el éxito de una explotación lechera, pues, aunque es posible que la producción ni siquiera aumente con la inclusión de la alfalfa en la dieta de los animales, si el costo de producción disminuye habrá una mejor relación costo/beneficio, haciendo que la actividad sea más rentable.

Referencias

- BAGGIO, C.; CARVALHO, P. C. de F.; SILVA, J. L. S. da; ROCHA, L. M. da; BREMM, C.; SANTOS, D. T. dos; MONTEIRO, A. L. G. Padrões de uso do tempo por novilhos em pastagem consorciada de azevém anual e aveia-preta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 11, p. 1912-1918, nov. 2008. DOI: 10.1590/S1516-35982008001100002.
- GONÇALVES, A. L.; LANA, R. de P.; VIEIRA, R. A. M.; HENRIQUE, D. S.; MANCIO, A. B.; PEREIRA, J. C. Avaliação de sistemas de produção de caprinos leiteiros na região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 2, p. 366-376, fev. 2008. DOI: 10.1590/S1516-35982008000200025.
- MARQUES, R. O. **Utilização de pastagem de alfafa e raspa de mandioca na produção de leite de cabras.**

2015. 86 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MEDEIROS, L. P.; GIRÃO, R. N.; GIRÃO, E. S.; PIMENTEL, J. C. M. **Caprinos: princípios básicos para a sua exploração**. 6. ed. Teresina: EMBRAPA-CPAMN; Brasília, DF: EMBRAPA- SPI, 1994. 177 p. PARENTE, H. N.; SANTOS, E. M.; ZANINE, A. M.; OLIVEIRA, J. S.;

FERREIRA, D. de J. Hábito de pastejo de caprinos da raça Saanen em pastagem de Tifton 85 (*Cynodon ssp*). **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 12, n. 1, p. 143-155, 2005.

PEREIRA, A. V.; CÓSER, A. C. **FORAGEIRAS PARA CORTE E PASTEJO**. Brasília, DF: Ageitec 2016. p.219-244. Disponível em:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/R6606n_000fkv0o0eq02wyiv80sq98yq4eecsllu.pdf>.

Acesso em: 30 jul. 2016.

RESENDE, K. T. de; FERNANDES, M. H. M. da R.; TEIXEIRA, I. A. M. de A. Nutrição e alimentação de cabras leiteiras. In: SIMPÓSIO DE CAPRINOS E OVINOS DA EV-UFGM, 2., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Ed. da UFGM, 2007. p.259-276.

RIBEIRO, S. D. de A. **Caprinocultura: criação racional de caprinos**. São Paulo: Nobel, 1997. 318 p. SANTOS, F. L.; LANA, R. de P.; SILVA, M. T. C.; BRANDÃO, S. C. C.; VARGAS, L. H.

Produção e composição do leite de vacas submetidas a dietas contendo diferentes níveis e formas de suplementação de lipídios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 1376-1380, jul./ago. 2001. DOI: 10.1590/S1516-35982001000500034.

TUPY, O.; FERREIRA, R. de P.; VILELA, D.; ESTEVES, S. N.; KUWAHARA, F. A.; ALVES, E. R. de A. Viabilidade econômica e financeira do pastejo em alfafa em sistemas de produção de leite. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, ano 24, n. 2, p. 102-116, abr./maio/jun. 2015.

VAN SOEST, P. J. Interaction of feeding behavior and forage composition. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GOATS, 4, 1987. **Proceedings...** Brasília, DF: Embrapa, 1987. p. 971-987.

CAPÍTULO 16. ALFALFA EN LA ALIMENTACIÓN DE EQUINOS

Cláudio Maluf Haddad

La alfalfa es considerada en todo el mundo como el forraje referencial o estándar en la alimentación de equinos. En Brasil, se la suministra a los caballos en forma verde, cosechada diariamente, o en forma de heno, sea producido en el propio establecimiento o comprado.

Conocer las limitaciones del corte diario y las cualidades nutricionales del heno es una condición básica para desarrollar un plan nutricional adecuado para los equinos.

16.1 Corte y suministro verde

La abrumadora mayoría de los haras que tienen alfalfa manejan un área para el corte y para el suministro diario de forraje verde. Esta modalidad de alimentación tiene como objetivo simplificar las operaciones de manejo del cultivo (prescindiendo de la conservación posterior) y garantizar el suministro de forraje verde, principalmente para animales estabulados, ya sea en preparación para exposiciones y remates (subastas) o para mejorar el rendimiento reproductivo de determinadas hembras. En este último caso, se agrega al uso de luminosidad artificial (en los boxes) la presencia de fitohormonas en la alfalfa verde, factores que adelantan la aparición del celo (calores) y promueven un servicio (fertilización) precoz, que resulta consecuentemente ideal en función del "año hípico". En este último caso (*turf*), los animales nacidos en agosto y septiembre compiten con los nacidos en noviembre y diciembre; por lo tanto, los animales paridos al comienzo del año hípico se consideran "bien nacidos", debido a la ventaja que toman en su desarrollo.

Para manejar correctamente una parcela de alfalfa, el operador debe ser consciente de que en el momento de cosechar el forraje la altura de corte no debe ser inferior a los 7 u 8 cm, a fin de preservar el rebrote desde la corona. Esto es más fácil de lograr con cortadoras manuales mecánicas (gasolina) que, con el uso de machetes, especialmente si se cuenta con operarios sin práctica previa en el uso de este implemento.

Cada día se corta una determinada superficie que concuerda con el consumo diario de los animales. No es necesario hacer un corte para cada comida, ya que el material verde cosechado puede depositarse en un lugar protegido y suministrarse a lo largo del día. Con este tipo de manejo es importante asegurar que el material verde se retire del campo sin contaminación con tierra. Para ello, el riego de la parcela (cuando exista) a cortar deberá suspenderse el día anterior, o realizarse en función de la capacidad de retención de agua del suelo.

Una vez retirado el forraje cortado, los tratamientos culturales –como por ejemplo limpieza y fertilización- deben ser inmediatos o bien ejecutarse en el menor tiempo posible. Si se usan azadas para la limpieza, se debe prestar especial cuidado de no dañar las coronas de alfalfa, evitando así contribuir a la muerte de plantas y la consecuente pérdida del stand. También el factor fertilización (reposición de nutrientes exportados) es de fundamental importancia, recordando que el potasio es el elemento extraído en mayor escala.

Los alfalfares para suministro en verde, al igual que los lotes destinados a otras modalidades de explotación, deben inspeccionarse dos veces al día y contar con una persona responsable de las decisiones.

16.2 Utilización de heno

Es la modalidad más utilizada en la cría de caballos, que incluye animales estabulados (clubes hípicas, hipódromos y haras) y animales libres, con suministro adicional en pastoreo.

Actualmente, la enorme mayoría de caballos alimentados con heno de alfalfa tienen acceso a alimento comprado y no producido en el establecimiento. Esto obliga a los responsables del programa nutricional a saber reconocer un heno de buena calidad, almacenarlo correctamente y suministrarlo sobre bases nutricionalmente adecuadas.

El buen heno de alfalfa debe estar seco, ser de color verde y no tener presencia de moho (hongos), polvo (esporas) ni material extraño (como malezas que fueron henificadas junto con la alfalfa). Debe presentar olor característico y suavidad al tacto, lo que equivale a un producto con alta relación hoja: tallo y poca pérdida de hojas. La pérdida de hojas es un problema importante en el proceso de henificación de leguminosas (alfalfa incluida), lo que se minimiza mediante el secado (curado) a la sombra con ventilación forzada o con el uso de acondicionadores post-cosecha. (NUSSIO; MANZANO, 1999).

En el proceso de almacenamiento, el heno debe colocarse en un lugar seco, protegido del sol y ventilado. El uso de palets u otros aislantes de la humedad del suelo y la ausencia de contacto con las paredes del galpón son medidas importantes en el proceso de conservación. Los primeros días de almacenamiento del heno, sea comprado o producido, son críticos para mantener su valor nutricional.

En un heno bien confeccionado, los cambios nutricionales son relativamente pequeños. Los cambios típicos en los primeros seis meses de almacenamiento incluyen una disminución del 1% al 2% de la digestibilidad de la materia seca, una pequeña variación en el contenido de proteína cruda y un ligero aumento en el contenido de fibra. La mayor variación ocurre en el heno almacenado con un contenido de agua inadecuado (BUCKMASTER et al., 1989).

Turner et al. (2002) constataron que hubo un aumento en la concentración de fibra [fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y lignina] durante los primeros doce días de almacenamiento, seguido de una estabilización en el nivel alcanzado. Existe una relación positiva y lineal entre la concentración de componentes de fibra (FDN, FDA, hemicelulosa y lignina) y los parámetros de combustión espontánea de heno, tales como la temperatura máxima y media de los fardos de alfalfa (COBLENTZ et al., 1996). Por lo tanto, la "toma de temperatura" de los fardos almacenados es una medida obligatoria después de la confección o la compra de heno.

16.3 Esquema de abastecimiento

La alfalfa se considera la forrajera de referencia para los equinos, debido a sus altos niveles de proteína, vitaminas A, D, E y K (si se suministra verde o como heno curado al sol) y fibra de alta digestibilidad. También es rica en lisina, considerado el aminoácido cuya deficiencia es la más limitante para el crecimiento de los potros. La relación Ca:P es cercana a 6:1. El clásico binomio avena-alfalfa constituye un equilibrio casi completo de nutrientes, porque el grano de avena añade energía a la dieta y su fibra, también de alta digestibilidad, dificulta la aparición de trastornos nutricionales, particularmente cólicos (NUTRIENT..., 1989).

Sin embargo, el suministro de forrajeras para equinos nunca debe llevarse a cabo mezclado con el concentrado. Por lo tanto, para los animales estabulados, sometidos a tres comidas diarias, el esquema de suministro de los componentes de la dieta debe ser:

Mañana - la mitad de la cantidad total de concentrado;

Mediodía - la otra mitad del concentrado y un tercio de la cantidad total de la forrajera;

Noche - dos tercios de la forrajera.

El caballo tiende a comer principalmente el concentrado, que debe estar disponible en un comedero separado del forraje.

Se debe observar el “principio de una hora”, es decir alimentar a los animales una hora antes del ejercicio o realizar el ejercicio una hora después de la alimentación (CARVALHO; HADDAD, 1987).

En el caso de suministrar la alfalfa verde, asegurar la limpieza del comedero tras la ingestión, ya que la humedad de la masa favorece la aparición de fermentaciones indeseables. En el caso del heno, se debe suministrar entero, sin picar ni triturar, pudiendo humedecerlo en el momento del suministro, pero observando siempre las medidas de higiene descritas.

En algunos establecimientos es común poner la forrajera en el suelo de box o la caballeriza, para simular el acto de pastoreo por parte del caballo. No hay ninguna contraindicación para esta práctica, siempre que se asegure que el forraje suministrado no esté contaminado. Sin embargo, proporcionar alfalfa en el piso del potrero (animales en la pastura) aumenta el riesgo de cólicos, debiéndose por ello dar preferencia al uso de pesebres o comederos especiales (Figura 1).



Figura 1. Modelos de pesebres o comederos.

Foto: Claudio Haddad

También en relación con el uso de la alfalfa como heno, existe la posibilidad de adquirir pellets, cubos y ración completa peletizada. La fabricación del pellet implica la molienda fina del forraje deshidratado, que luego se presiona en forma de fideos y se secciona. La temperatura de pelletización puede actuar como un agente controlador de microorganismos patógenos, pero siempre implica una desnaturalización parcial o total de las vitaminas.

La molienda fina del heno original evita la selección entre hojas y tallos, pero acelera el paso del forraje a través del tracto gastrointestinal del equino y disminuye su digestibilidad. Este problema se minimiza en el uso de cubos, ya que tienen trozos de fibra más grandes (CARVALHO; HADDAD, 1987).

Tanto el pellet como la ración completa peletizada pueden llevar al equino a desarrollar vicios, como roer madera, inspirar y tragar aire y nerviosismo. La explicación básica para el desarrollo de este comportamiento es la ausencia de fibra larga, esencial para la correcta masticación por parte del herbívoro y para su mantenimiento durante largos períodos de estabulación.

Referencias

- BUCKMASTER, D. R.; ROTZ, C. A.; MERTENS, D. R. A model of alfalfa hay storage. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v. 32, n. 1, p. 30-36, 1989. DOI: 10.13031/2013.30958.
- CARVALHO, R. T. L. de; HADDAD, C. M. **A criação e nutrição de cavalos**. 3. ed. São Paulo: Globo, 1987. 180 p.
- COBLENTZ, W. K.; FRITZ, J. O.; BOLSEN, K. K.; COCHRAN, R. C. Quality changes in alfalfa hay during storage in bales. **Journal of Dairy Science**, v. 79, n. 5, p. 873-885, May 1996. DOI: 10.3168/jds. S0022-0302(96)76436-6.
- NUSSIO, L. G.; MANZANO, R. P. Valor nutritivo e conservação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 16., 1999, Piracicaba. **Alfafa: anais**. Piracicaba: Fealq, 1999. p. 153-174.
- NUTRIENT requirements of horses. Washington, DC: National Academy of Sciences, 1989. 100 p.
- TURNER, J. E.; COBLENTZ, W. K.; SCARBOROUGH, D. A.; COFFEY, K. P.; KELLOGG, D. W.; McBETH, L. J.; RHEIN, R. T. Changes in nutritive value of bermudagrass hay during storage. **Agronomy Journal**, v. 94, p. 109-117, 2002.

CAPÍTULO 17. ALFALFA EN LA ALIMENTACIÓN DE ANIMALES PEQUEÑOS

Raquel Ornelas Marques, Heraldo Cesar Gonçalves y Paulo Roberto de Lima Meirelles

En los últimos años ha habido un aumento en la demanda de animales pequeños, criados como mascotas. Hasta entonces, perros, gatos, aves y peces formaban parte de las especies más comunes; sin embargo, la popularidad de conejos, pequeños roedores y reptiles en este segmento está aumentando.

Esta nueva elección se puede atribuir al hecho de que estos animales ocupan poco espacio físico para la cría; necesitan menos atención y tiempo dedicado diariamente a actividades de ejercicio y entretenimiento, como tours y juegos; y generalmente tienen bajos costos de mantenimiento. Los comportamientos dóciles, inteligentes e interactivos de estas nuevas especies también aumentan su popularidad entre niños y adultos.

La cría de animales como mascotas requiere de una serie de cuidados inherentes a cada especie. La alimentación representa la mayoría de los costos y preocupaciones por parte de los propietarios, y suele ser el factor que más limita su adopción como animales de compañía.

En el mercado existe una serie de alimentos destinados a esta nueva clase de pets, que se presentan en forma de ración pelletizada o extrusada, forrages prensados, mezcla de granos y semillas o suplementos.

Además de los animales utilizados como mascotas, también se pueden mencionar conejos y chinchillas creados para la explotación de carne y piel de alta calidad, que dependen de una dieta equilibrada para exteriorizar todo su potencial de producción.

Las dietas deben tener alimentos que aporten todos los nutrientes en las cantidades correctas para cada especie animal, permitiendo que los animales tengan salud, vitalidad, bienestar y una larga vida. En el caso de conejos y chinchillas, para explotarlos comercialmente, el alimento representa alrededor del 70% de los costos de producción y el forraje, que comprende alrededor del 40% del costo total, debe ser de excelente calidad a fin de proporcionar una alta eficiencia alimentaria, salud y rendimiento eficiente para la producción de los animales (STARCK, 2011).

La alfalfa -por ser rica en proteínas, hidratos de carbono, minerales, vitaminas y fibras- es una gran opción para ser tanto la base como el complemento de la dieta de estas especies de mascotas y animales menores explotados comercialmente.

17.1 Alfalfa

La alfalfa (*Medicago sativa*) es una leguminosa que por sus propiedades nutricionales (Tabla 1) origina uno de los mejores henos para ser utilizado en la alimentación de roedores y conejos, conteniendo mayores niveles de proteína en comparación con otros henos comúnmente utilizados en la alimentación de animales pequeños, además de ser altamente apetecible. (HAUCK, 2015).

Considerado alimento fibroso de alta calidad, debido a que tiene una buena digestibilidad de fibra, influye directamente en la velocidad de pasaje de la ingesta y en el patrón fermentativo, optimizando la absorción de nutrientes (ARRUDA et al., 2005).

Tabla 1. Composición bromatológica (g kg⁻¹ materia seca) de heno de alfalfa.

Nutriente	Promedio	Nutriente	Promedio
Materia seca	900	Calcio	15
Proteína cruda	153	Fósforo	2,6
Energía digestible	7,48 MJ kg ⁻¹	Magnesio	2,6
Fibra Cruda	258	Potasio	22
F.D.A. ¹	322	Sodio	0,7
F.D.N. ¹	413	Cloro	4,4
Fibra soluble	178	Azufre	2,8
Extracto etéreo	30	Zinc	26 ppm
Cenizas (minerales)	96	Lisina	6,6
Vitamina A ²	28 µg kg ⁻¹	Metionina	2,3
Vitamina E ²	26 ppm	Treonina	6,3

¹ F.D.A.: Fibra detergente ácida; F.D.N.: Fibra detergente neutra. ² Vitaminas: A: Retinol; E: Tocoferol. Fuente: Adaptado de Nutrient... (2001), Villamide et al. (2010).

La presencia de alfalfa en las dietas aporta ganancias, tanto en la digestión y metabolismo de los nutrientes como en el bienestar y la salud de los animales, pues su fibra estimula y facilita el tránsito intestinal y mantiene el sistema digestivo con buenas condiciones, sin cambios indeseables en el pH, la motilidad y la flora intestinal, evitando la enteritis. Además, controla el crecimiento de dientes incisivos en conejos y roedores, previniendo malformaciones y dolores que impiden que el animal coma con normalidad, provocando problemas nutricionales (HAUCK, 2015).

La forma de suministro de alfalfa dependerá de la especie a alimentar, pero en la mayoría de los animales pequeños se recomienda hacerlo en forma de heno, que se puede ofrecer en ramas completas, cubos de alta densidad de varias formas y tamaños o como base de alimentos pelletizados o extrusados, con una participación de hasta el 50% de dietas comerciales (OLIVEIRA, 2009); además, se puede utilizar extracto de alfalfa en polvo como suplemento dietético (Figura 1).

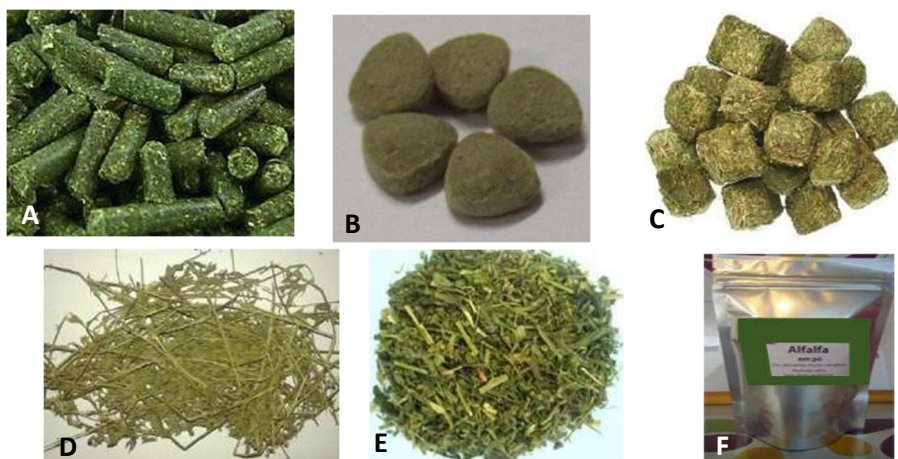


Figura 1. Alfalfa pelletizada (A), extrusada (B), prensada en cubos de alta densidad (C), heno de alfalfa en rama (D), heno de alfalfa picado groseramente (E) y extracto de alfalfa en polvo (F).

17.2 Tipos de alimentos

La forma y el tamaño de los alimentos ofrecidos deben variar con la especie y la edad del animal. Los alimentos voluminosos (forrajeras) pueden incluirse en el pienso u ofrecerse aparte, siempre con el cuidado de proporcionar una dieta equilibrada que cumpla con todos los requisitos de la especie. Los alimentos comerciales que tienen alfalfa en su composición y que se utilizan para alimentar a los animales pequeños son:

- Los pellets son cilindros de alimentos comprimidos que con un diámetro de 9 a 15 mm se suministran a twisters (rata común domesticada), jerbos, topolinos (ratón casero euroasiático) y hamsters; y con un diámetro de 3 a 4 mm a conejillos de indias, chinchillas y conejos. El uso de pellets permite la inclusión de alimentos que, si se suministraran en forma cruda y/o por separado, no serían consumidos en la cantidad correcta por los animales, debido a sus preferencias alimentarias. Su principal característica es la reducción de residuos en el consumo y la homogeneización de nutrientes, reduciendo la selección de ingredientes; no obstante, no tienen gran atractivo visual para los propietarios (ESTRÁZULAS, 2013).

La dureza del pellet es muy importante y debe dimensionarse con precisión, ya que deben ser lo suficientemente duros como para proporcionar el correcto desgaste de los dientes; pero si son demasiado duros, pueden provocar una reducción en la cantidad de alimentos ingeridos, provocando un bajo desarrollo del animal y pérdida de pelo (TOBIN, 1996).

- Las raciones extrusadas son menos densas que las pelletizadas y tienen una apariencia porosa, con una amplia variedad de formas y tamaños. Se pueden hacer con una mayor cantidad de grasa que las raciones pelletizadas y tienen una larga vida de almacenamiento debido a las altas temperaturas y al secado rápido que se emplean durante el proceso de fabricación, si bien este proceso puede ser perjudicial para las vitaminas (ESTRÁZULAS, 2013).

El procesamiento de extrusión mejora la digestibilidad y la palatabilidad de la dieta, además de hacer que la ingesta sea más equilibrada en todos los nutrientes -ya que no permite la selección de ingredientes de acuerdo con la preferencia alimentaria del animal (TOBIN, 1996)- y también reduce el desperdicio durante la ingestión.

- Los bocadillos (aperitivos) son alimentos altamente sabrosos, producidos para complacer o acondicionar a la mascota. Por lo general consisten en una mezcla de semillas y frutos secos caramelizados, o forraje -principalmente alfalfa- prensado en cubos de alta densidad. Además de ser atractivos para el paladar y aportar nutrientes, favorecen la actividad de roer, ayudando en el desgaste de los dientes.

- Los forrajes naturales son heno elaborados a partir de planta entera previamente cortados en ramas de aproximadamente 15 a 20 cm o picados groseramente en partículas de unos 2 a 3 cm, siendo una gran opción como alimento ya que, además de su aporte nutricional, ayudan a la eliminación de bolas de pelo y al desgaste de los dientes y proporcionan actividad lúdica, evitando conductas estereotipadas, como la tricofagia, que es la masticación e ingestión del propio pelaje.

- Los suplementos en polvo se pueden utilizar para agregar en la dieta de algunas especies, con el objetivo de proporcionar una dosis adecuada de proteínas, vitaminas y minerales.

17.3 Especies utilizadas como mascotas

Los pequeños roedores y los conejos son dóciles, interactivos y de fácil manejo, características que los hacen excelentes animales de compañía, particularmente para los niños. Por su parte, los reptiles poseen temperamento dócil y tranquilo, son sociables con los humanos, toleran bastante el manoseo y son requeridos principalmente por adolescentes y adultos. No obstante, independientemente de la especie, es fundamental conocer sus hábitos alimenticios y sus exigencias nutricionales para mantener la salud y longevidad de los animales.

17.3.1 Conejos y minicones

Los conejos y minicones (*Oryctolagus cuniculus*), con pesos de entre 3,0 a 5,0 kg y 0,6 a 1,5 kg, respectivamente, se crían para la exploración de carne (los primeros) y como animales de compañía (los segundos) y tienen características fisiológicas, alimentarias y de comportamiento similares. La energía requerida para el mantenimiento de adultos se estima en 2.200 Kcal Kg⁻¹ y para crecimiento, gestación y lactancia en 2.500 Kcal Kg⁻¹ (NUTRIENTS..., 1977).

Los conejos y minicones son animales herbívoros con ciego funcional y practicantes de cecotrofia (también llamada pseudorumia), que es una estrategia para un mejor uso de los alimentos fibrosos (TOLEDO et al., 2008). La cecotrofia es un mecanismo de adaptación a dietas ricas en fibra, en el que se producen dos tipos de excrementos: uno eliminado en forma de heces duras y el otro en forma de cecotrofos (heces blandas, más oscuras y arracimadas), que se diferencian entre sí, tanto por el proceso de formación y excreción, como por la composición química. Los cecotrofos tienen mayor contenido de humedad, nitrógeno total, ácidos grasos volátiles, minerales, vitaminas y un menor contenido de fibra (FIGUEIRA, 2009) y deben ser ingeridos directamente del ano y sin masticar, a fin de someterse a un nuevo proceso digestivo y de absorción de estos nutrientes.

Debido a esas características, las dietas para conejos deben contener un mínimo de fibra dietética para asegurar el normal funcionamiento digestivo –especialmente sobre la actividad fermentativa y la tasa de pasaje- y evitar la aparición de enteritis, que son frecuentemente mortales, en particular en conejos jóvenes (OLIVEIRA, 2009). Para garantizar una adecuada actividad digestiva y la salud de los conejos, las dietas deben contener de 13 a 18% de fibra bruta, aunque prestando siempre atención a la calidad de esa fibra, que debe presentar poca lignificación y buena digestibilidad (STARCK, 2011).

La alimentación de los conejos se basa en raciones pelletizadas que contienen cereales y forraje, suministradas dos veces al día, y heno de buena calidad suministrado a voluntad. Las verduras (hortalizas) y sus tallos (ramas) también forman parte de la dieta y las frutas deshidratadas se pueden ofrecer en forma restringida, al igual que los bocadillos o aperitivos. Dadas las particularidades del tracto digestivo de los conejos, las dietas pueden contener del 30 al 50% de forrajeras, siempre que sean de buena calidad (OLIVEIRA, 2009).

17.3.2 Roedores

Los roedores han sido utilizados por el hombre durante cientos de años, principalmente como animales de laboratorio y actualmente también como mascotas. Entre las especies más criadas

se encuentran:

- Twister, mecol o rata común domesticada (*Rattus norvegicus*)

Es uno de los roedores más inteligentes, independientes e interactivos entre los criados como mascotas, con un peso de entre 250 y 450 g. Tienen hábitos nocturnos. A partir de los 15 días de vida ya consumen alimentos sólidos, siendo necesario dejar alimentos adecuados al alcance de las crías. La dieta se basa en raciones pelletizadas y extrusadas a base de granos y heno de alfalfa, semillas, frutas y verduras secas (ESTRÁZULAS, 2013). La energía requerida para el mantenimiento del adulto se estima en 110 Kcal por Kg de peso metabólico ($\text{Kg}^{0.75}$), para el crecimiento y la gestación en 145 Kcal por $\text{Kg}^{0.75}$ y para la lactancia en 440 Kcal por $\text{Kg}^{0.75}$. No existe un valor estimado para la cantidad de fibras, pero su inclusión promueve beneficios para la salud (NUTRIENT..., 1995).

Los alimentos duros y el forraje seco deben dejarse a su disposición para promover el desgaste de los dientes.

- Jerbo mongol o ardilla del desierto (*Meriones unguiculatus*)

Son animales que pesan entre 55 y 100 g, de hábitos diurnos, periodos intercalados de descanso y actividad intensa. Son más resistentes a las enfermedades que los hamsters. Para las crías se debe proporcionar el alimento de los adultos pero suavizado, a fin de facilitar el consumo, ya que existe una alta mortalidad en el período de destete originada por la dificultad de comer algunos alimentos. Su dieta se basa en granos, semillas, verduras y raíces y la mayor parte del agua la toman de la propia comida. La energía requerida estimada para la especie es de 115 a 128 Kcal por $\text{Kg}^{0.75}$, sin especificación para las diferentes categorías (NUTRIENT..., 1995). Hay pocos datos sobre las necesidades nutricionales, pero se admite como adecuada la dieta para twisters y topolinos, siempre y cuando se complemente con frutas y verduras frescas y se evite el libre acceso a las semillas de girasol ya que su alto contenido en lípidos puede causar obesidad (QUINTON, 2005).

- Hamster

Existen varias especies de hamsters, pero las más utilizadas como mascotas son: hamster sirio (*Mesocricetus auratus*), hamster enano (*Phodopus sungorus*) y hamster chino (*Cricetulus griseus*), con un rango de pesos de 85 a 120 g, 22 a 28 g y 50 a 75 g, respectivamente. Presentan gran actividad en los períodos vespertino y nocturno. Tienen dos bolsas faciales grandes, donde llevan comida y forraje para almacenar en la madriguera, especialmente cuando la temperatura ambiente es baja. Existen pocos estudios sobre sus necesidades específicas, pero se considera que una mezcla de 75% de ración para twisters y topolinos y 25% de ración para conejos proporciona un adecuado aporte de fibra y un buen equilibrio proteico, debiendo evitarse dietas con alto contenido en grasas (7 a 9%) y carbohidratos (superior al 60%), ya que se asocian a una alta mortalidad. La energía requerida para

el mantenimiento del adulto se estima en 110 Kcal por Kg^{0.75}, para el crecimiento y la gestación en 145 Kcal por Kg^{0.75} y para la lactancia en 330 Kcal por Kg^{0.75} (NUTRIENT..., 1995). Debido al crecimiento continuo de los dientes, los alimentos duros y el forraje seco siempre deben estar disponibles para ayudar a su desgaste.

- Topolino (*Mus musculus*)

Son como un pequeño ratón doméstico, que pesan entre 10 y 21 g, extremadamente dóciles y fáciles de manipular. Son bastante ágiles, con un excelente sentido del equilibrio. Tienen un sentido del olfato y del oído muy desarrollado, razón por la que se los utiliza para localizar alimentos o detectar depredadores. Tienen hábitos nocturnos. La dieta se basa en raciones pelletizadas y extrusadas a base de granos y heno de alfalfa, semillas, frutas y verduras secas (ESTRÁZULAS, 2013). La energía requerida para el mantenimiento de adultos se estima en 110 Kcal por Kg^{0.75}, para el crecimiento y la gestación en 145 Kcal por Kg^{0.75} y para la lactancia en 440 Kcal por Kg^{0.75} (NUTRIENT..., 1995).

El suministro de forraje en rama es interesante para favorecer la actividad lúdica, además de ser un gran aporte de fibras y favorecer el desgaste de los dientes.

- Conejillo de la India (*Cavia porcellus*)

Son conocidos popularmente como cobayos y debido a su inteligencia, curiosidad, docilidad y facilidad de manejo, son considerados excelentes mascotas, con un peso de entre 0,7 a 1,2 Kg. Son esencialmente animales herbívoros y su dieta debe estar compuesta por heno de gran calidad ofrecido a voluntad, frutos secos, gran cantidad de verduras frescas y pellets a base de granos y forraje, adecuados para la especie. Después de cuatro días de vida, las crías ya pueden consumir alimentos sólidos y deben estar disponibles en un comedero apropiado. La energía requerida para el mantenimiento de adultos se estima en 110 Kcal por Kg^{0.75}, para el crecimiento y la gestación en 145 Kcal por Kg^{0.75} y para la lactancia en 165 Kcal por Kg^{0.75} (NUTRIENT..., 1995). Una característica importante es su incapacidad de sintetizar vitamina C en cantidades adecuadas, la que debe proporcionarse en la dieta en la cantidad mínima de 10 mg Kg⁻¹ día⁻¹ (COUTO, 2002). Pellets de alta dureza y forraje seco deben dejarse a disposición para promover el desgaste dental.

- Chinchilas (*Chinchilla lanígera*)

Con pesos entre 500 y 900 g, se utilizan como animales de compañía y también para la producción de pieles por la belleza y suavidad única de sus pelos. Existe una falta de información científica sobre los requerimientos nutricionales de las chinchillas, pero se estima que la energía promedio requerida para la especie es de 162 Kcal por Kg^{0.75} (ANTONIO et al., 2007) y que las dietas deben tener 20 a 36% de fibra (HAUCK, 2015). Son predominantemente herbívoros,

requiriendo dietas con grandes fuentes de fibra de calidad, teniendo un largo tracto digestivo adaptado a esta característica. Al igual que los conejos, las chinchillas también realizan cecotofia a fin de aprovechar mejor los nutrientes -como proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos volátiles y vitaminas- de dietas con grandes porcentajes de forrajeras. Su dieta se basa en raciones pelletizadas de cereales y forraje, que deben suministrarse dos veces al día, siendo la mayor parte a última hora de la tarde, debido a sus hábitos nocturnos, y heno de buena calidad a voluntad. Las verduras y frutas deshidratadas también se pueden ofrecer con restricciones, así como bocadillos o aperitivos. Tanto el heno de alfalfa en rama como los cubos de alta densidad son los más utilizados, ya que proporcionan un aporte óptimo de fibras y favorecen el desgaste de los dientes; en este sentido, es importante prestar atención al suministro a las crías, que deben recibir el forraje en un lugar apropiado a su alcance y en tamaño pequeño. El heno de alfalfa en rama está indicado para prevenir la tricofagia entre las chinchillas y ayudar en la eliminación de las bolas de pelo.

17.3.3 Reptiles

- Iguana (*Iguana iguana*)

Con un peso adulto promedio de 4 a 8 kg, las iguanas tienen hábitos arbóreos y diurnos. Son exclusivamente herbívoras, alimentándose en la naturaleza de las hojas, flores y frutos. En cautiverio la dieta debe estar compuesta por una gran diversidad de verduras y frutas, higienizadas y picadas, suministradas a temperatura ambiente en una sola comida diaria, en tanto que para las crías y los estados juveniles todos los alimentos deben cortarse en trozos pequeños, para facilitar la ingestión, y proporcionarse dos veces al día. No existen estudios sobre necesidades específicas, pero los criadores indican como adecuada una mezcla de verduras y frutas que ofrezca alrededor de 20% de proteína de origen vegetal, 15% de fibra y 1,4% de calcio. Por lo tanto, la alfalfa se constituye en un gran alimento que debe formar parte de la dieta diaria, ya que es una fuente de proteínas, fibra y calcio; para ello, las hojas y tallos maduros deben ofrecerse en minifardos o pellets, que deben humedecerse con agua antes del suministro. La alfalfa en polvo (harina) también se puede agregar en ensaladas de verduras y frutas, como suplementos de proteínas, vitaminas y minerales (BARTEN, 2002).

Además de la alfalfa, que debe proporcionarse diariamente, se deben diversificar las ensaladas para que la iguana no se enferme, pudiendo incluir verduras de color verde oscuro (espinacas, hojas de vid y morera, repollo, diente de león, perejil, trébol y ramas de zanahoria), zanahorias, brotes de soja, manzana, pera, higo, tomate y plátano (con la cáscara). Ocasionalmente (una vez a la semana) se puede proporcionar fresa (frutilla), melocotón (durazno), pétalos de rosa, judías (chauchas) verdes, guisantes (arvejas) con la vaina. Existen alimentos comerciales

pelletizados a base de alfalfa que contienen todos los nutrientes que requiere la iguana, siendo necesario solamente humedecerlos antes de suministrar.

17.4 Requisitos nutricionales

Los alimentos se componen básicamente de macro y micronutrientes. Los macronutrientes son aquellos que se requieren en mayores cantidades: proteínas, grasas, carbohidratos, fibras y agua. Estos son responsables de la formación de tejidos y el suministro de energía al cuerpo. Los micronutrientes son aquellos requeridos en cantidades más pequeñas, como vitaminas y minerales.

La dieta adecuada debe tener en cuenta los requerimientos nutricionales según la categoría del animal, que en el caso de los conejos ya están establecidos (Tabla 2).

Tabla 2. Requisitos nutricionales para varias categorías de conejos.

Categorías	Componentes		
	Proteína cruda (g kg ⁻¹)	Fibra cruda (g kg ⁻¹)	Lípidos (g kg ⁻¹)
Adultos	130	150	30
Crecimiento (4 – 12 semanas)	150	140	30
Hembras en gestación	150	140	30
Hembras en lactancia y engorde	170	140	30

Fuente: Adaptados de Nutrients, (1977).

Para los roedores pequeños utilizados como mascotas, todavía hay pocos estudios sobre sus requisitos nutricionales, y a menudo no hay diferenciación para las diversas categorías (Tabla 3).

Tabla 3. Exigencias nutricionales de twisters, jerbos, hamsters, topolinos, conejillos de Indias y chinchillas.

	Especie					
	Twister	Jerbo	Hamster	Topolino	Conejillo de indias	Chinchilla
Proteína bruta (g kg ⁻¹)	120-270	160-220	150-250	160-200	180-300	170-200
Fibra bruta (g kg ⁻¹)	50	-	-	-	160-180	200-270
Carbohidratos (g kg ⁻¹)	-	-	30-50	450-550	160	450-500
Lípidos (g kg ⁻¹)	50-250	20-40	30-50	50-250	30-50	30-40
Consumo alimento (g 100g PV ⁻¹ día ⁻¹)	5-10	8-10	10-12	15	3-6	10-12
Consumo hídrico (ml 100g PV ⁻¹ día ⁻¹)	10-12	4-7	8-3	15	10-40	6-8

Fuente: Adaptados de Alves (1997) y Estrázulas (2013).

Las iguanas, a pesar de haber sido criadas como mascotas durante algún tiempo, aún no tienen sus requerimientos nutricionales estimados.

Cuando los nutrientes necesarios no se ofrecen diariamente o no se ponen a disposición en las cantidades adecuadas, el organismo no funciona correctamente y se pueden presentar patologías como:

- nefritis en roedores, causada por exceso de proteínas;
- alopecia en hamsters ancianos debido a la falta de proteínas en la dieta.
- maloclusión dentaria (incorrecta alineación de los dientes) debido al bajo desgaste de los dientes en todas las especies que tienen un crecimiento dental continuo originada por un suministro de fibra cruda por debajo de lo necesario.
- constipación en cobayos y enteritis y diarreas en chinchillas y conejos causadas por ingestión de dietas con bajo porcentaje de fibra bruta.
- obesidad en prácticamente todas las mascotas derivadas del exceso de energía.
- pérdida de peso en casi todas las mascotas como consecuencia de la degradación de los propios tejidos corporales a fin de generar la energía necesaria para los procesos metabólicos vitales cuando se proporcionan dietas con bajo contenido energético.
- obesidad en prácticamente todas las mascotas, toxemia y distocia en cobayas, tumores en twisters y topolinos, pododermatitis en animales que viven en jaulas con suelo abrasivo y lipemia en jerbos, todas patologías causadas por dietas con exceso de lípidos.

Si bien todavía existen pocos estudios sobre la nutrición y alimentación de estas nuevas mascotas, es de fundamental importancia conocer los requerimientos nutricionales de cada especie para la provisión de dietas equilibradas y compuestas por ingredientes de calidad, principalmente relacionados con la fracción fibrosa, que promuevan una adecuada nutrición, salud y bienestar para los animales.

Referencias

- ALVES, A. M. **Criação de chinchilas**: uma alternativa viável. 1997. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis.
- ANTONIO, S. de D.; VELHO, J. P.; CARVALHO, P. A.; BACKES, A. A.; SANCHEZ, L. M. B.; VELHO, I. M. P. H. Composição corporal e exigências líquidas em energia e proteína para ganho em peso de chinchilas (*Chinchilla lanigera*). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 2, p. 479-484, mar./abr. 2007. DOI: 10.1590/S1413-70542007000200031.
- ARRUDA, A. M. V. de; PEREIRA, E. S.; MIZUBUTI, I. Y.; LOPES, D. C.; SILVA, J. F. da. Nutrients digestibility in rabbits fed with rami (*Bohemeria nivea*). **Semina: ciências agrárias**, v. 26, n. 4, p. 581-590, 2005. DOI: 10.5433/1679-0359.2005v26n4p581.

- BARTEN, S. L. **Bayer Exotics Symposium**: selected papers on the green iguana and antimicrobials in exotic pets: presented at the 2002 North American Veterinary Conference. [Yardley]: Veterinary Learning Systems, 2002. 44 p. Supplement to vol. 24, no. 2A, 2002, of Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian.
- COUTO, S. E. R. Criação e manejo de cobaias. In: ANDRADE, E.; PINTO, S. C.; OLIVEIRA, R. S. (Ed.). **Animais de laboratório**: criação e experimentação. 20. ed. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2002. p. 71-79.
- ESTRÁZULAS, M. **Avaliação nutricional de dietas comerciais para roedores domésticos**. 2013. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) – Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- FIGUEIRA, J. L. **Casca de soja na alimentação de coelhos em crescimento em substituição aos fenos de alfafa e de *Coast-cross***. 2009. 36 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- HAUCK, A. D. **Feno de alfafa em fardo, peletizado ou moído na alimentação de chinchilas Lanígera**. 2015. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- NUTRIENT requirements of dairy cattle. 7th rev. ed. Washington, DC: The National Academies Press, 2001.
- NUTRIENT requirements of laboratory animals. 4th rev. ed. Washington, DC: The National Academies Press, 1995.
- NUTRIENTS requirements of domestic animals: nutrient requirements of rabbits. 2nd ed. Washington, DC: The National Academies Press, 1977.
- OLIVEIRA, C. E. A. **Dietas simplificadas na alimentação de coelhos e seus efeitos na reprodução e produção**. 2009. 91 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- QUINTON, J. F. **Novos animais de estimação**: pequenos mamíferos. São Paulo: Roca, 2005. p. 171-249.
- STARCK, A. S. **Desempenho e avaliação de carcaça de coelhos submetidos a diferentes manejos alimentares**. 2011. 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos.
- TOBIN, G. Small pets – food types, nutrient requirements and nutritional disorders. In: KELLY, N. C.; WILLS, J. M. (Ed.). **Manual of companion animal nutrition & feeding**. Iowa: BSAVA, 1996. p. 208-225.
- TOLEDO, G. S. P. de; SILVA, L. P. da; QUADROS, A. R. B. de; RETORE, M.; ARAÚJO, I. G.; BRUM, H. S.; FERREIRA, P.; MELCHIOR, R. Productive performance of rabbits fed with diets containing ramie (*Boehmeria nivea*) hay in substitution to alfalfa (*Medicago sativa*) hay. **Nutrition and Digestive Physiology**, v. 10, n. 13, p. 827-830, 2008.
- VILLAMIDE, M. J.; MAERTENS, L.; BLAS, C. Feed evaluation. In: BLAS, C.; WISEMAN, J. (Ed.). **Nutrition of the Rabbit**. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2010. p. 151-162.

4. Utilización en la agroindustria

CAPÍTULO 18. BROTES DE ALFALFA PARA LA ALIMENTACIÓN HUMANA

Raquel Ornelas Marques, Heraldo Cesar Gonçalves y Paulo Roberto de Lima Meirelles

En la actualidad, la demanda de una alimentación más saludable ha dirigido a los consumidores a una dieta más rica en verduras, frutas, semillas y brotes comestibles.

Los brotes son alimentos ricos en nutrientes, pudiendo ser producidos en forma natural, sin fertilizantes ni pesticidas agrícolas, siendo solo el agregado de agua y las reservas almacenadas en las semillas requisitos suficientes para que germinen y puedan ser consumidos. Son buenas fuentes de minerales, vitaminas y proteínas, bajos en calorías y bien aceptados por su agradable sabor y su alto valor nutricional y medicinal (VIEIRA; LOPES, 2001).

Existen más de 30 especies de plantas con potencial para la producción de brotes, entre las que se encuentran principalmente hortalizas [brócoli, rábano, repollo (col), cebolla, mostaza, etc.] y leguminosas (poroto Mung, alfalfa, trébol, lenteja, etc.) (VIEIRA, 2016). En Brasil, los más comercializados son los porotos Mung, seguidos por los brotes de alfalfa, trébol y rábano (RIBEIRO, 2016); inicialmente restringidos a tiendas de productos naturales, ahora se encuentran fácilmente en cadenas de supermercados y fruterías, además de formar parte de la carta de algunos restaurantes.

18.1 Cultivo y producción de brotes de alfalfa

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una planta perteneciente a la familia de las *Fabaceae* (leguminosas), que si bien ha sido comúnmente utilizada en Brasil en la alimentación animal, en los últimos años fue ganando cada vez más espacio en la alimentación humana -en forma de brotes- por su buen valor nutritivo.

La producción de brotes es rápida, de unos seis a siete días, y se puede llevar a cabo en cualquier región y época del año, sin necesidad de suelo, fertilizantes, agroquímicos y luz solar directa, pudiendo hacerse en pequeños galpones dentro de las ciudades. El rendimiento (relación brotes/semillas) es alto, generalmente un kilo de semillas produce de cinco a 12 kilos de brotes, dependiendo de la variedad utilizada y del tiempo de brotación (VIEIRA, 2016).

La temperatura es un factor importante para la correcta germinación de las semillas, ya que regula la velocidad de absorción de agua. La temperatura óptima de germinación se ubica entre 25°C y 30°C (LIMA, 2006).

El cultivo de brotes comestibles requiere una baja inversión inicial y un equipo simple y económico. Además, el período entre la siembra y la cosecha es extremadamente corto, lo que hace que el rendimiento financiero sea rápido (RIBEIRO, 2016).

Para la producción de brotes de alfalfa, se necesitan semillas, agua de calidad y mucha higiene durante el proceso, que debe dividirse en cuatro etapas (SCHARDONG et al., 2013):

❑ **Lavado y selección de las semillas**

La asepsia de las semillas antes de su utilización es muy importante para controlar la mayoría de los microorganismos indeseables (hongos y bacterias), que pueden comprometer el éxito de la producción. Para ello, las semillas deben sumergirse en una solución de cloro (hipoclorito de sodio al 10%) durante aproximadamente 30 minutos (Figura 1). Las semillas que flotan deben eliminarse, ya que indican que no tienen reservas suficientes para germinar.

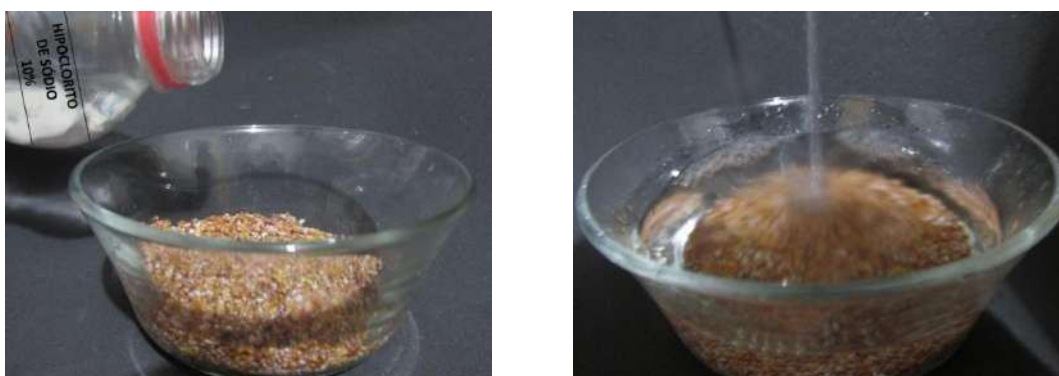


Figura 1. Lavado de semillas de alfalfa.
Foto: Raquel Ornelas Marques.

❑ **Absorción de agua y germinación de las semillas**

Después de la desinfección, dejar las semillas sumergidas en agua para que se embeban –es decir inducir su hinchazón- durante un período de ocho horas; posteriormente, colocarlas en las bandejas de germinación con fondo de lienzo o tela y en estantes con una inclinación del 20% para evitar la acumulación de agua (Figura 2 A y B). Sobre el lienzo se coloca un tejido de muselina y, sobre él, las semillas ya hinchadas, permaneciendo en un ambiente totalmente oscuro durante un período de dos días. En estas primeras 48 horas, durante el momento del riego (aspersión ligera cuatro veces al día) las semillas deben girarse suavemente y mezclarse, permitiendo un desarrollo uniforme y evitando el exceso de calor dentro de las bandejas.

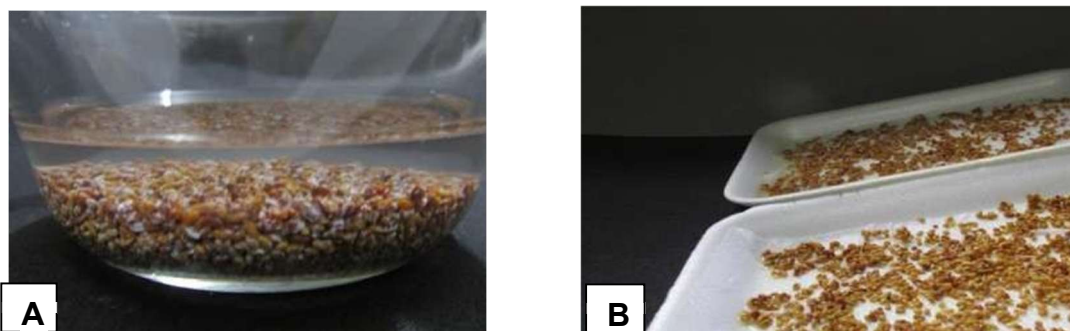


Figura 2. Semillas sumergidas para la absorción de agua (A); Bandejas de germinación (B).
Foto: Raquel Ornelas Marques

🔍 Crecimiento de las plántulas

Después de 48 horas en los estantes de germinación, las semillas, ya en la etapa de brote, se acomodan en las bandejas de crecimiento (Figura 3 A y B), también ubicadas en estantes con una inclinación del 20% y en un ambiente con iluminación natural indirecta. En esta etapa deben regarse con el mismo sistema de riego (aspersión ligera) pero los brotes ya no deben mezclarse. Bajo estas condiciones, los brotes duplican su peso en cuatro o cinco días.

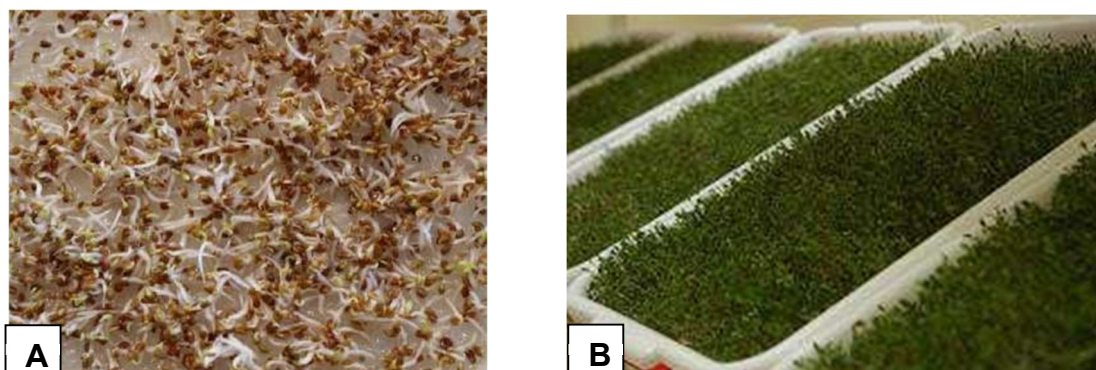


Figura 3. Semillas en etapa de brote (A); Bandejas de crecimiento (B).
Foto: Raquel Ornelas Marques

🔍 Cosecha y envasado de brotes.

Cuando alcanzan el tamaño de cinco centímetros, ideales para el consumo, los brotes deben ser cosechados, pesados y acondicionados en envases específicos que mantengan las características naturales del producto (Figura 4). Es importante asegurarse de la ausencia de humedad para evitar la proliferación de hongos y bacterias.

Los brotes deben almacenarse tan pronto como pasen por los procesos de cosecha y envasado. La habitación en la que se almacenarán siempre debe estar organizada, limpia, seca y fresca (RIBEIRO, 2016).



Figura 4. Cosecha y pesaje de brotes (A); Embalaje en envases específicos (B).
Foto: Raquel Ornelas Marques

18.2 Características nutricionales

Las semillas tienen naturalmente reservas de minerales, lípidos, proteínas y carbohidratos, pero bajos niveles de vitaminas, que se producen en grandes cantidades durante la germinación. Los brotes también absorben minerales del agua utilizada para la germinación y el crecimiento, que se unen a los aminoácidos y facilitan así la absorción por parte del organismo (OLIVEIRA, 2016); además, convierten las proteínas vegetales de bajo valor nutricional en proteínas de mejor calidad, causando la degradación parcial de estas proteínas y del almidón, mejorando en consecuencia la digestibilidad (MIRANDA; EL-DASH, 2002).

Además de nutritivos, los brotes son bajos en calorías debido al alto porcentaje de agua y, dado que las fibras que componen las paredes celulares aún se están desarrollando, son tiernos y fáciles de digerir. Con la excepción de los lípidos, la cantidad de nutrientes aumenta en los brotes, principalmente las fracciones de proteínas, fibras y vitaminas (OLIVEIRA, 2016).

Los brotes de alfalfa son ricos en calcio, fósforo, hierro, zinc, provitaminas A, vitamina C, vitaminas del complejo B, fibras (Tabla 1) y clorofila.

Tabla 1. Composición nutricional en 100 gramos de brotes de alfalfa en estado natural.

Composición química y valor energético							
Humedad	Materia seca	Calorías	Proteína	Carbohidratos	Lípidos	Fibra	Colesterol
%	%	kcal	g	g	g	g	mg
91,21	8,79	30,3	3,94	3,64	0,61	2,42	0
Vitaminas ¹		% VID ²		Minerales		% VID ²	
A (µg RE)	15,15	2,5		Ca (mg)	33,33	3,3	
B1 (mg)	0,09	7,5		Fe (mg)	0,97	6,9	
B2 (mg)	0,12	9,2		Mg (mg)	27,27	10,5	
B3 (µg)	0,61	0,004		K (mg)	78,79	1,7	
B5 (mg)	0,58	11,6		P (mg)	69,7	10	
B6 (mg)	0,03	2,3		Na (mg)	6,06	0,4	
B9 (µg)	36,36	15,2		Zn (mg)	0,91	13	
C (mg)	9,09	20,2		Cu (mg)	0,16	17,8	

¹ A: Retinol; B1: Tiamina; B2: Riboflavina; B3: Niacina; B5: Ácido pantoténico; B6: Piridoxina; B9: Ácido fólico; C: Ácido ascórbico.

Fuente: Adaptado de Philippi (2013).

² Valores de ingesta diaria de vitaminas y minerales recomendados para adultos en condiciones normales.

Fuente: Dietética... (2006).

18.3 Beneficios a la salud

En el ciclo de vida de una planta, el punto más alto de vitalidad ocurre en el estadio de brote, lo que explica sus beneficios nutricionales.

La inclusión de brotes de alfalfa en la dieta tiene los siguientes beneficios:

☐ Acción antioxidante

Los brotes son ricos en vitaminas y sustancias flavonoides, antioxidantes naturales producidos por la planta como mecanismo protector, que proporcionan efectos beneficiosos para la salud, combatiendo los radicales libres, previniendo el envejecimiento prematuro y el daño celular precanceroso y limpiando las toxinas de la sangre (SCHARDONG et al., 2013).

☐ Alto contenido de fibras

Las propiedades físico-químicas de las fibras presentes en los brotes producen diferentes efectos fisiológicos en el organismo y, cuando se consumen en cantidades adecuadas y diariamente, regulan el funcionamiento intestinal, lo que las hace relevantes para el bienestar de las personas y para el tratamiento dietético de diversas patologías. Además, su consumo previene el estreñimiento y la acumulación de gases; beneficia la microflora intestinal; previene el cáncer de colon al aumentar la velocidad de eliminación de sustancias potencialmente dañinas, promoviendo la inmunoactivación; regula el contenido de azúcar en la sangre; inhibe la secreción de insulina y glucógeno; previene la

diabetes mellitus y la formación de cálculos biliares; reduce la absorción de grasas nocivas para el cuerpo, contribuyendo al control del colesterol en sangre; previene la obesidad; tiene efecto hipotensor e inhibe la absorción de sustancias perjudiciales (LIMA, 2006).

- Efecto vasodilatador

Los brotes son ricos en flavonoides, potasio y niacina, nutrientes que tienen efecto vasodilatador y que por ende mejoran el flujo sanguíneo a través de los vasos y controlan la presión arterial (LIMA, 2006).

- Fortalecimiento del sistema inmunológico

Los brotes son ricos en vitaminas A, C y complejo B y en sustancias antioxidantes que ayudan a mejorar el funcionamiento del sistema inmunológico del organismo, contribuyendo a la recuperación de enfermedades (RIBEIRO, 2016).

- Ayudan durante la menopausia y combaten la osteoporosis

Los brotes contienen fitoestrógenos, que son sustancias similares a los estrógenos y que ayudan a combatir los síntomas de la menopausia. Además, son ricos en calcio y fósforo, los principales nutrientes para la constitución ósea (BONGIOLO, 2008).

- Efecto adelgazante

Debido a su composición baja en calorías, asociada a su alto contenido de agua y fibras, aumentan la sensación de saciedad y reducen la absorción de grasas totales, ayudando en la pérdida de peso (SCHARDONG et al., 2013).

18.4 Formas de utilización

Los brotes de alfalfa tienen un sabor delicado y agradable y deben consumirse crudos, pudiendo usarse en diversos platos y también en bebidas, complementando tanto la textura como el sabor de los alimentos.

Utilizados solos en ensaladas o acompañados de otros brotes o verduras, deben ser ligeramente sazonados. También pueden entrar en el relleno de sándwiches naturales, o acompañar frutas y sopas (Figura 5). En platos calientes, los brotes deben agregarse al plato solo en el momento del consumo, para mantener su textura y valor nutricional.



A



B



C



D

Figura 5. Brotes de alfalfa en ensaladas (A); como relleno de sándwich (B); acompañando frutas (C) o sopas (D).
Foto: Raquel Ornelas Marques

También los brotes de alfalfa se pueden emplear en la preparación de bebidas variadas, como infusiones (te), bebidas naturales, yogures o vitaminas (Figura 6), dado que su sabor delicado aporta un toque especial al paladar, además de sus ventajas nutricionales.



A

Figura 6. Brotes de alfalfa en bebidas naturales (A) y jugos (B).

Foto: Raquel Ornelas Marques



B

Para aqueles que desejam uma dieta ligera, saudável y equilibrada, los brotes de alfalfa son una gran opción para enriquecer el menú, ya que para una buena nutrición no es necesario cambiar radicalmente las costumbres alimentarias, sino diversificarlas.

La producción de brotes de alfalfa, que se pueden cultivar en espacios limitados, se inserta en el concepto de agricultura urbana. Al estar cerca del consumidor, proporciona una mejor calidad del producto, desde la cosecha hasta el consumo. Este tipo de agricultura tiene como objetivo servir a un público especialmente preocupado por la salud, el medio ambiente y el consumo de productos frescos.

Referencias

BONGIOLO, G. T. **Produção de brotos comestíveis com fonte alternativa de água no contexto da agricultura urbana**. 2008. 51 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

DIETARY reference intake: the essential guide to nutrient requirements. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2006. 1329 p.

LIMA, A. L. **Produção de brotos de fabaceae para o consumo humano**. 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MIRANDA, M. Z. de; EL-DASH, A. Farinha integral de trigo germinado. 3. Características nutricionais e estabilidade ao armazenamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 3, p. 216-223, set./dez. 2002. DOI: 10.1590/S0101-20612002000300003.

OLIVEIRA, A. **Valor nutritivo dos brotos e benefícios à saúde**. 2016. Disponível em: <<http://www.cpt.com.br/cursos-agroindustria/artigos/valor-nutritivo-dos-brotos-e-beneficios-a-saude>>. Acesso em: 20 maio 2016.

PHILIPPI, S. T. **Tabela de composição de alimentos: suporte para decisão nutricional**. 4. ed. rev. atual. Barueri: Manole, 2013. 164 p.

RIBEIRO, C. G. **Produção e consumo de brotos comestíveis**. 2016. Disponível em:

<<http://www.cpt.com.br/cursos-agroindustria/artigos/producao-e-consumo-de-brotos-comestiveis>>. Acesso em: 20 maio 2016.

SCHARDONG, E.; CALABRESI, E.; ZWICK, P.; COLOMBO, T.; GONÇALVES, V. L. C. A resposta ao potencial de desenvolvimento do broto de alfafa (*Medicago sativa* L.) com o uso de luz durante o ciclo de crescimento. **Revista Mirante**, v. 3, n. 1, p. 68-74, 2013.

VIEIRA, R. F. **Produção de brotos comestíveis**. 2016. Disponível em: <<http://www.cpt.com.br/cursos-agroindustria/artigos/producao-de-brotos-comestiveis>>. Acesso em: 20 maio 2016.

VIEIRA, R. F.; LOPES, J. D. S. **Produção de brotos comestíveis: feijão Moyashi, alfafa, trevo, rabanete e brócolis**. Viçosa, MG: Epamig, 2001. 108 p.

CAPÍTULO 19. ALFALFA EN LA INDUSTRIA DE COSMÉTICOS

Raquel Ornelas Marques, Heraldo Cesar Gonçalves y Paulo Roberto de Lima Meirelles

La industria cosmética es uno de los segmentos más importantes de la economía mundial. En términos de consumo, Brasil pasó de ser en 2000 el sexto mercado en el ranking mundial al cuarto lugar en 2016, sólo por detrás de Estados Unidos, China y Japón, ocupando el primer lugar en América Latina y aportando el 7,1% del consumo mundial. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS, 2017).

Entre los factores que contribuyen al crecimiento del sector cosmético en el país, se pueden mencionar: el aumento del poder adquisitivo; la ampliación de la participación de la mujer en el mercado de trabajo; los precios aplicados por el sector, que han venido mostrando un menor aumento que los índices de precios de la economía brasileña; y –principalmente- toda la apreciación de la estética difundida por los medios de comunicación con respecto a la belleza, la salud y la perpetuidad de la juventud.

La continua demanda de belleza y juventud genera crecientes demandas de los consumidores por el desarrollo de nuevas técnicas quirúrgicas y procedimientos estéticos utilizando productos revolucionarios, pues con el avance de la edad, las estructuras externas del cuerpo sufren cambios como la aparición de arrugas, reducción del grosor de la epidermis y sequedad, cambiando su apariencia y caracterizando el envejecimiento de la piel y del cabello.

La industria cosmética, apuntando a este mercado en expansión, invierte incesantemente en innovaciones, tanto en el desarrollo de nuevos productos, como en procesos de fabricación, buscando cada vez más materiales y procedimientos ecológicamente correctos, procurando así un desarrollo sostenible y sostenible que satisfaga a los consumidores que buscan marcas que asuman el compromiso de conservar el planeta (MIGUEL, 2011).

El sector de la producción de cosméticos está organizado con fundamentos científicos y tiene la capacidad de demostrar la seguridad y la eficacia de cada producto fabricado, involucrando múltiples áreas de conocimiento como farmacología, toxicología, biología celular, microbiología, química y bioquímica. Todos los segmentos de la industria cosmética están involucrados en esta misión, sea a través de productos para antienvjecimiento, maquillaje, cuidado del cabello o higiene (BOLZAN et al., 2015).

Así, la industria cosmética se ha dedicado a fabricar productos con efecto antienvjecimiento con el fin de prevenir, retrasar y mitigar los signos seniles, resultando en beneficios para la piel y el cabello y utilizando para ello compuestos con principios activos naturales. De esta manera, satisface las necesidades de los consumidores que buscan cada vez más industrias comprometidas con la preservación del medio ambiente y productos libres de químicos que puedan traer riesgos para la salud, como los parabenos (conservantes que previenen el crecimiento de hongos y bacterias), los formaldehídos (conservantes y antisépticos que desnaturalizan las proteínas y confieren a los productos mayor resistencia a la descomposición por bacterias), los ftatlaos (compuestos derivados del ácido ftálico que se usan para fijar el color y el perfume en los productos y conferirles aspecto líquido o cremoso), y la urea (que promueve la retención de humedad en la piel y estimula la producción de colágeno), entre otros, que presentan toxicidad a largo plazo y pueden provocar enfermedades graves como el cáncer (CUNICO; LIMA, 2011).

Entre los ingredientes dermocosméticos naturales activos utilizados para atenuar el envejecimiento, el extracto de alfalfa (*Medicago sativa*) presenta características prometedoras para este propósito, ya que es natural, no cancerígeno y tiene propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antimicrobianas e hidratantes.

19.1 Propiedades del extracto de alfalfa

La alfalfa se cultiva ampliamente en todo el mundo, principalmente para la alimentación animal, y sus brotes se utilizan como ingrediente alimenticio humano. También se utiliza en la producción de complementos alimenticios y como fuente de fitoquímicos para las industrias farmacéutica y cosmética (ZINCĂ; VIZIREANU, 2015).

Sus propiedades medicinales se encuentran en hojas, flores, raíces y, principalmente, en brotes. Sus extractos son ricos en fitoquímicos como flavonoides; fitoestrógenos; aminoácidos; fitoesteroles; poliaminas; carotenoides; saponinas; compuestos fenólicos; proteínas; enzimas; vitaminas: A, B1, B6, B12, C, D, E, K, niacina, ácido pantoténico, biotina, ácido fólico; minerales: Ca, K, P, Mg, Fe, Zn, Cu, Al, B, Cr, Co, Mn, Mo, Se, Si, Na, Sn (BORA; SHARMA, 2011) y ácidos grasos mono y poliinsaturados (SILVA et al., 2013).

Los fitoquímicos se clasifican como compuestos bioactivos que provienen de diferentes partes de las plantas -tales como semillas, flores, frutos, hojas, raíces y brotes-, que presentan principalmente actividad antioxidante y que están relacionados con la reducción del riesgo de aparición de diversas enfermedades crónicas y envejecimiento (FERREIRA; ABREU, 2007).

Los flavonoides son antioxidantes efectivos debido a sus propiedades para secuestrar radicales libres y para quelar iones metálicos, protegiendo así los tejidos de los radicales libres y de la peroxidación lipídica. También se atribuye a los flavonoides la mejora del cabello y de las uñas, ya que ayudan en la absorción de la vitamina C (BEHLING et al., 2004).

Los fitoestrógenos tienen propiedades estrogénicas debido a sus similitudes estructurales con la hormona estradiol, la principal hormona femenina, presentando efectos beneficiosos sobre la salud y el reemplazo hormonal (RODRIGUES et al., 2014).

Los aminoácidos tienen potenciales efectos terapéuticos porque pueden atenuar la pérdida de masa muscular durante la reducción de la masa corporal, favorecer el proceso de curación y mejorar el equilibrio proteico muscular en personas mayores (ROGERO; TIRAPEGUI, 2008).

Los fitoesteroles o esteroides vegetales son componentes naturales de las células de las plantas que realizan diversas funciones biológicas análogas a las del colesterol en las células de mamíferos, especialmente en las membranas celulares (PEREIRA, 2013).

Las poliaminas están relacionadas con la proliferación y diferenciación celular, regulando la síntesis de ADN, ARN y proteínas e interactuando con los componentes de la membrana, modulando sus funciones (LIMA et al., 2006).

Los carotenoides forman parte del sistema de defensa antioxidante en humanos y animales, ya que actúan protegiendo las estructuras lipídicas de la oxidación o secuestrando los radicales libres producidos en el proceso de fotooxidación (MORAES; COLLA, 2006).

Las saponinas, además de su actividad antioxidante, tienen propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias e inmunoestimulantes, previniendo la absorción de sales biliares y de colesterol en el tracto digestivo (PEREIRA; CARDOSO, 2012).

Los compuestos fenólicos tienen actividad antioxidante, principalmente debido a sus propiedades oxidorreductoras, haciendo que puedan desempeñar un papel importante en la absorción y neutralización de los radicales libres (PEREIRA; CARDOSO, 2012).

Las proteínas son nutrientes necesarios para que el organismo produzca partes esenciales del cuerpo, como músculos, tejidos, hormonas, vasos sanguíneos, piel y cabello, ayudando a la producción de masa muscular y de anticuerpos y manteniendo el sistema nervioso sano. También proporcionan una piel y un cabello sanos a través de la producción de colágeno, una sustancia que otorga firmeza a la piel y previene la formación de arrugas y marcas de expresión. También ayuda en los procesos de cicatrización y mantiene el equilibrio de proteínas musculares en personas mayores (ROGERO; TIRAPEGUI, 2008).

Las enzimas son proteínas globulares, de estructura terciaria y cuaternaria, que actúan como catalizadores biológicos, aumentando la velocidad de las reacciones químicas en el organismo, sin ser ellas mismas alteradas en este proceso (CAMPESTRINI et al., 2005).

Las vitaminas y los minerales son nutrientes esenciales para el funcionamiento de nuestro organismo, regulando enzimas y hormonas; además, muchos de ellos tienen actividad antioxidante (MORAES; COLLA, 2006).

Los ácidos grasos poliinsaturados son esenciales para el organismo, ya que además de ser una fuente de energía, forman parte de las membranas celulares; son precursores de mediadores de la respuesta inmunológica e inflamatoria; presentan actividad anticoagulante, vasodilatadora y antiagregante plaquetaria; mantienen la normalidad de las funciones cerebrales y de la transmisión de los impulsos nerviosos; y participan en la transferencia de oxígeno atmosférico al plasma sanguíneo y en la síntesis de hemoglobina (MARTIN et al., 2006).

19.2 Envejecimiento

La senescencia cutánea y capilar es un proceso natural y multifactorial a partir de agentes intrínsecos y extrínsecos. Aunque el envejecimiento es inevitable, es posible -a través de productos cosméticos- reducir los efectos causados por los factores asociados.

Con el envejecimiento hay una pérdida de integridad estructural en la piel y los cabellos, que se produce debido a la reducción en el número y en la función de los melanocitos; la disminución de la renovación celular; el decrecimiento de la vascularización y del número de queratinocitos, fibroblastos, fibras de colágeno y elastina; y el aplanamiento de la unión dermoepidérmica y la atenuación de la respuesta inmune, lo que conduce a la alteración de las funciones de protección, absorción, termorregulación y percepción sensorial (SHIRATA; CAMPOS, 2016).

La exposición a factores extrínsecos como la humedad del aire, la radiación ultravioleta, el frío, el viento, la contaminación (polución), el estrés oxidativo, los factores nutricionales - como la falta de vitaminas y oligoelementos - y los factores mecánicos, como la tracción repetida de los músculos, alteran la apariencia natural de la piel y aceleran el proceso de envejecimiento. Los cambios histológicos provocados por el fotoenvejecimiento son numerosos, considerándose la principal fuente exógena de radicales libres (HIRATA et al., 2004).

El estrés oxidativo es uno de los principales factores atribuidos al envejecimiento, ya que si bien los mecanismos de defensa celular y mitocondrial tienen el papel de destruir las especies reactivas de oxígeno, el sistema de defensa antioxidante no es del todo eficiente, generándose a lo largo de la vida una acumulación de daño oxidativo molecular. Los radicales libres también se ven

aumentados por factores externos, como el daño solar y el tabaquismo, responsables de la vasoconstricción excesiva que conduce a una disminución de la oxigenación de la piel (LEAL, 2012).

También hay una alteración en la expresión de factores de transcripción y en enzimas como la telomerasa, que produce un acortamiento de los telómeros y ocasiona el llamado envejecimiento celular (LEAL, 2012).

La disminución general de todas las hormonas que acontece con la edad avanzada hace que el contenido de colágeno y agua se reduzcan. La reducción de las hormonas tiroideas, testosterona y principalmente estrógenos, altera la síntesis de lípidos epidérmicos y genera así disfunciones de la barrera protectora, reduciendo la cantidad de agua en la piel (LEAL, 2012).

El proceso de envejecimiento del cabello se identifica esencialmente por dos eventos: la disminución de la densidad de las hebras, con reducción de su grosor, y la pérdida de su color natural, lo que provoca la canicie. Parte de estos procesos se debe a la actividad de los radicales libres que interfieren en el proceso de producción de melatonina, derivando en la falta de ácidos grasos y vitaminas que promueven la reducción del grosor del hilo y la caída capilar (AUDI et al., 2017).

19.3 Tratamientos antienvjecimiento

Para prevenir el envejecimiento cutáneo, la hidratación de la piel y del cabello es fundamental. El uso de cosméticos que contienen en su composición sustancias hidratantes, antioxidantes, retinoides, hidroxiácidos, despigmentantes, aminoácidos, fitohormonas, vitaminas y agentes antiinflamatorios, ayuda a combatir los procesos de envejecimiento (LEAL, 2012).

Según Fisher et al. (2002), la combinación de nucleótidos, aminoácidos y vitamina B6 puede preservar la actividad de la telomerasa, la enzima responsable de duplicar los telómeros y estos, asociados a antioxidantes, protegen el citoplasma neutralizando los radicales libres citoplasmáticos, evitando así la fragmentación del ADN.

La reducción de los niveles de estrógenos provocada por el adelanto de la edad es otro objetivo para la industria cosmética, ya que esta reducción afecta directamente a la protección y a la humedad natural de la piel. Para minimizar esta disminución, se pueden utilizar extractos vegetales que contengan fitohormonas de la familia de las isoflavonas, sustancias con actividad estrogénica similar a la humana. Desde un punto de vista cosmético, estas sustancias actúan protegiendo las fibras de colágeno de la degradación enzimática, mejorando así la densidad de la piel (LEAL, 2012).

Los cosméticos que tienen carotenoides y vitamina E en sus formulaciones previenen el estrés oxidativo y, al ser sustancias liposolubles con alto poder antioxidante, protegen las membranas celulares de la acción oxidativa de los radicales libres (CHORILLI et al., 2007).

Para el tratamiento de la rarefacción (disminución de la densidad corporal) y la canicie capilar, principios activos como antioxidantes, ácidos grasos esenciales y vitaminas B y A deben usarse en procedimientos de hidratación capilar (AUDI et al., 2017).

19.4 Alfalfa en la industria de cosméticos

Entre los activos dermocosméticos naturales utilizados para prevenir el envejecimiento y mejorar las condiciones generales de la piel, se puede indicar al extracto de alfalfa (Figura 1), que tiene el potencial de actuar a largo plazo sobre la renovación celular de la piel (RODRIGUES et al., 2015).



Figura 1. Extracto de alfalfa.

En un estudio realizado en la Facultad de Ciencias Farmacéuticas de Ribeirão Preto - USP, Shirata (2016) evaluó una formulación cosmética que contenía oligosacáridos de alfalfa y obtuvo una mejora significativa de la hidratación de la piel y en el micro relieve cutáneo, dado que el extracto de alfalfa tiene un efecto similar al retinol, estimulando la actividad celular, favoreciendo la renovación de la epidermis y regulando la diferenciación de los queratinocitos. Además, preserva y repara la dermis estimulando la síntesis de colágeno y disminuye la actividad de las metaloproteinasas, enzimas responsables de la destrucción de las fibras de elastina. Así, se revitaliza la piel, con recuperación de la barrera protectora y la consecuente mejora en la hidratación y atenuación de las arrugas.

Varios efectos beneficiosos se atribuyen al extracto de alfalfa porque es rico en nutrientes, siendo recomendado tanto para el tratamiento de diversas enfermedades como aterosclerosis, artritis, anemias, diabetes, trastornos digestivos, hipercolesterolemia, enfermedades cardíacas, accidente cerebrovascular, reducción de los síntomas de la menopausia y para algunos tipos de cáncer, así como para atenuar los signos de envejecimiento de la piel y del cabello (BORA;

SHARMA, 2011).

De esta manera, los consumidores buscan cada vez más productos que proporcionen mejoras en la salud y la apariencia de manera efectiva. Por ello, una tendencia que ha ido ganando importancia son los nutricosméticos, que son suplementos dietéticos con función cosmética. Es una nueva clase de productos que asocian ingredientes nutracéuticos que ayudan a los procedimientos estéticos. Estos productos, que se comercializan en forma de polvo encapsulado, líquido o té (Figura 2), se asocian a tratamientos específicos para mejorar la salud, la apariencia general de la piel y del cabello y suavizar los signos del envejecimiento (KLEIN, 2012).



Figura 2. Extracto de alfalfa forma líquida (A), polvo encapsulado (B) y té (C).

Además de los nutricosméticos, ya existen productos cosméticos comerciales que contienen extracto de alfalfa en sus formulaciones, tales como cremas hidratantes, champús y acondicionadores (Figura 3).



Figura 3. Crema hidratante (A), champú y acondicionador (B) con extracto de alfalfa.

Lo que marca este siglo es el aumento de la esperanza de vida de la población, que en conjunto trae la preocupación por una apariencia jovial. Con esto, los productos que prolongan la juventud o retrasan el envejecimiento ganan importancia.

La búsqueda de productos cosméticos cada vez más eficaces en la prevención del envejecimiento, asociados a la preocupación por el desarrollo sostenible y sustentable del planeta, llevan a las industrias cosméticas a buscar materiales y procedimientos respetuosos con el medio ambiente.

Dentro de esta línea, se están expandiendo los productos cosméticos producidos con materias primas naturales, renovables y con principios bioactivos específicos, principalmente debido a la existencia de estudios científicos que demuestran la seguridad y eficacia de estos nuevos productos.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS. Disponível em: <<https://abihpec.org.br/institucional/publicacoes/panorama-do-setor/>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

AUDI, C.; KATAOKA, V. Y.; SILVA, G. J. da; TATIKAVA, M. Y.; RODRIGUES, T.; ZYCHAR, B. C. Desenvolvimento e mecanismo de ação da canície e queda capilar. **Iniciação**: revista de iniciação científica, saúde e bem estar, v. 6, n. 5, p. 2-18, 2017.

BEHLING, E. V.; SENDÃO, M. C.; FRANCESCATO, H. D. C.; ANTUNES, L. M. G.; BIANCHI, M. L. P. Flavonóide quercetina: aspectos gerais e ações biológicas. **Alimentos e Nutrição**, v. 15, n. 3, p. 285-292, 2004.

BOLZAN, A. A.; LOPES, L. Q.; MARIN, L. S.; SANTOS, R. C. V.; RAFFIN, R.; FAGAN, S. B.; BULHÕES, L. O. S. Avaliação da atividade antimicrobiana do óleo de orégano livre e em nanoemulsões. **Disciplinarum Scientia. Série: naturais e tecnológicas**, v. 16, n. 2, p. 325-332, 2015.

BORA, K. S.; SHARMA, A. Phytochemical and pharmacological potential of *Medicago sativa*: a review. **Pharmaceutical Biology**, v. 49, n. 2, p. 211-220, 2011. DOI: 10.3109/13880209.2010.504732.

CAMPESTRINI, E.; SILVA, V. T. M. da; APPELT, M. D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 2, n. 6, p. 259-272, 2005.

CHORILLI, M.; LEONARDI, G. R.; SALGADO, H. R. N. Radicais livres e antioxidantes: conceitos fundamentais para aplicação em formulações farmacêuticas e cosméticas. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 88, n. 3, p. 113-118, 2007.

CUNICO, M. M.; LIMA, C. P. Os cosméticos e o risco da vaidade precoce. In: TREBIEN, H. A. (Ed.). **Medicamentos: benefícios e riscos com ênfase na automedicação**. Curitiba: Universidade Estadual do Paraná, 2011. p. 285-298.

FERREIRA, I. C. F. R.; ABREU, R. M. V. Stress oxidativo, antioxidantes e fitoquímicos. **Bioanálise**, ano 4, n. 2, p. 32-39, jul./dez. 2007.

FISHER, G. J.; KANG, S.; VARANI, J.; BATA-CSORGO, Z.; WAN, Y.; DATTA, S.; VOORHEES, J. J. Mechanisms of photoaging and chronological skin aging. **Archives of Dermatology**, v. 138, n. 11, p. 1462-1470, Nov. 2002. DOI: 10.1001/archderm.138.11.1462.

- HIRATA, L. L.; SATO, M. E. O.; SANTOS, C. A. de M. Radicais livres e o envelhecimento cutâneo. **Acta Farmacêutica Bonaerense**, v. 23 n. 3, p. 418-424, 2004.
- KLEIN, P. N. **Nutrição na prevenção e no tratamento da celulite**. 2012. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Estética) – Faculdade Redentor, Instituto Itesa, São Paulo.
- LEAL, R. M. **Desenvolvimento da linha Maturi de produtos cosméticos para a terceira idade**. 2012. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia-Bioquímica) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara, Universidade Estadual Paulista, Araraquara.
- LIMA, G. P. P.; ROCHA, S. A. da; TAKAKI, M.; RAMOS, P. R. R. Teores de poliaminas em alguns alimentos da dieta básica do povo brasileiro. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 1294-1298, jul./ago. 2006. DOI: 10.1590/S0103-84782006000400039.
- MARTIN, C. A.; ALMEIDA, V. V. de; RUIZ, M. R.; VISENTAINER, J. E. L.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N. E. de; VISENTAINER, J. V. Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 6, p. 761-770, nov./dez. 2006. DOI: 10.1590/S1415-52732006000600011.
- MIGUEL, L. M. Tendências do uso de produtos naturais nas indústrias de cosméticos da França. **Revista Geográfica de América Central**, Costa Rica, p. 1-15, 2011. Número especial. Disponível em: <<http://www.biologia.seed.pr.gov.br/arquivos/File/biotecnologia/cosmeticos.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2017.
- MORAES, F. P.; COLLA, L. M. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 3, n. 2, p. 109-122, 2006.
- PEREIRA, A. C. S. **Hábitos de consumo de alimentos enriquecidos com fitoesteróis**: estudo preliminar. 2013. 99 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Tecnologia Alimentar) – Instituto Politécnico de Viseu, Escola Superior Agrária de Viseu.
- PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. das G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 4, p. 146-152, Nov. 2012.
- RODRIGUES, F.; ALMEIDA, I.; SARMENTO, B.; AMARAL, M. H.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Study of the isoflavone content of different extracts of *Medicago* spp. as potential active ingredient. **Industrial Crops and Products**, v. 57, p. 110-115, June 2014. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.03.014.
- RODRIGUES, F.; SARMENTO, B.; AMARAL, M. H.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Exploring the antioxidant potentiality of two food by-products into a topical cream: stability, *in vitro* and *in vivo* evaluation. **Journal Drug Development and Industrial Pharmacy**, v. 42, n. 6, p. 880-889, 2015. DOI: 10.3109/03639045.2015.1088865.
- ROGERO, M. M.; TIRAPEGUI, J. Aspectos atuais sobre aminoácidos de cadeia ramificada e exercício físico. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n. 4, p. 563-575, out./dez. 2008. DOI: 10.1590/S1516-93322008000400004.
- SHIRATA, M. M. F. **Influência dos componentes da formulação cosmética nas propriedades biofísicas e estruturais da pele**. 2016. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. DOI: 10.11606/D.60.2016.tde-17062016-162342.
- SHIRATA, M. M. F.; CAMPOS, P. M. B. G. M. Importância do perfil de textura e sensorial no desenvolvimento de formulações cosméticas. **Surgical & Cosmetic Dermatology**, v. 8, n. 3, p. 223-230, 2016. DOI: 10.5935/scd1984-8773.201683861.
- SILVA, L. R.; PEREIRA, M. J.; AZEVEDO, J.; GONÇALVES, R. F.; VALENTÃO, P.; PINHO, P. G. de; ANDRADE, P. B. *Glycine max* (L.) Merr., *Vigna radiata* L. and *Medicago sativa* L. sprouts: a natural source of bioactive compounds. **Food Research International**, v. 50, p. 167-175, 2013. DOI: 10.1016/j.foodres.2012.10.025.

ZINCĂ, G.; VIZIREANU, C. Crop plants and herbs for the treatment of women disorders: analytical methods for the bioactive compounds: a review. **Journal of Agroalimentary Processes and Technologies**, v. 21, n. 2, p. 107-115, 2015.

CAPÍTULO 20. ALFALFA EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA

Clelia Akiko Hiruma-Lima

La alfalfa es una de las especies forrajeras más importantes a nivel mundial; no obstante, su uso como planta medicinal para el tratamiento de diversas enfermedades en humanos todavía requiere confirmaciones a través de estudios clínicos cuidadosos. En base a indicaciones populares sobre su uso con fines medicinales y considerando los estudios preclínicos realizados en cultivo de células (*in vitro*) y/o en animales de experimentación (*in vivo*), ya hay evidencia de la eficacia farmacológica de la alfalfa como antimicrobiano, antioxidante, antiinflamatorio, antitumoral, antidiabético, hipocolesterolémico (reduce el colesterol en sangre) y fitoestrogénico, mostrando así el gran potencial terapéutico de la especie en la industria farmacéutica. Sin embargo, la transformación de la alfalfa en fitoterápico y/o en fitomedicamento requiere nuevos estudios clínicos bien fundamentados que aseguren su eficacia y, principalmente, la seguridad de uso. Además, la transformación de esta especie en fitoterápico y/o en fitomedicamento demandará una gran cantidad de materia prima para su producción a gran escala. Para ello, son necesarios nuevos estudios fitoquímicos -cualitativos y cuantitativos- sobre los compuestos secundarios de la especie en función de las diferentes condiciones ambientales existentes en distintas regiones de Brasil respecto del clima, el suelo, la composición mineral y el fotoperíodo, entre otros factores. Solo de esta manera es posible garantizar una materia prima de calidad que asegure el mantenimiento de la acción farmacológica en el producto final. Los diversos estudios farmacológicos ya existentes en la literatura son muy prometedores y apuntan claramente a la alfalfa como una fuente importante de nuevos fármacos.

20.1 Composición fitoquímica- Los constituyentes químicos de la alfalfa se pueden dividir en dos grupos: los metabolitos primarios, que son aquellos compuestos esenciales para la supervivencia de la especie; y los metabolitos secundarios, que confieren valor adaptativo para la perpetuación de la especie en su ecosistema. Los metabolitos secundarios ayudan, por ejemplo, a la planta en la lucha contra herbívoros o patógenos, son sustancias que protegen a la planta contra los rayos UV o ayudan en la atracción de polinizadores (SIMÕES et al., 1999). Las plantas tienen una gran capacidad biosintética para la producción de metabolitos secundarios, tanto en relación con el número de compuestos como en su diversidad dentro de una misma especie. Por lo tanto, existe un gran interés de las industrias farmacéuticas por estos compuestos.

Entre los metabolitos primarios producidos por *Medicago sativa* L. en las diferentes partes de su estructura, hay informes de: varias vitaminas (Vitaminas A, B1, B2, B3, B6, B7, B12, D, E y K, ácido fólico e inositol), aminoácidos (arginina, asparagina, cannavanina, cisteína, fenilalanina, histidina, leucina, isoleucina, lisina, metionina, treonina, triptófano y valina), minerales (calcio, magnesio, fósforo, cobre, manganeso, hierro, zinc, silicio, litio y potasio), carbohidratos (arabinosa, fructosa, sacarosa y xilosa), pigmentos (clorofila, xantofila y antocianinas) y proteínas (BARNES et al., 2004; GAWEL et al., 2017; RAFINSKA et al., 2017).

La alfalfa también produce metabolitos secundarios que incluyen: cumarina (medicagol), isoflavonoides (medicarpina, millepurpana, cumestrol, biocanina A, daidzeína, formononetina, genisthein y gliciteína), alcaloides pirrolidínicos (estaquidrina y homoeestaquidrina), alcaloides piridínicos (trigonelina), ácidos (láurico, maleico, málico, malónico, mirístico, oxálico, palmítico y quínico), ácidos fenólicos (ferúlico, p-cumárico, cafeico y 5-0-cafeoiliquiquínico), esteroides (campesterol, cicloartenol, β -sitosterol, α -espinasterol y estigmasterol) y saponinas (ácido medicagénico, sojasapogenol A-F, ácido zanhico, hederagenina y sus glucósidos) (BARNES et al., 2004; GATOULLAT et al., 2015; RAFINSKA et al., 2017; SADOWSKA et al., 2014; SILVA et al., 2013).

20.2 Indicación de uso - La alfalfa tiene su uso medicinal reputado en varios países de Europa, Asia y América. En Brasil, el uso de la especie en la medicina tradicional está muy extendido, principalmente en el sur del país donde la planta se utiliza comúnmente en la alimentación humana en forma de brotes de semillas germinadas y en la dieta vegetariana (LORENZI; MATOS, 2008). Su valor nutricional es bien conocido, principalmente en la lucha contra la hipovitaminosis y en los diferentes estados de debilidad durante períodos de convalecencia (BARNES et al., 2004; LORENZI; MATOS, 2008). Pero hay varios informes sobre su uso en la medicina tradicional, incluida la medicina tradicional china y la medicina ayurveda, en la que la alfalfa está indicada para diversos fines terapéuticos como la lucha contra la artritis, el hipercolesterolemia, la diabetes y las úlceras pépticas (BARNES et al., 2004). También se la considera por su efecto astringente, antiinflamatorio, antitérmico, bactericida, cardiotónico, emético, emenagogo y estrogénico (BARNES et al., 2004; BORA; SHARMA, 2011b; LORENZI; MATOS, 2008). En Colombia, la planta se utiliza para el tratamiento de la tos (MIELMANN, 2013). Existen indicaciones de alfalfa para el tratamiento de cálculos renales y como diurético en casos de retención de líquidos (BORA; SHARMA, 2011b). En la medicina ayurveda esta planta también tiene indicación para el tratamiento de trastornos del sistema

nervioso central y hay informes de su eficacia para mejorar la memoria (BORA; SHARMA, 2011b). Sin embargo, el uso tradicional o popular se basa en relatos de prácticas médicas adquiridas en comunidades ambientalmente definidas que hacen un uso medicinal de la planta medicinal, pero que no representan necesariamente una confirmación de la actividad terapéutica en la práctica clínica. Para ello, son necesarios estudios farmacológicos preclínicos para caracterizar los mecanismos de acción de la planta, así como estudios clínicos en humanos.

20.3 Pruebas farmacológicas – A pesar de las diversas indicaciones de la alfalfa en la medicina tradicional, hay pocos estudios clínicos en humanos que demuestren sus actividades terapéuticas. No obstante, hay estudios farmacológicos preclínicos *in vitro* e *in vivo* que han demostrado algunas de las indicaciones difundidas de su uso medicinal, como se puede observar a continuación.

20.3.1 Acción estrogénica: Algunos flavonoides de alfalfa se han descrito como toestrógenos naturales efectivos. Los fitoestrógenos que están presentes en la alfalfa son apigenina, luteolina, quercetina, medicarpina, cumestrol, liquiritigenina e isoliquiritigenina (RAFINSKA et al., 2017). En estudios con ratas tratadas con extracto etanólico de *M. sativa* (durante 22 días) se observó un aumento significativo en los niveles séricos de progesterona, lo que se atribuyó al efecto estrogénico de la alfalfa en la alimentación de estos animales (AHMAD et al., 2013). Se ha demostrado la acción de coumestrol, liquiritigenina e isoliquiritigenina en receptores específicos de estrógenos; y también hay informes de la intensa actividad estrogénica de apigenina y quercetina que indicarían su potencial para el tratamiento de tumores relacionados con la acción hormonal (BORA; SHARMA, 2011b; RAFINSKA et al., 2017).

20.3.2 Efecto antimicrobiano: La acción antimicrobiana de *M. sativa* contra bacterias (gram positivas y gram negativas) y hongos patógenos está ampliamente estudiada. El efecto antimicrobiano atribuido a la presencia de saponinas y sapogeninas de la alfalfa fue bien caracterizado en estudios realizados por Avato et al. (2006), quienes demostraron que la presencia de azúcares unidos a moléculas de saponina no es determinante para su acción antimicrobiana. Este mismo estudio también demostró que la acción antimicrobiana ocurre predominantemente en bacterias gram positivas y que la acción de *M. sativa* está directamente relacionada con su contenido de ácido medicagénico, una aglicona que se presenta en concentraciones más altas en la raíz de la planta (AVATO et al., 2006). El ácido medicagénico también tiene acción antifúngica contra *Cryptococcus neoformans*, un hongo de gran importancia en animales y humanos porque es responsable de la criptococosis (POLACHECK et al., 1986). Sadowska et al. (2014) caracterizaron la acción antifúngica de la fracción enriquecida de saponinas obtenidas de las partes aéreas y la raíz de *M. sativa* en la lucha contra el hongo *Candida*

albicans, uno de los hongos patógenos que mayor deterioro causa en pacientes inmunodeprimidos y que también presenta mayor resistencia a los fármacos antifúngicos que existen en el mercado. Los estudios realizados con aescina, una saponina aislada de la alfalfa, también han demostrado la acción antifúngica contra otros hongos patógenos de las plantas, como *Trichoderma viride* y *Sclerotium rolsfsii* (GRUIZ, 1996). Se ha comprobado que la acción antifúngica de *M. sativa* contra el hongo fitopatógeno *Pyricularia oryzae* se debe a la acción de las propageninas, que son saponinas que actúan alterando la integridad estructural de la membrana celular de este hongo (ABBRUSCATO et al., 2014).

20.3.3 Actividad antioxidante: Los estudios *in vitro* realizados con brotes de alfalfa han demostrado una alta acción antioxidante atribuida probablemente a la presencia de ácidos fenólicos en su composición, como los ácidos ferúlico, p-cumárico, cafeico y 5-0-cafeoilquínico (SILVA et al., 2013). La acción antioxidante de *M. sativa* también puede ser beneficiosa en la protección del sistema nervioso central. Trabajos realizados por Bora y Sharma (2011a) han demostrado que el extracto metanólico de alfalfa tiene una acción antioxidante capaz de reducir los efectos nocivos de las especies reactivas de oxígeno generadas durante el proceso de isquemia y reperfusión en el cerebro de ratones. Por lo tanto, estos resultados sugieren que existe una acción antioxidante efectiva de la alfalfa, que puede tener un efecto terapéutico para el tratamiento de accidentes cerebrovasculares o incluso como un tratamiento preventivo para la pérdida de memoria (BORA; SHARMA, 2011b).

20.3.4 Protector hepático: el extracto acuoso liofilizado de *M. sativa* mostró acción hepatoprotectora en estudios realizados con ratas sometidas a lesión hepática inducida por tetracloruro de carbono, que causa lesiones necróticas en el hígado, y también contra la esteatosis hepática. El tratamiento de animales durante 21 días con extracto de alfalfa fue efectivo tanto en la reducción de lesiones macroscópicas como en parámetros bioquímicos hepáticos. El estudio atribuye la acción hepatoprotectora de la alfalfa a su propiedad antioxidante (AL-DOSARI, 2012).

20.3.5 Efecto antitumoral: hay estudios que demuestran que dos isoflavonas aisladas de hojas de alfalfa, medicarpina y millepurpana, pueden utilizarse como sustancias quimiopreventivas (sustancias capaces de revertir, bloquear o prevenir la aparición de tumores) o como sustancias capaces de potenciar la acción citotóxica de algunos fármacos quimioterapéuticos ya establecidos para el tratamiento del cáncer, como la vimblastina y la doxocina. Esta acción conjunta puede contribuir a una acción antitumoral mucho más eficaz e integral, disminuyendo la resistencia de las células tumorales y mejorando la eficacia de quimioterápicos ya existentes en el mercado (GATOUILLAT et al., 2014, 2015). Además de las isoflavonas, hay informes de la acción antitumoral de las saponinas

de *M. sativa*, específicamente la hederagenina, que redujo la proliferación celular de diferentes líneas tumorales en estudios *in vitro* y también fue capaz de potenciar el efecto de la cisplatina, un quimioterápico muy utilizado en el tratamiento de algunos tipos de cáncer, como el de cuello uterino (AVATO et al., 2017).

20.3.6 Acciones sobre enfermedades cardiovasculares y diabetes: Gomathi et al. (2014) describieron el efecto protector del corazón contra el infarto de miocardio inducido por isoproterenol en ratas mediante el tratamiento con extracto etanólico de *M. sativa*. Un concentrado de proteína hidrolizada de alfalfa también mostró acción antihipertensiva en estudios *in vivo* e *in vitro* al inhibir la enzima conversiva de la angiotensina (ECA) (KAPEL et al., 2006). El efecto hipocolesterolémico (reducción de los niveles de colesterol en sangre) se demostró en un estudio con ratas sometidas a una dieta rica en lípidos en la que se demostró que el tratamiento con extracto de saponina de alfalfa (durante 5 semanas) promueve una reducción efectiva del colesterol total (SHI et al., 2014). La presencia de saponinas en la alfalfa fue responsable de la reducción de la absorción intestinal de colesterol y de la prevención de la arteriosclerosis (VAN WYK; WINK, 2004). Se observó el efecto de reducción de la formación de placas de ateroma y la acción hipocolesterolémica en primates y conejos. El efecto reductor del colesterol en sangre se atribuyó a la saponina de alfalfa, que disminuyó los niveles de colesterol total sin alterar la lipoproteína HDL, considerada popularmente como “colesterol bueno” (MALINOW et al., 1978, 1980, 1981). La capacidad de reducir el colesterol atribuido a las saponinas de alfalfa se debe a su capacidad para alterar la expresión génica de las enzimas implicadas en la síntesis de colesterol en el hígado, reducir la absorción intestinal del colesterol de la dieta y también aumentar la capacidad de eliminar el colesterol (LINAG et al., 2015; SHI et al., 2014).

La salinidad del suelo es uno de los factores capaces de alterar la composición de los polifenoles existentes en la planta. En un estudio comparativo con alfalfa cultivada en suelos con diferentes condiciones de salinidad, se determinó que hubo un aumento significativo de polifenoles presentes en plantas cultivadas en un ambiente con alta salinidad (MARTÍNEZ et al., 2016). Esta alfalfa cultivada en condiciones de alta salinidad se utilizó (durante cinco semanas) en la dieta de ratas espontáneamente hipertensas y se demostró que hubo una reducción de la presión arterial. Además, la dieta también fue capaz de reducir en la formación de cálculos renales, tuvo una acción protectora contra el daño oxidativo causado por la peroxidación lipídica en el hígado y fue capaz de mejorar los niveles glucémicos del plasma, indicando su efecto potencial en la lucha contra la diabetes (MARTÍNEZ et al., 2016). El efecto antidiabético también fue observado por Baxi et al.

(2010), quienes observaron que la administración (durante 30 días) de extracto etanólico de hojas de alfalfa fue capaz de reducir los índices glucémicos de ratas con diabetes inducida por aloxana. El extracto acuoso liofilizado de *M. sativa* administrado durante cuatro semanas fue capaz de reducir la glucemia postprandial en ratas diabéticas tipo 2 (WINIARSKA et al., 2007).

20.3.7 Acción antiinflamatoria: la fracción acetato de etilo obtenida de los brotes de alfalfa tiene un efecto antiinflamatorio demostrado en estudios *in vivo* e *in vitro*, inhibiendo la producción de citosinas proinflamatorias (HONG et al., 2009b). También hay informes de la acción antiinflamatoria *in vitro* en la que los polisacáridos obtenidos del tallo de la alfalfa inhibieron la liberación de citosinas proinflamatorias (IL-1 β , IL-6 y COX-2), contribuyendo así a la reducción del proceso inflamatorio agudo (CHEN et al., 2015a, 2015b). Hay estudios que indican que una dieta rica en fitoestrógenos - como la isoflavona- es capaz de aliviar y / o reducir la gravedad de enfermedades autoinmunes como el lupus eritematoso sistémico. En ratones modificados genéticamente que mostraron lupus espontáneamente, se observó que el tratamiento de estos animales con el extracto de acetato de etilo obtenido de brotes de alfalfa (durante 6 semanas) fue capaz de atenuar la respuesta inflamatoria, reduciendo la gravedad de la enfermedad y aumentando la supervivencia de los animales que sufrían la dolencia (HONG et al., 2009a).

20.3.8 Efecto hemolítico: Una de las características farmacológicas más importantes de las saponinas es la hemólisis, es decir, la ruptura de la membrana plasmática del eritrocito. Esto se debe a la propiedad de las saponinas de interactuar con el colesterol de la membrana celular, llevándola a su desestabilización. Básicamente dos tipos de saponinas están presentes en la alfalfa: aquellas con actividad hemolítica (ácido medicagenico, ácido zanhico, hederagenina, bayogenina, ácido 2 β ,3 β dihidroxi-23-oxo-olean-12-en-28oico) y aquellas que no tienen esta acción (soyasapogenol A, B, C, D, E y F). La actividad hemolítica de las saponinas está relacionada con el tipo de aglicona ligada y su afinidad por la membrana. El ácido medicagénico y la hederogenina glicosilada tienen una mayor actividad hemolítica que el ácido zanhico glicosilado (GAWEŁ et al., 2017; RAFINSKA et al., 2017).

20.3.9 Acción ansiolítica: estudios preclínicos reportan acción ansiolítica atribuida a la alfalfa (BORA; SHARMA, 2011b).

20.3.10 Efecto nematocida: Las saponinas son conocidas por su acción nematocida y el control de insectos. Esto llevó a los investigadores a evaluar el posible efecto nematocida de *M. sativa*. Un estudio realizado con diferentes especies de alfalfa demuestra su acción en la lucha contra el nematodo *Xiphinema index* que ataca a varias especies de uva. La eficacia del efecto nematocida de *M. sativa* se atribuyó a la presencia de prosopogeninas y sapogeninas, aunque se concluyó que las

prospogeninas fueron las más efectivas. El probable mecanismo de acción nematocida de *M. sativa* se debe a la capacidad de las saponinas para interactuar con las proteínas de colágeno de la cutícula de nematodos (ARGENTIERI et al., 2008).

20.4 Estudios clínicos en humanos- A pesar de varios estudios preclínicos con alfalfa realizados hasta la fecha y del gran potencial terapéutico que ha demostrado la planta, pocos estudios clínicos actualizados se han realizado en humanos. Los estudios efectuados en pacientes con colesterol alto y tratados con semillas de alfalfa mostraron normalización de las concentraciones plasmáticas. También se informó un efecto hipoglucémico en pacientes que consumían extracto de alfalfa, atribuyéndose este efecto reductor a la presencia de manganeso en su composición (BARNES et al., 2004; WYK VAN; WINK, 2004).

20.5 Efectos colaterales y toxicidad – Si bien la alfalfa es recomendada por la EFSA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria) como un complemento alimenticio seguro, la completa seguridad de su uso requiere más estudios. Existen en la bibliografía algunos informes de posibles efectos tóxicos (RAFINSKA et al., 2017). La semilla de alfalfa se ha identificado como un inductor del lupus eritematoso sistémico en estudios con primates. Esta actividad se atribuyó a la presencia de canavanina (un aminoácido no proteico) presente en su composición. La canavanina tiene una acción tóxica en varias especies animales y su concentración es mayor en las semillas, pero también se constató su presencia en las hojas de la alfalfa (GAWEL et al., 2017). También hay informes de la aparición de pancitopenia (reducción significativa de glóbulos rojos, leucocitos y plaquetas) debido a la alta ingesta de semillas de alfalfa. Sin embargo, hay pocos trabajos sobre la seguridad del uso de esta planta (BARNES et al., 2004; WYK VAN; WINK, 2004). Los estudios realizados con alfalfa sin saponinas en la dieta de roedores y primates mostraron que hubo una reducción en los niveles lipídicos y ausencia de signos evidentes de toxicidad. La alfalfa sin saponina no tiene canavanina. La especie tampoco mostró acción mutagénica en estudios *in vitro* (BARNES et al., 2004).

20.6 Contraindicaciones – Aunque los estudios preclínicos en animales han indicado a la alfalfa como un agente terapéutico potencial en el tratamiento del lupus, esta especie ha sido contraindicada para pacientes con lupus eritematoso sistémico en humanos. Se debe evitar la ingestión de grandes cantidades de alfalfa debido a los posibles efectos estrogénicos y anticoagulantes. El uso excesivo de alfalfa puede interferir con la terapia de los pacientes que usan anticoagulantes o terapia hormonal (anticonceptivos orales y reemplazo hormonal). En el embarazo y la lactancia no se recomienda ingerir grandes cantidades de semillas de alfalfa porque hay informes de cambios en el ciclo menstrual y un impacto en la lactogénesis (BARNES et al., 2004).

Referencias

- ABBRUSCATO, P.; TOSI, S.; CRISPINO, L.; BIAZZI, E.; MENIN, B.; PICCO, A. M.; PECETTI, L.; AVATO, P.; TAVA, A. Triterpenoid glycosides from *Medicago sativa* as antifungal agents against *Pyricularia oryzae*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 46, p. 11030- 11036, Oct. 2014. DOI: 10.1021/jf5049063.
- AHMAD, N.; ZIA, U. R.; AKHTAR, N.; ALI, S.; AHMAD, M.; AHMAD, I. Effects of *Medicago sativa* on some serum biochemical metabolites in rats. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 15, n. 1, p. 297-300, 2013.
- AL-DOSARI, M. S. In vitro and in vivo antioxidant activity of alfalfa (*Medicago sativa* L.) on carbon tetrachloride intoxicated rats. **The American Journal of Chinese Medicine**, v. 40, n. 4, p. 779-793, 2012. DOI: 10.1142/S0192415X12500589.
- ARGENTIERI, M. P.; D'ADDABBO, T.; TAVA, A.; AGOSTINELLI, A.; JURZYSTA, M.; AVATO, P. Evaluation of nematocidal properties of saponins from *Medicago* spp. **European Journal of Plant Pathology**, v. 120, n. 2, p. 189-197, Feb. 2008. DOI: 10.1007/s10658-007-9207- 8.
- AVATO, P.; BUCCI, R.; TAVA, A.; VITALI, C.; ROSATO, A.; BIALY, Z.; JURZYSTA, M. Antimicrobial activity of saponins from *Medicago* sp.: structure-activity relationship. **Phytotherapy Research**, v. 20, n. 6, p. 454-457, 2006. DOI: 10.1002/ptr.1876.
- AVATO, P.; MIGONI, D.; ARGENTIERI, M.; FANIZZI, F. P.; TAVA, A. Activity of saponins from *Medicago* species against HeLa and MCF-7 cell lines and their capacity to potentiate Cisplatin effect. **Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry**, v. 17, n. 11, p. 1508-1518, 2017. DOI: 10.2174/1871520617666170727152805.
- BARNES, J.; ANDERSON, L. A.; PHILILIPSON, D. **Plantas medicinales**. Barcelona: Pharma Editores, 2004. p. 63-65.
- BAXI, D. B.; SINGH, P. K.; DOSHI, A. A.; ARYA, S. M. R.; RAMACHANDRAN, A. V. *Medicago sativa* leaf extract supplementation corrects diabetes induced dyslipidemia, oxidative stress and hepatic renal functions and exerts antihyperglycaemic action as effective as metformin. **Annal of Biological Research**, v. 1, n. 3, p. 107-119, 2010.
- BORA, K. S.; SHARMA, A. Evaluation of antioxidant and cerebroprotective effect of *Medicago sativa* Linn. against ischemia and reperfusion insult. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, article ID 792167, 9 p., 2011a. DOI: 10.1093/ecam/neq019.
- BORA, K. S.; SHARMA, A. Phytochemical and pharmacological potencial of *Medicago sativa*: a review. **Pharmaceutical Biology**, v. 49, n. 2, p. 211-220, Feb. 2011b. DOI: 10.3109/13880209.2010.504732.
- CHEN, L.; LIU, J.; ZHANG, Y.; DAI, B.; AN, Y.; YU, L. Structural, thermal and anti- inflammatory properties of a novel peptic polysaccharide from alfalfa (*Medicago sativa* L.) stem. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 12, p. 3219-3228, 2015a. DOI: 10.1021/acs.jafc.5b00494.
- CHEN, L.; LIU, J.; ZHANG, Y.; NIU, Y.; DAI, B.; YU, L. A novel alkaline hemicellulosic heteroxylan isolated from alfalfa (*Medicago sativa* L.) stem and its thermal and anti-inflammatory properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 11, p. 2970-2978, 2015b. DOI: 10.1021/acs.jafc.5b00063.
- GATOUILLAT, G.; MAGID, A. A.; BERTIN, E.; EL BTAOURI, H.; MORJANI, H.; LAVAUD, C.; MADOULET, C. Medicarpin and millepurpan, two flavonoids isolated from *Medicago sativa*, induce apoptosis and overcome multidrug resistance in leukemia P388 cells. **Phytomedicine**, v. 22, n. 13, p. 1186-1194, 2015. DOI: 10.1016/j.phymed.2015.09.005.
- GATOUILLAT, G.; MAGID, A. A.; BERTIN, E.; OKIEMY-AKELI, M. G.; MORJANI, H.; LAVAUD, C.; MADOULET, C. Cytotoxicity and apoptosis induced by alfalfa (*Medicago sativa*) leaf extracts in sensitive and multidrug-resistant tumor cells. **Nutrition and Cancer**, v. 66, n. 3, p. 483-491, 2014. DOI:

10.1080/01635581.2014.884228.

GAWEL, E.; GRZELAKB, M.; JANYSZEKC, M. Lucerne (*Medicago sativa* L.) in the human diet- case reports and short reports. **Journal of Herbal Medicine**, 2017. DOI: 10.1016/j.hermed.2017.07.002.

GOMATHI, R.; VIJIPRIYA, M.; USHA, K. Cardioprotective effect of ethanolic extract of *Medicago sativa* stem on isoproterenol induced myocardial infarction in Wistar albino rats. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 6, n. 2, p. 839-842, 2014. GRUIZ, K. Fungitoxic activity of saponins: practical use and fundamental principles. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v. 404, p. 527-534, 1996. DOI: 10.1007/978-1-4899-1367- 8_43.

HONG, Y. H.; HUANG, C. J.; WANG, S. C.; LIN, B. F. The ethyl acetate extract of alfalfa sprout ameliorates disease severity of autoimmune-prone MRL-*lpr/lpr* mice. **Lupus**, v. 18, p. 206-215, 2009a. DOI: 10.1177/0961203308095450.

HONG, Y.; CHAO, W.; CHEN, M.; LIN, B. Ethyl acetate extracts of alfalfa (*Medicago sativa* L.) sprouts inhibit lipopolysaccharide-induced inflammation *in vitro* and *in vivo*. **Journal of Biomedical Science**, v. 16, n. 64, p. 1-12, 2009b. DOI: 10.1186/1423-0127-16-64.

KAPEL, R.; CHABEAU, A.; LESAGE, J.; RIVIERE, G.; DHULSTER, P. Production, in continuous enzymatic membrane reactor, of an anti-hypertensive hydrolysate from an industrial alfalfa white protein concentrate exhibiting ACE inhibitory and opioid activities. **Food Chemistry**, v. 98, n. 1, p. 120-126, 2006. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.05.062.

LIANG, X.-P.; ZHANG, D.-Q.; CHEN, Y.-Y.; GUO, R.; WANG, J.; WANG, C.-Z.; SHI, Y.-H. Effects of alfalfa saponin extract on mRNA expression of Ldlr, LXR α , and FXR in BRL cells. **Biomedicine & Biotechnology**, v. 16, n. 6, p. 479-486, 2015. DOI: 10.1631/jzus.B1400343.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 284 p.

MALINOW, M. R.; CONNOR, W. E.; MCLAUGHLIN, P.; STAFFORD, C.; LIN, D. S.; LIVINGSTON, L.; KOHLER, G. O.; MCNULTY, W. P. Cholesterol and bile acid balance in *Macaca fascicularis*. **Journal of Clinical Investigation**, v. 67, p. 156-162, 1981. DOI: 10.1172/JCI110008.

MALINOW, M. R.; MCLAUGHLIN, P.; NAITO, H. K.; LEWIS, L. A.; MCNULTY, W. P. Effect of alfalfa meal on shrinkage (regression) of atherosclerotic plaques during cholesterol feeding in monkeys. **Atherosclerosis**, v. 1, p. 27-43, 1978. DOI: 10.1016/0021-9150(78)90150-8.

MALINOW, M. R.; MCLAUGHLIN, P.; STAFFORD, C.; LIVINGSTON, A. L.; KOHLER, G. O. Alfalfa saponins and alfalfa seeds. Dietary effects in cholesterol-fed rabbits. **Atherosclerosis**, v. 37, n. 3, p. 433-438, 1980. DOI: 10.1016/0021-9150(80)90148-3.

MARTÍNEZ, R.; KAPRAVELOU, G.; PORRES, J. M.; MELESIO, A. M.; HERAS, L.; CANTARERO, S.; GRIBBLE, F. M.; PARKER, H.; ARANDA, P.; LÓPEZ-JURADO, M. *Medicago sativa* L., a functional food to relieve hypertension and metabolic disorders in a spontaneously hypertensive rat model. **Journal of Functional Foods**, v. 26, p. 470-484, Oct. 2016. DOI: 10.1016/j.jff.2016.08.013.

MIELMANN, A. The utilisation of lucerne (*Medicago sativa*): a review. **British Food Journal**, v. 115, n. 4, p. 590-600, 2013. DOI: 10.1108/00070701311317865.

POLACHECK, I.; ZEAVI, U.; NAIM, M.; LEVY, M.; EVRON, R. The susceptibility of *Cryptococcus neoformans* to an antimycotic agent (G2) from alfalfa. **Zentralbl Bakteriol Mikrobiol Hyg A**, v. 261, n. 4, p. 481-486, 1986. DOI: 10.1016/S0176-6724(86)80080-3.

RAFINSKA, K.; POMANSTOWSKI, P.; WRONA, O.; GÓRECKI, R.; BUSZEWSKI, B. *Medicago sativa* as a source of secondary metabolites for agriculture and pharmaceutical industry. **Phytochemistry Letters**, v. 20, p. 520-539, June 2017. DOI: 10.1016/j.phytol.2016.12.006.

- SADOWSKA, B.; BUDZYNSKA, A.; WIECKOWSKA-SZAKIEL, M.; PASZKIEWICZ, M.; STOCHMAL, A.; MONIUSZKO-SZAJWAJ, B.; KOWALCZYK, M.; ROZALSKA, B. New pharmacological properties of *Medicago sativa* and *Saponaria officinalis* saponin-rich fractions addressed to *Candida albicans*. **Journal of Medical Microbiology**, v. 63, p. 1076-1086, 2014. DOI: 10.1099/jmm.0.075291-0.
- SHI, Y.; GUO, R.; WANG, X.; YUAN, D.; ZHANG, S.; WANG, J.; YAN, X.; WANG, C. The regulation of alfalfa saponin extract on key genes involved in hepatic cholesterol metabolism in hyperlipidemic rats. **PLoS One**, v. 9, n. 2, e88282, 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0088282.
- SILVA, L. R.; PEREIRA, M. J.; AZEVEDO, J.; GONÇALVES, R. F.; VALENTÃO, P.; PINHO, P. G. de; ANDRADE, P. B. *Glycine max* (L.) Merr., *Vigna radiata* L. and *Medicago sativa* L. sprouts: a natural source of bioactive compounds. **Food Research International**, v. 50, n. 1, p. 167-175, Jan. 2013. DOI: 10.1016/j.foodres.2012.10.025.
- SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. (Org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS; Florianópolis: Ed. da UFSC, 1999. 323 p.
- VAN WYK, B.; WINK, M. **Medicinal plants of the world**. Oregon: Timber, 2004. 201 p. WINIARSKA, H.; DWORACKA, M.; BOROWSKA, M.; BOBKIEWICZ-KOZLOWSKA, T.; GORECKI, P.; MŚCISZ, A.; MROZIKIEWICZ, P.M. The effects of plant extracts of *Medicago sativa* and *Trigonella foenum-graecum* on postprandial glucose levels in type 2 diabetic rats. **Herba Polonica**, v. 53, n. 4, p. 34-44, 2007.



Ministerio de Agricultura,
Pecuaria y Abastecimiento

