

## 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 se 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**

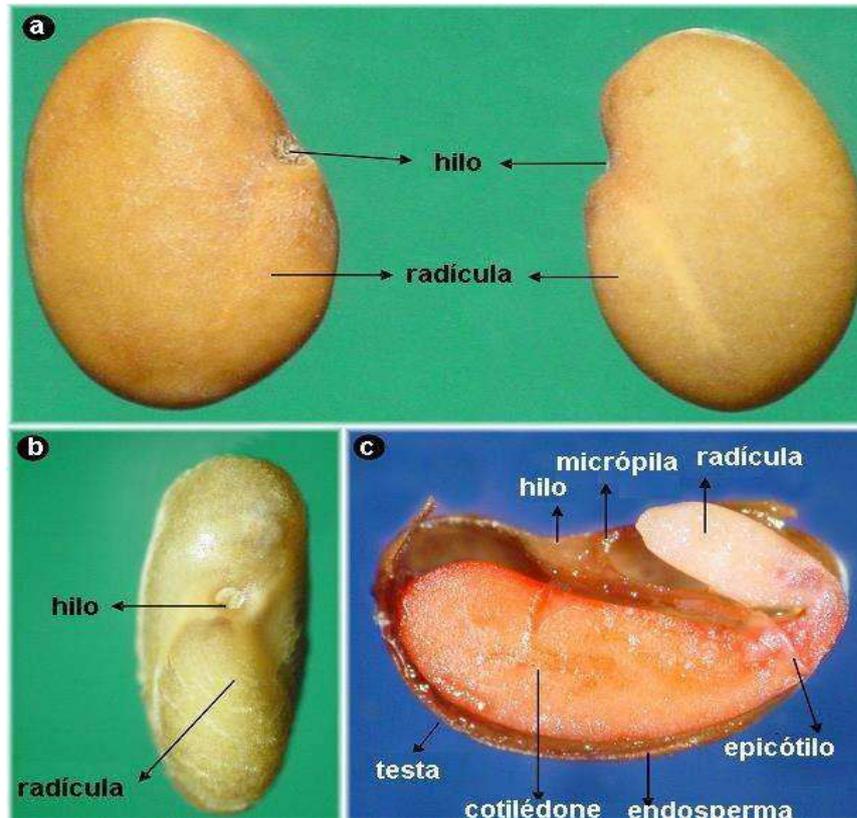
Las semillas de alfalfa poseen generalmente forma arrionada y color amarillento, pero también se pueden encontrar semillas angulares y de coloración que varía desde el verde oliva a distintas tonalidades de marrón (Figura 1).



**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

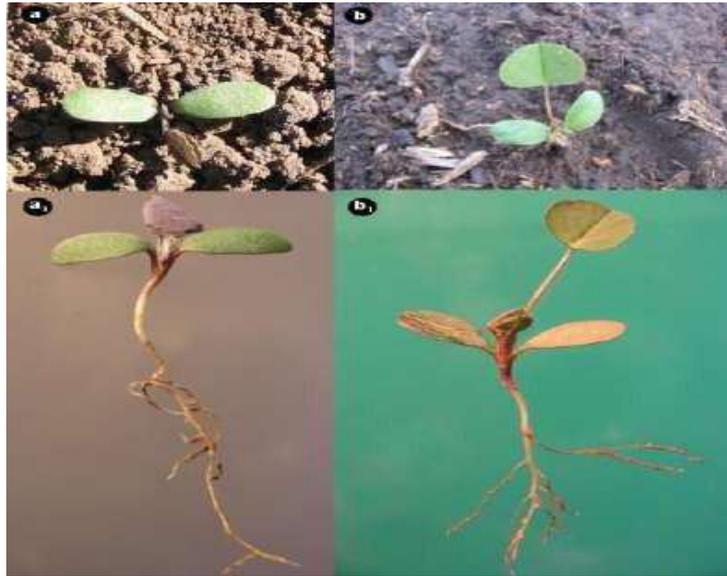
En el proceso de germinación, la semilla en contacto con el suelo comienza a embeberse de agua, lo que desencadena una serie de transformaciones que se resumen en el desarrollo de una raíz (partiendo de la radícula preexistente en la semilla) y de un talluelo, que se alarga hasta sacar los cotiledones 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).



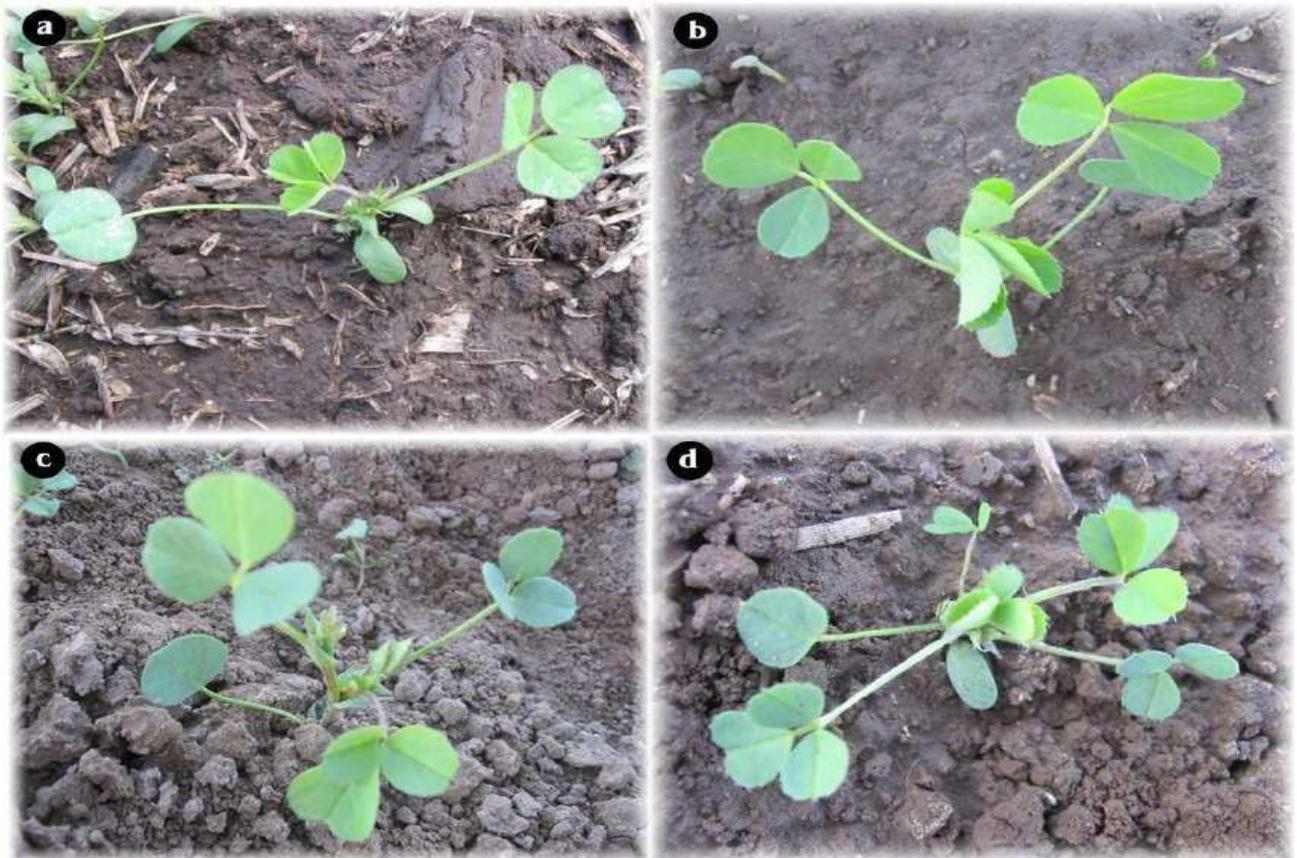
**Figura 3.** Germinación de la semilla de alfalfa: aparición de la raíz (a) y desarrollo de plántula, con aparición de cotiledones (b).  
Fotos: Nora Estela Rodríguez

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 a<sub>1</sub>, b y b<sub>1</sub>) y luego las hojas trifoliadas, también llamadas hojas "verdaderas" (Figura 5).



**Figura 4.** Primeras etapas de desarrollo vegetativo de la alfalfa: cotiledón: (a y a<sub>1</sub>) y hoja unifoliada (b y b<sub>1</sub>).  
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

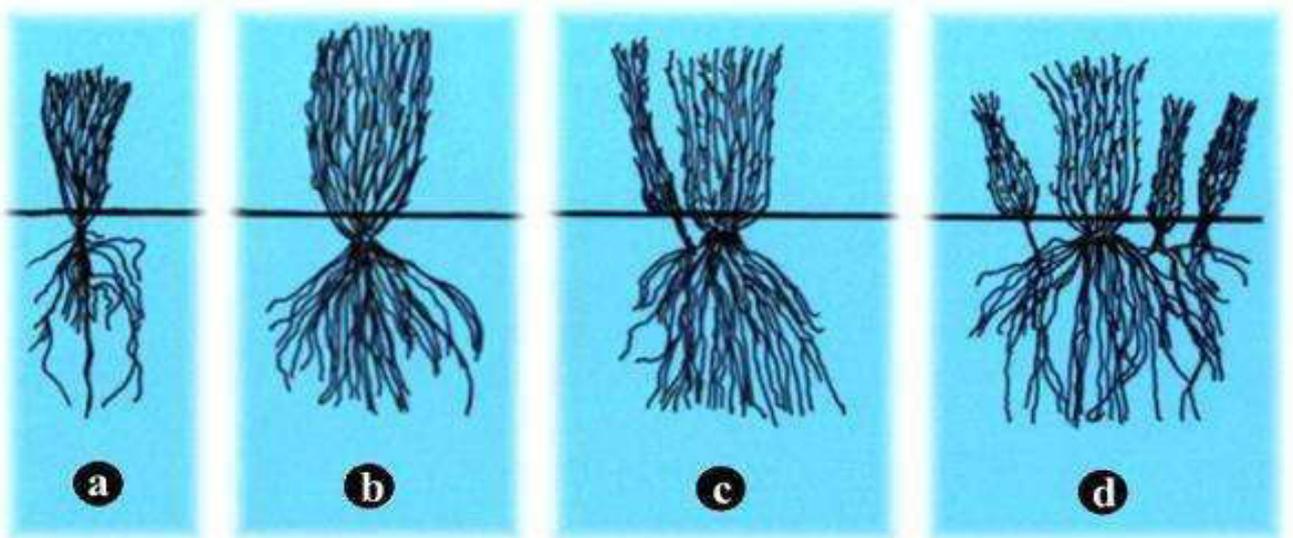
En general, el sistema radicular de la alfalfa es robusto y profundo y su función principal es la absorción de agua. Si no hay impedimentos en el perfil del suelo, la raíz puede alcanzar de 2 a 5 m de profundidad en dos a cuatro años de vida (Figura 6). Esto permite a la planta absorber agua de las capas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

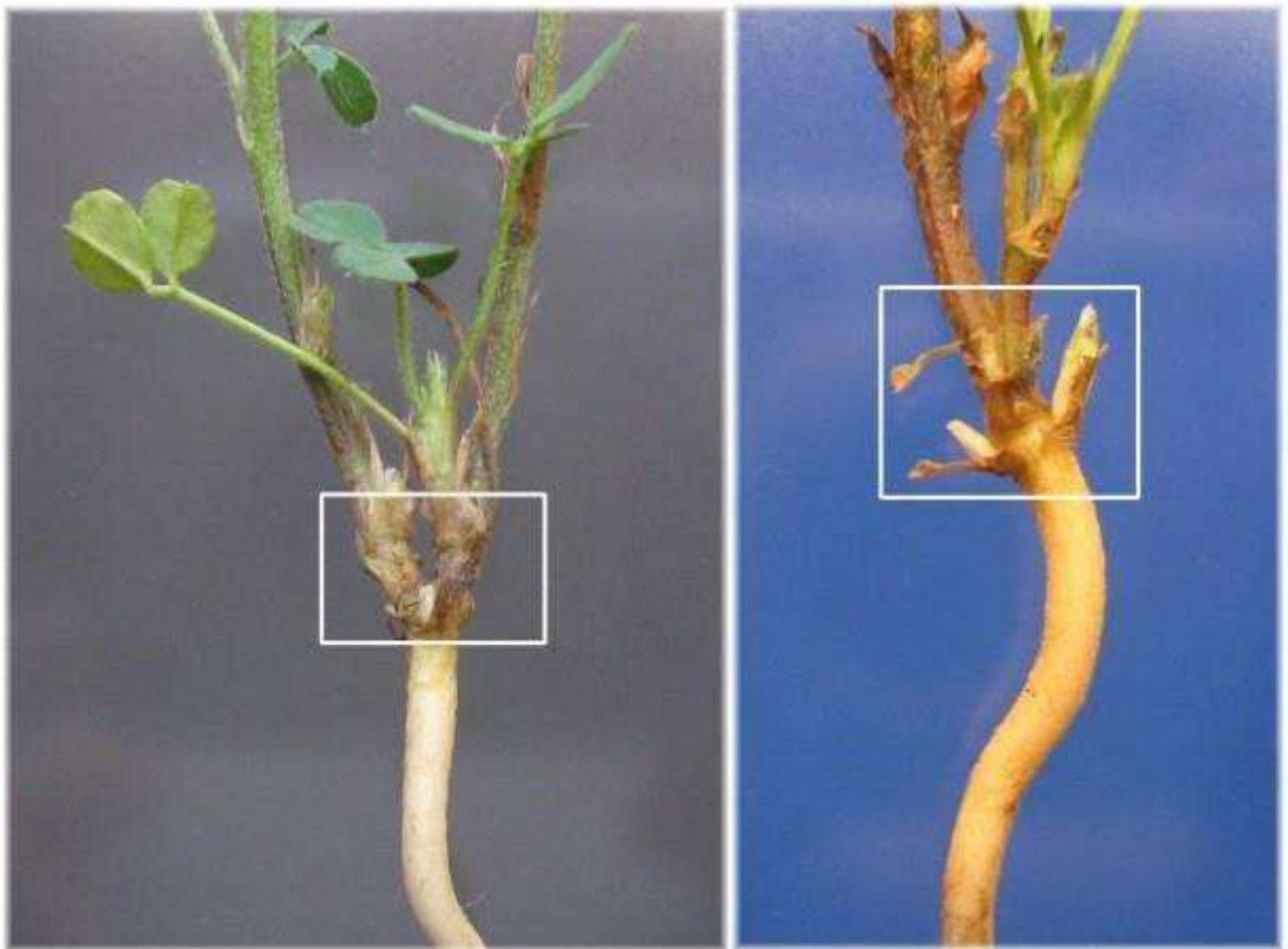
invernal (GRI 1-3), las raíces laterales poseen yemas de las que se originan tallos que, al emerger, formarán nuevas plantas o “matas”. Cuando las yemas activas son solo 1 o 2 y las nuevas “matas” se desarrollan a poca distancia de la planta original esas raíces se denominan rizomatosas (Figura 7c); 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), rizomatosas (c) y rastrera (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.



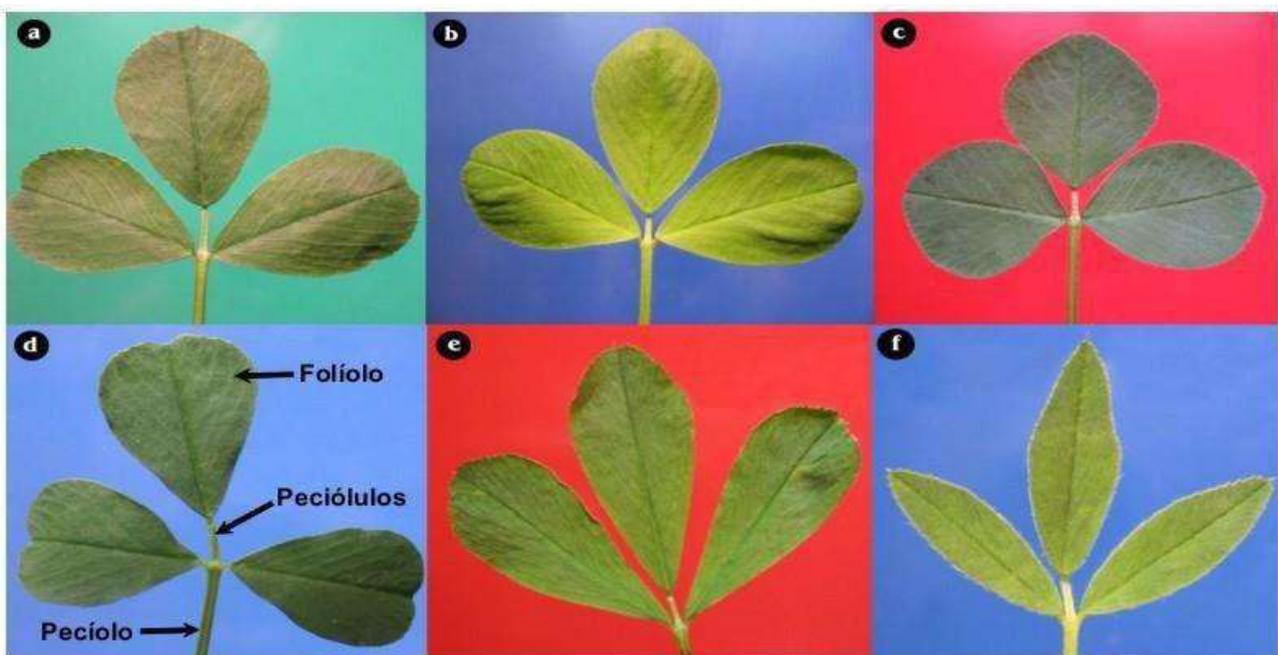
**Figura 10.** Corona de diferentes tipos y tamaños en plantas de alfalfa de uno (a), dos (b) y tres (c) años de cultivo.

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



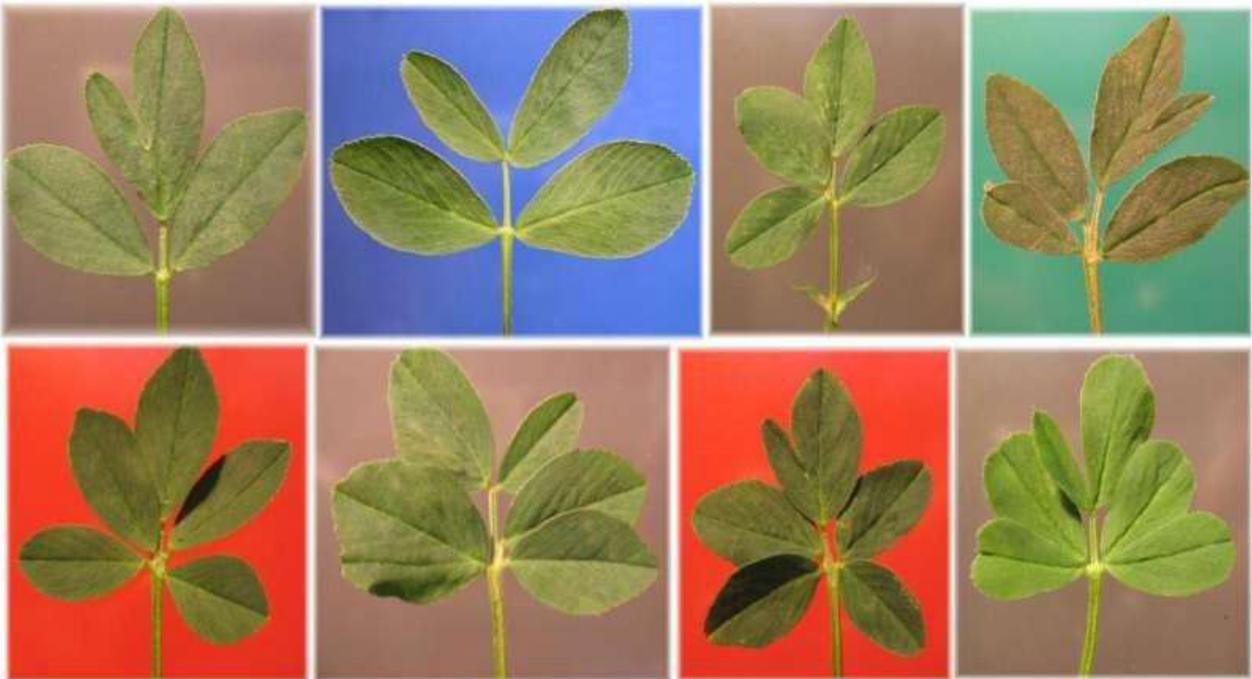
**Figura 13.** Tipos de estípulas observados en hojas de alfalfa: a) laciniados, en una planta de tres años; (b) liso, en una planta de un año de edad.  
Fotos: Nora Estela Rodríguez

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).



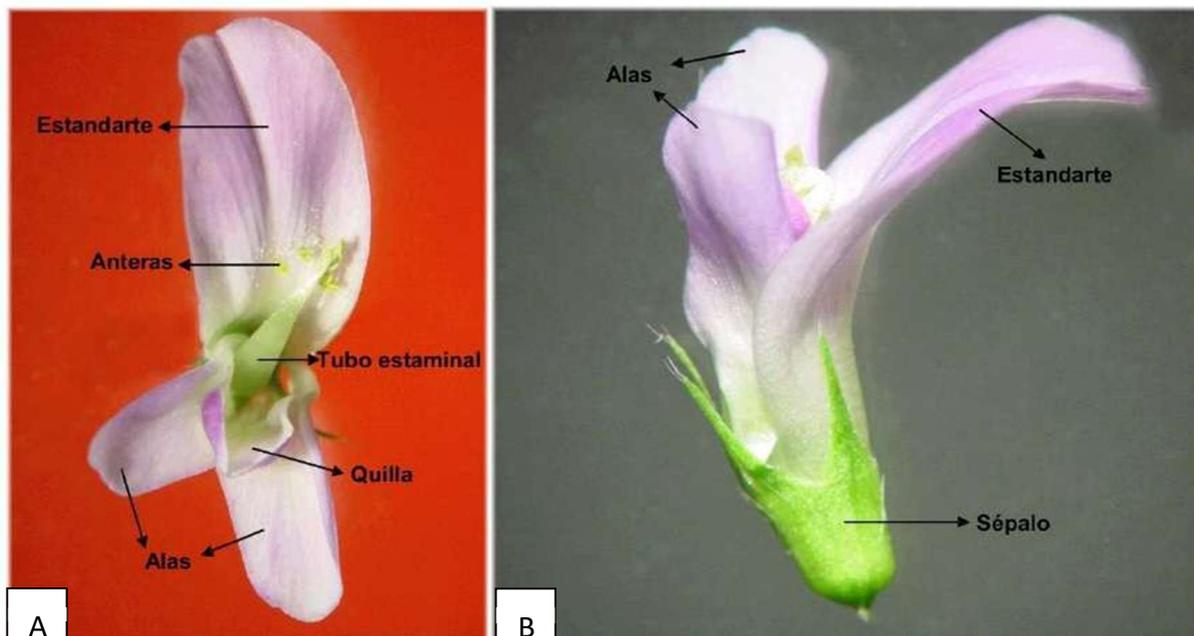
**Figura 14.** Hojas multifoliadas de alfalfa exhibiendo de cuatro a seis folíolos.  
Fotos: Nora Estela Rodríguez



**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 indehiscente, 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 IBAÑEZ, 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 em 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: inglés-español e español- inglés**. 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).