

## INTRODUCCIÓN

Las pasturas son la base de la producción agropecuaria de Uruguay. Constituyen ecosistemas complejos y dinámicos, donde coexisten en permanente interacción las plantas y el suelo, los microorganismos benéficos y los patógenos, el animal y el ambiente. Las leguminosas forrajeras son un componente esencial de las pasturas, siendo utilizadas en los sistemas lecheros, ganaderos intensivos y extensivos, sobre una superficie cercana a los dos millones de hectáreas (Rebuffo *et al.*, 2006). Son mejoradoras de la calidad forrajera y de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo. Su capacidad de fijar nitrógeno en simbiosis con *Rhizobium* es la base para el manejo efectivo de este nutriente en el ambiente, teniendo un impacto por demás significativo en la economía del país. Basta considerar el ahorro en la importación de fertilizantes nitrogenados, esencialmente urea, a partir de una estimación promedio de 230 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, fijado biológicamente por las leguminosas forrajeras.

Estas ventajas señaladas se capitalizan sólo si el componente leguminosa se mantiene productivo en el tapiz de la pastura durante el período de tiempo deseado. Diversos factores determinan la productividad de las leguminosas; entre ellos, las enfermedades son una limitante a considerar (Altier, 1996b; 1996c; 1997a; 2000; 2003). Pueden causar pérdidas significativas en el establecimiento, en el rendimiento y la calidad del forraje, en la producción de semilla y en la persistencia de la pastura. El desarrollo de estas enfermedades se ve favorecido por la interacción de factores climáticos, edáficos y de manejo, que resultan en una carga acumulativa de estreses para las plantas a lo largo de la vida útil de la pastura. A nivel mundial, se estima que las enfermedades implican un 10% de pérdidas en térmi-

nos de producción animal (Chakraborty *et al.*, 1996).

¿Qué debemos conocer de las enfermedades para poder manejarlas adecuadamente? Se considera fundamental priorizar recursos para diagnosticar y conocer las distintas enfermedades que, en interacción con otros factores, impiden que las leguminosas alcancen el potencial productivo esperado. En Uruguay, la investigación en esta área se inició en 1984, en la Estación Experimental La Estanzuela. En primer lugar se generó información con relación al impacto agronómico que las enfermedades tienen sobre la implantación, producción y persistencia de las especies forrajeras (1984-1990). En una segunda etapa, se consideró relevante y prioritario identificar las principales enfermedades, determinar su incidencia y severidad, y obtener información sobre su bioecología, tendiente a definir las estrategias más adecuadas y eficientes para su control (1993-2000). El objetivo principal de las líneas de investigación en curso (2001-actual) es contribuir al desarrollo y formulación de planes de manejo sanitario que minimicen las pérdidas ocasionadas por las enfermedades, dando prioridad al estudio de estrategias que permitan sistemas de producción sustentables a través de la explotación racional de los recursos naturales. En este contexto, los objetivos específicos son:

1. incrementar la eficiencia de obtención de variedades mejoradas específicamente por resistencia a enfermedades (control genético);
2. caracterizar las comunidades microbianas edáficas para utilizar su capacidad de supresión de enfermedad y promoción del crecimiento vegetal (control biológico);
3. identificar prácticas y tecnologías de producción que mitiguen las pérdidas causadas por las enfermedades (control cultural).

<sup>1</sup>Protección Vegetal, INIA Las Brujas.

## CARACTERIZACIÓN DE LAS ENFERMEDADES EN PASTURAS

Algunas características peculiares de las leguminosas forrajeras hacen que su problemática sanitaria difiera marcadamente de la de los cultivos agrícolas anuales. En su mayoría son especies perennes que se utilizan solas o en mezclas bajo distintos sistemas de producción y, en general, son cuantificables indirectamente por la producción de leche, carne o lana. La utilización bajo pastoreo o cortes muchas veces no permite visualizar la magnitud de los problemas sanitarios, debido a la continua remoción de follaje enfermo por el animal o por la maquinaria. A pesar de esto, tanto la pérdida de rendimiento y calidad de forraje como la muerte de plantas son procesos acumulativos, graduales y recurrentes, que se traducen en costos más altos por unidad de producción animal (Figura 1).

A efectos de su caracterización, se distinguen aquellas enfermedades que afectan la implantación del cultivo y aquellas que afectan al cultivo ya establecido. Estas últimas se agrupan de acuerdo a la parte de la

planta afectada: órganos aéreos (hoja, tallo, flor) y órganos subterráneos o ubicados a nivel del suelo (raíz, corona, estolón) (Figura 2). Las enfermedades causadas por hongos y cromistas constituyen el grupo de mayor importancia, seguidas por las enfermedades causadas por virus, nematodos, fitoplasmas y bacterias. Si bien las enfermedades y los síntomas que causan los distintos agentes patógenos se suelen describir individualmente, las plantas generalmente presentan infecciones múltiples. La ocurrencia de enfermedades en forma simultánea o secuencial («complejo de enfermedades»), en interacción con factores ambientales, ocasiona el debilitamiento y muerte de plantas, con la consiguiente declinación prematura del stand.

## PRINCIPALES ENFERMEDADES Y SU IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN

El concepto de enfermedad implica la alteración de una o varias de las funciones fisiológicas de la planta por la acción de un patógeno. Dichas funciones (fotosíntesis, absorción de agua y nutrientes, fijación de



**Figura 1.** Representación esquemática del impacto económico de las enfermedades de pasturas en la producción animal (adaptado de Leath, 1981).

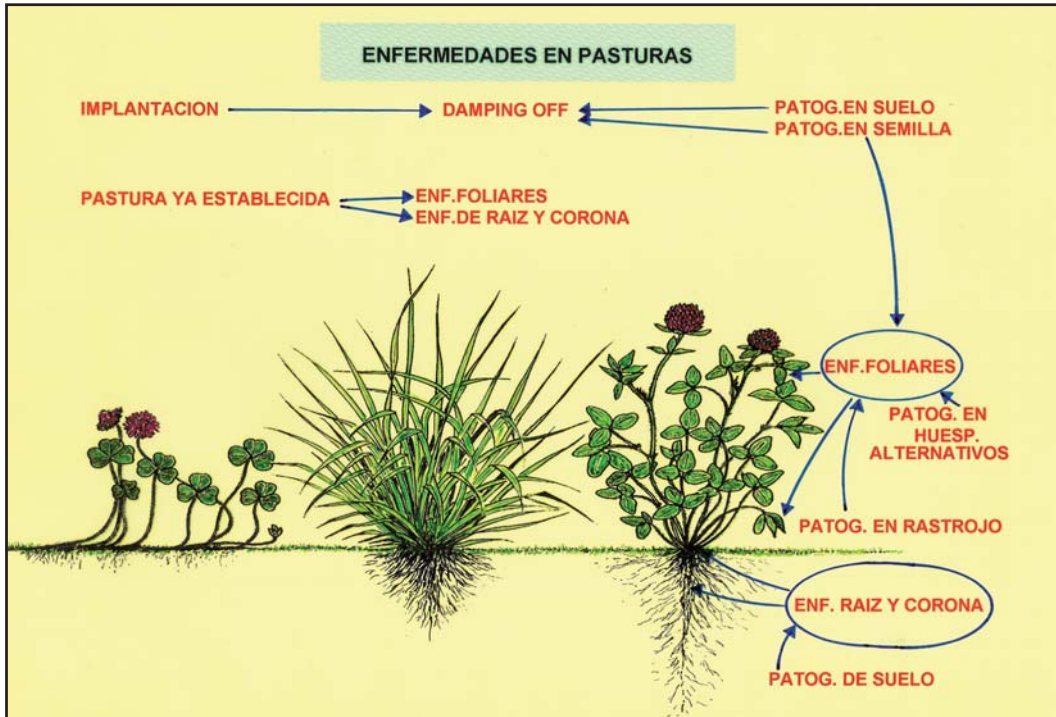


Figura 2. Diagrama de las enfermedades en pasturas.

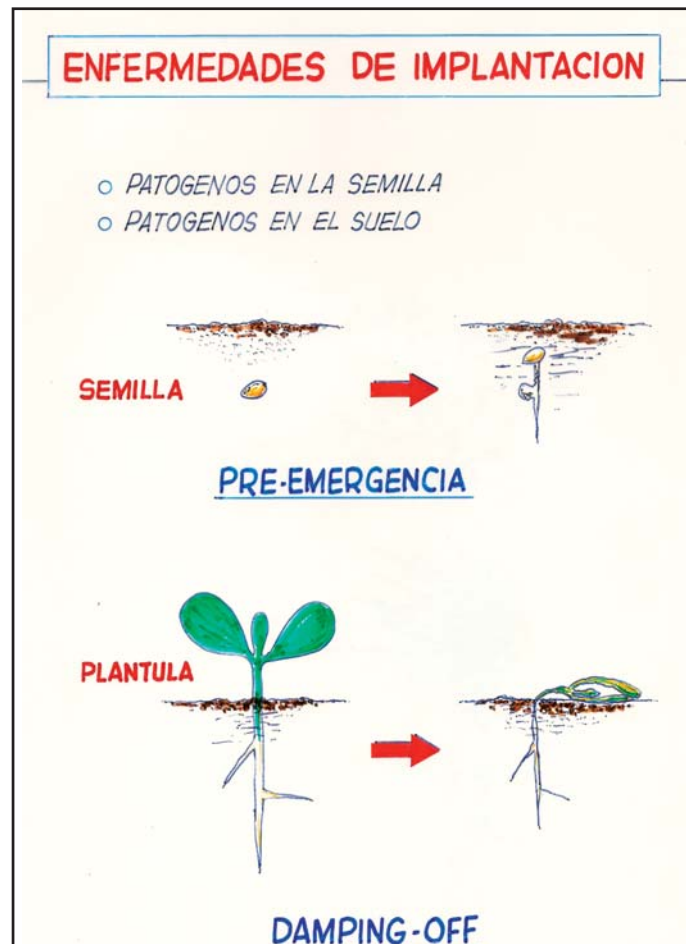
nitrógeno, translocación, y respiración) son necesarias para cumplir con los requerimientos de mantenimiento y desarrollo. Cualquier alteración en las mismas resulta en un costo energético de reparación a expensas del desarrollo de la planta, y en consecuencia del rendimiento; o en el caso extremo a expensas del mantenimiento de la planta, y en consecuencia la misma muere.

Las **enfermedades de implantación** pueden ser causadas por patógenos del suelo o presentes en la semilla. En este último caso, cuando la calidad de la semilla no es adecuada debido a la presencia de hongos contaminantes, la germinación y el vigor pueden verse afectados considerablemente, aumentando aún más la susceptibilidad a patógenos del suelo. Condiciones de exceso de lluvias, alta humedad del suelo y bajas temperaturas facilitan la infección por especies de los géneros *Pythium* y *Phytophthora* (Cromistas) que pueden ocasionar la podredumbre de la semilla y de las raíces de las plántulas durante su germinación (Figura 3). Como consecuencia, se producen fallas en la emergencia, muerte de plántulas una vez emergidas, o se observan

plántulas con escaso vigor; el establecimiento de las leguminosas puede verse severamente comprometido.

Las **enfermedades foliares** se caracterizan por la presencia de manchas en las hojas y canchales o lesiones necróticas en los tallos. En general, no producen la muerte de la planta pero reducen su energía total. Disminuyen la capacidad fotosintética y el proceso de translocación a través del tallo, aumentan la respiración de los tejidos y provocan una caída prematura de las hojas, resultando en mermas tanto en el rendimiento como en la calidad de la pastura. Las hojas son la porción de mayor calidad del forraje. Cuando enferman, se desprenden o debido a la pérdida de agua se vuelven más susceptibles al daño mecánico por el viento, animales y operaciones de cosecha.

Estas enfermedades son en su mayoría policíclicas, es decir que los patógenos que las causan cumplen más de un ciclo de infección y producción de inóculo durante la estación de crecimiento del cultivo (ejemplo *Stemphylium* spp., Figura 4). El desarrollo de síntomas se ve favorecido por las condiciones de humedad y temperatura prevalentes



22



**Figura 3.** Enfermedades de implantación: diagrama; fallas en la emergencia y muerte de plántulas causada por *Pythium*; bajo vigor de plántulas causado por *Phytophthora*.

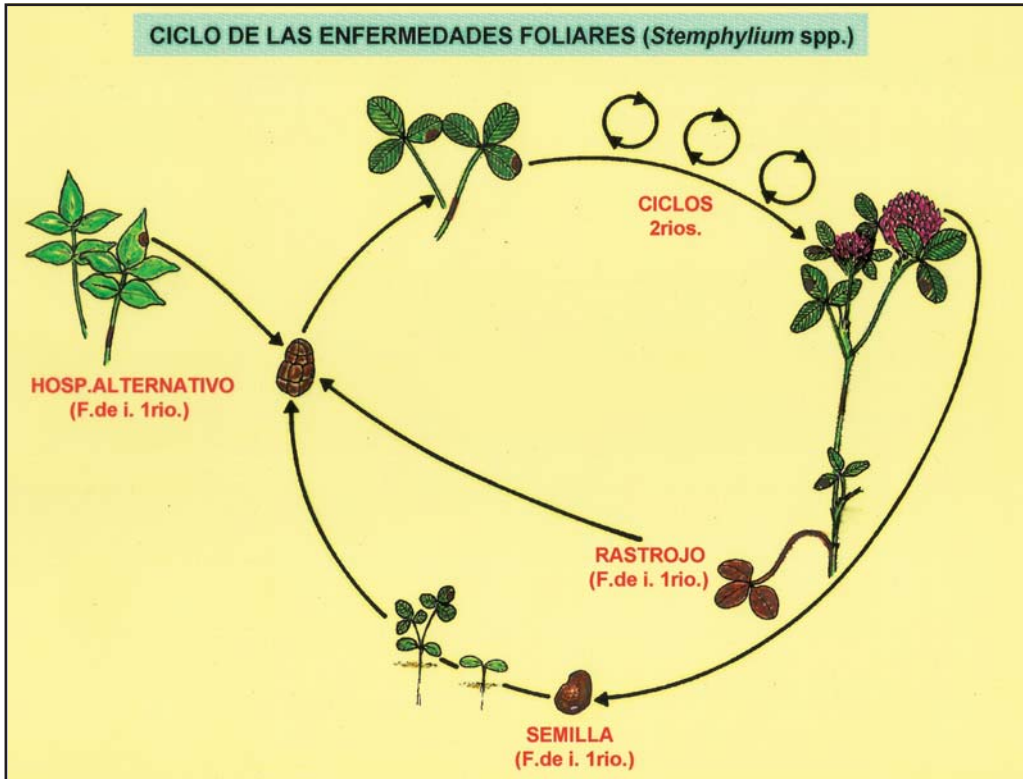


Figura 4. Ciclo de las enfermedades foliares (ejemplificado con *Stemphylium* spp.).

durante el otoño y la primavera. Entre una estación y la siguiente los patógenos sobreviven en el rastrojo y las hojas secas que caen al suelo. Sin embargo, en la mayoría de los años, ni los inviernos son suficientemente fríos, ni los veranos son suficientemente secos como para cortar el ciclo de estas enfermedades. La incidencia y la severidad a nivel de chacra pueden ser altas en el caso de cultivos para reservas o para producción de semilla.

La sobrevivencia de patógenos en la semilla constituye una fuente de inóculo inicial en el cultivo, particularmente cuando se trata de siembras en áreas sin historia previa de leguminosas. Por otro lado, la ocurrencia de múltiples huéspedes determina que en muchas situaciones prácticas los patógenos encuentran continuidad en el tiempo y en el espacio en cuanto a la disponibilidad de sustrato susceptible. Los hongos asociados a las enfermedades foliares son en su mayoría diseminados por el salpicado de gotas de lluvia o por el viento. A través de estos mecanismos se inician los ciclos de infección secundarios, que se suceden mientras

exista tejido vegetal susceptible y condiciones de temperatura y humedad favorables.

Existe un amplio rango de patógenos asociados al complejo de enfermedades de hoja y tallo, destacándose hongos de los géneros *Leptosphaerulina* (mancha ocular o pimienta, Figura 5), *Stemphylium* (mancha foliar anillada, Figura 6), *Pseudopeziza* (viuela), *Cymadothea*, *Phoma* (tallo negro de primavera, Figura 7), *Cercospora* (tallo negro de verano), *Phomopsis*, *Kabatiella* (Figura 8) y *Colletotrichum* (antracnosis). Algunos afectan principalmente las hojas, mientras que otros también inducen canchales en el tallo. Otras enfermedades de ocurrencia frecuente son la roya causada por *Uromyces* (Figura 9), el oidio causado por *Erysiphe* y el mildiu causado por *Peronospora* (Figura 10). Estos hongos ocasionan una sintomatología muy característica, por lo que en el diagnóstico se diferencian claramente del «complejo de manchas foliares». Las leguminosas forrajeras presentan diferente susceptibilidad a las distintas enfermedades y en algunos casos los patógenos presentan especificidad por sus huéspedes (Cuadro 1).



**Figura 5.** Síntomas de mancha ocular causada por *Leptosphaerulina* en alfalfa.



**Figura 6.** Síntomas de mancha foliar causada por *Stemphylium* en alfalfa.



**Figura 7.** Síntomas de tallo negro de primavera causado por *Phoma* en alfalfa.



**Figura 8.** Síntomas causados por *Kabatiella* en trébol rojo.



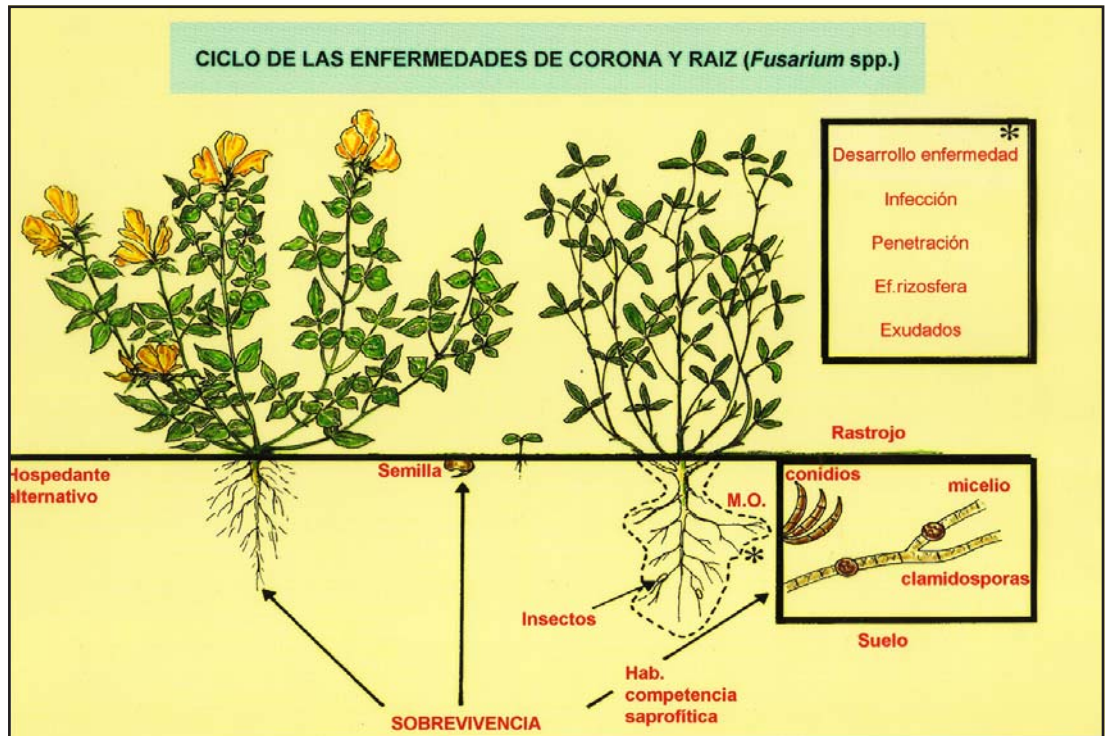
Figura 9. Síntomas de roya causada por *Uromyces* en *Lotus uliginosus* (izq.) y alfalfa (der.).



Figura 10. Síntomas de mildiu causado por *Peronospora* en alfalfa.

Cuadro 1. Géneros de hongos patógenos de hoja y tallo reportados en Uruguay, para las principales leguminosas.

Patógeno	Hospedante			
	Alfalfa	Lotus	T. blanco	T. rojo
<i>Leptosphaerulina</i>	X	X	X	X
<i>Stemphylium</i>	X	X	X	X
<i>Pseudopeziza</i>	X		X	X
<i>Colletotrichum</i>	X	X	X	X
<i>Phoma</i>	X	X	X	X
<i>Cercospora</i>	X	X	X	X
<i>Phomopsis</i>		X		
<i>Cymadothea</i>			X	
<i>Kabatiella</i>				X
<i>Uromyces</i>	X	X	X	X
<i>Erysiphe</i>	X	X		X
<i>Peronospora</i>	X		X	



**Figura 11.** Ciclo de las enfermedades de corona y raíz (ejemplificado con *Fusarium* spp.).

Las **enfermedades del sistema radicular y estolones** son causadas por patógenos del suelo con mecanismos alternativos y eficientes de supervivencia, que constituyen las fuentes de inóculo para la infección inicial. Por lo general, estos microorganismos muestran una alta capacidad de competencia saprofítica. En presencia de hospedantes susceptibles ocurre el llamado efecto rizosfera, debido a la liberación de exudados radiculares que estimulan la germinación de los propágulos del patógeno. Las infecciones ocurren temprano en la vida de la planta y progresan gradualmente con la edad del cultivo. Tienen un desarrollo lento y altamente dependiente de las condiciones ambientales y de manejo; cualquier condición de estrés en el cultivo puede acelerar su evolución. Se trata en su mayoría de enfermedades monocíclicas, pues los organismos causales cumplen un solo ciclo de infección por estación de crecimiento (ejemplo *Fusarium* spp., Figura 11). Algunos ejemplos de enfermedades de órganos subterráneos son los marchitamientos y podredumbres de raíz/corona.

Al afectar directamente los tejidos, reducen la capacidad de absorción de agua y nutrientes, de anclaje, de fijación de nitrógeno, de translocación y de almacenamiento de reservas. La ocurrencia de estas enfermedades se manifiesta por la falla de las plantas para rebrotar luego de un corte o pastoreo, baja tolerancia al estrés hídrico durante el verano, marchitamiento parcial o total de los tejidos aéreos y podredumbre en los tejidos de corona y raíces. Ocasionan la muerte de las plantas y disminuyen la persistencia del cultivo.

Si bien son causadas por un complejo de patógenos, el principal género asociado a estas enfermedades es *Fusarium*, siendo *F. oxysporum* la especie más prevalente (Altier, 2003; Banchero, 1997). El complejo de podredumbre de corona y raíz (CPCR) es una enfermedad crónica, común a las leguminosas forrajeras, ocasionada por la interacción de factores bióticos y abióticos (Figura 12). Los niveles de incidencia y severidad del CPCR aumentan con la edad del cultivo, pero





**Figura 12.** Síntomas del complejo de podredumbre de corona y raíz (CPCR) causado por *Fusarium oxysporum* y otros patógenos asociados, en alfalfa (izq.) y *Lotus corniculatus* (der.).

la tasa de incremento de la enfermedad es dependiente de aquellos factores que condicionan el estado de las plantas (tipo de suelo, historia previa de la chacra, estado nutricional, déficit o exceso hídrico, ocurrencia de otras enfermedades y plagas, utilización de la pastura).

La agresividad presente en la población patogénica varía considerablemente entre y dentro de especies de *Fusarium* e interacciona con factores del huésped asociados a la resistencia o tolerancia. Estos patógenos pueden penetrar a los tejidos vegetales directamente, pero en su mayoría presentan baja capacidad para iniciar el proceso de infección. La ocurrencia de heridas en los tejidos, como resultado del daño por insectos, maquinaria o pisoteo animal, actúa como puerta de entrada para la infección subsecuente. Una vez que la infección tiene lugar, el micelio del hongo se desarrolla en los tejidos epidérmicos, colonizando posteriormente la corteza y endodermis.

Existen otras enfermedades que afectan el sistema radicular de las leguminosas, con síntomas característicos de fácil diagnóstico. La antracnosis, causada por *Colletotri-*

*chum*, se reconoce por la presencia de lesiones en la base de los tallos y de una podredumbre negra en la corona de las plantas. La fitóftora se caracteriza por una podredumbre húmeda-blanda de la raíz y los síntomas foliares se corresponden con escaso crecimiento y amarillamiento generalizado (Figura 13); se desarrolla cuando el suelo permanece excesivamente húmedo por 10 o más días. *Sclerotinia trifoliorum* causa una podredumbre en la base de los tallos y la corona, y es reconocible por la presencia del micelio blanco del hongo y estructuras de resistencia llamadas esclerotos (Figura 14); el desarrollo de síntomas se favorece bajo condiciones de días frescos, húmedos y nublados («veranillos») durante los meses de julio-agosto.

Las **enfermedades causadas por virus** afectan la fisiología de las plantas de diversas formas: reducen el crecimiento foliar y radicular, incrementan la susceptibilidad a otros patógenos y la vulnerabilidad a estreses climáticos y edáficos, e interfieren con los procesos de nodulación y fijación simbiótica de nitrógeno. En consecuencia disminuyen el vigor, el rendimiento y la lon-



**Figura 13.** Síntomas de fitóftora o podredumbre húmeda de la raíz causada por *Phytophthora*; plantas de alfalfa con escaso desarrollo radicular y foliar (izq.), plantas sanas (der.).

gevidad de cada planta, y de esta forma la persistencia productiva del cultivo. Si bien se reportan en todas las leguminosas forrajeras, constituyen una limitante para la producción de trébol rojo y trébol blanco (Bao *et al.*, 2005).

Estas enfermedades se caracterizan por amarillamientos, moteados y/o mosaicos en las hojas (Figura 15). También se manifiestan por falta de vigor o enanismo de las plantas, así como distorsiones de hojas y pecíolos. Cabe destacar que si bien los síntomas se manifiestan en las hojas, se trata de infecciones sistémicas que afectan a la totalidad de la planta. Para el diagnóstico se utilizan técnicas de laboratorio moleculares o basadas en reacciones serológicas de tipo antígeno-anticuerpo, como el test de ELISA o la inmunoelectro-microscopía.

En Uruguay, se ha determinado la prevalencia del virus del mosaico amarillo de poroto (BYMV) y el virus de la nervadura amarilla de trébol (CYVV), ambos pertenecientes al grupo llamado *Potyvirus*, y en menor grado la ocurrencia del virus del mosaico de alfalfa (AMV) (Bao *et al.*, 2005). Estos virus son transmitidos por pulgones en forma no persistente y en algunos casos por semilla.



**Figura 14.** Síntomas de podredumbre de tallo y corona causada por *Sclerotinia*; micelio blanco y esclerotos en la base de los tallos de alfalfa.



**Figura 15.** Síntomas de enfermedades causadas por virus en trébol rojo (arriba izq. y derecha) y trébol blanco (abajo der).



La transmisión en forma no persistente significa que el virus es adquirido y transmitido por el pulgón en un período muy corto (segundos a minutos), ya que es portado en el estilete y no se multiplica dentro del insecto. El virus del mosaico de trébol blanco (WCMV) y el virus del mosaico amarillo de trébol (CYMV), pertenecientes al grupo *Potexvirus*, han sido detectados con menor prevalencia, asociados principalmente a trébol blanco. Se transmiten mecánicamente y por semilla, y no existen vectores reportados.

Las **enfermedades causadas por nematodos** alteran las funciones de la raíz, reduciendo su capacidad de absorción y su tasa de crecimiento; a su vez provocan un efecto indirecto en las plantas, contribuyendo a la penetración de otros agentes patógenos. *Pratylenchus penetrans* y diversas especies del género *Meloidogyne*, habitantes comunes en muchos suelos de nuestro país, han sido citadas asociadas a leguminosas forrajeras

(Altier, 1996b; 1996c). Las enfermedades causadas por fitoplasmas y bacterias son de muy escasa prevalencia y bajo impacto en la producción.

No obstante las distinciones hechas entre grupos de enfermedades y agentes causales, se debe tener presente que desde el punto de vista fisiológico la planta es una unidad, y las enfermedades que afectan a un órgano repercuten en definitiva en el metabolismo de toda la planta. En función del efecto sobre la performance de cada planta individual, se suele hablar de enfermedades agudas, cuando causan la muerte rápida de la planta (ejemplos: «damping-off», marchitamientos vasculares, podredumbre de corona y tallo por *Sclerotinia*), y de enfermedades crónicas, cuando cada una ejerce un nivel bajo pero continuo de desgaste en la performance de las plantas. Actuando en forma simultánea e interactuando con otros factores, las enfermedades crónicas contribuyen a la reducción gradual en la producti-

vidad del stand (ejemplos: manchas foliares, roya, oidio, mildiu, virosis, y la mayoría de las podredumbres radiculares).

El conocimiento generado en enfermedades de leguminosas forrajeras en Uruguay ha sido reportado en diversas publicaciones (Altier, 1996b; 1996c; 1997a; 2000; 2003; Bao *et al.*, 2005). En particular, se invita al lector a considerar la información sobre enfermedades de lotus (Altier, 1993; 1997a; 1997b; 1998; Altier y Groth, 2005; Altier y Kinkel, 2005; Jorajuría y Rando, 1995; Rubio, 1995), de alfalfa (Altier, 1999b; 2000; Altier y Thies, 1995; Basigalup, 1996; Hijano y Pérez Fernández, 1995), de trébol blanco (Altier, 1999a) y de trébol rojo (Altier, 1991; Bao *et al.*, 2005; Jorajuría y Rando, 1995).

## ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO DE LAS ENFERMEDADES

El conocimiento de la ecología y la epidemiología de las enfermedades de leguminosas y el análisis de su impacto en la producción de pasturas resultan esenciales para establecer mecanismos eficientes, económicos y durables para su manejo (Altier, 1996a).

Cuando una enfermedad es detectada en una pastura, se cuenta con escasas medidas de control de aplicación práctica. El uso de fungicidas no es una práctica común, debido a la alta relación costo/beneficio que implica la condición de cultivos perennes y al impacto sobre el ambiente y la salud humana. Por este motivo, las estrategias más efectivas son la prevención de las enfermedades y la formulación de planes de manejo sanitario que minimicen las pérdidas que ellas ocasionan. El concepto de «manejo» resulta más apropiado que el de «control».

A nivel mundial se ha dado prioridad al desarrollo de estrategias que permitan sistemas de producción sustentables a través de la explotación racional de los recursos naturales. En este contexto, el Programa Nacional de Pasturas de INIA ha priorizado los siguientes objetivos:

1. desarrollar variedades mejoradas específicamente por resistencia a enfermedades (control genético);

2. utilizar la capacidad de supresión de enfermedad y promoción del crecimiento vegetal de microorganismos rizosféricos (control biológico);

3. identificar prácticas agronómicas y tecnologías de producción que mitiguen las pérdidas causadas por las enfermedades (control cultural).

La **resistencia genética** es una estrategia ampliamente utilizada para el control de las enfermedades, ya que es el mecanismo más económico y eficiente, así como ambientalmente amigable. Las leguminosas forrajeras son especies de polinización cruzada altamente heterocigotas, y en general, existe una amplia diversidad genética entre plantas individuales. La existencia de variabilidad genética hace posible la selección de plantas con mayor resistencia, que al ser intercruzadas producen una nueva población con mayor frecuencia de plantas resistentes. Se reportan numerosos ejemplos de control de enfermedades a través de cultivares resistentes. En alfalfa existen cultivares con buenos niveles de resistencia a enfermedades causadas por *Phytophthora*, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Uromyces* y *Peronospora* (Stuteville y Hanson, 1990). En trébol rojo se han desarrollado cultivares con resistencia a *Kabatiella*, *Stemphylium*, *Erysiphe* y *Fusarium* (Taylor y Quesenberry, 1996).

Para tener éxito en el desarrollo de cultivares resistentes es necesario un buen conocimiento de la diversidad genética y la variabilidad patogénica del agente causal (Altier y Groth, 2005), de la variabilidad genética del hospedante, y de los efectos ambientales sobre la interacción patógeno-hospedante. Finalmente, es indispensable la existencia de una metodología adecuada para la inoculación y evaluación de plantas, que sea eficiente, precisa y confiable. A tal fin, se han desarrollado protocolos estándar para caracterizar cultivares o seleccionar germoplasma según su reacción a diversas enfermedades (Altier y Thies, 1995; Altier *et al.*, 2000; Real y Altier, 2005).

La utilización de cultivares resistentes o tolerantes es una de las principales herramientas disponibles para disminuir los efectos adversos de las enfermedades del sistema radicular, causadas por patógenos del suelo (Altier *et al.*, 2000; Real y Altier, 2005; Rebuffo y Altier, 1996a; 1996b). Así mismo, en alfalfa se registran diferencias considerables en el comportamiento de los cultivares frente a las enfermedades foliares. Aquellos seleccionados en la región presentan lecturas de menor severidad en comparación con los materiales introducidos. Esto refleja la mayor adaptación de los primeros a las condiciones de alta humedad relativa prevalentes en la región, e indica una menor tolerancia de los materiales introducidos cuando se cultivan en dichas condiciones. Dentro de los cultivares de alfalfa introducidos, aquellos sin latencia presentan lecturas de mayor severidad en comparación con los de latencia intermedia (Altier, 2000).

La resistencia a enfermedades ha sido uno de los objetivos de los programas de mejoramiento de leguminosas forrajeras de INIA (Altier *et al.*, 2000; Real y Altier, 2005; Rebuffo y Altier, 1996a; 1996b). En esta publicación se dedica un capítulo al tema en particular.

La caracterización de las comunidades microbianas edáficas para utilizar su capacidad de supresión de enfermedad y promoción del crecimiento vegetal, ha recibido particular atención en la última década. El conocimiento de la interacción entre los microorganismos benéficos y patógenos y su aplicación potencial como agentes de **control biológico**, resulta particularmente promisorio para el manejo de las enfermedades que afectan la implantación de las leguminosas forrajeras.

Entre los microorganismos benéficos se destacan las bacterias rizosféricas promotoras del crecimiento de las plantas, conocidas como PGPR (plant growth promoting rhizobacteria). Estas ejercen una acción antagónica contra los patógenos presentes en el suelo, a través de competencia, antibiosis, y/o parasitismo. En el conjunto de las PGPR, se destacan las *Pseudomonas* fluorescentes y otros géneros

como *Bacillus* y *Streptomyces*. A nivel mundial se reportan numerosos ejemplos de agentes microbianos desarrollados a escala comercial.

Una vez identificada su acción antagónica, los agentes microbianos: (a) pueden ser fácilmente aplicados a la semilla, como se aplica el inoculante con *Rhizobium*; (b) son introducidos directamente en la zona de infección potencial; (c) se nutren de los exudados de la semilla, lo que les confiere ventajas competitivas frente a los patógenos; (d) no requieren exhibir una acción prolongada de protección más allá del período en que la plántula es susceptible, por lo que su persistencia en la rizósfera se torna menos crítica.

El desarrollo de inoculantes microbianos para el manejo de enfermedades de implantación en leguminosas forrajeras ha sido un objetivo central en las líneas de trabajo de INIA, junto al Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable y a la Facultad de Agronomía (Bajsa *et al.*, 2005; De La Fuente *et al.*, 2002; Pérez *et al.*, 2000; Quagliotto *et al.*, 2004; 2009; Yanes *et al.*, 2004). En esta publicación se dedica un capítulo al tema en particular.

El **control cultural** como estrategia de manejo, hace referencia a la identificación y utilización de prácticas agronómicas que prevengan o mitiguen las pérdidas causadas por las enfermedades. Históricamente, los productores han atendido aspectos relevantes en cuanto al establecimiento y uso de una pastura (siembra de semilla de alta calidad, cultivares adaptados a las condiciones locales, inoculación con *Rhizobium*, suelo libre de malezas, bien drenado, fértil y con pH adecuado, pastoreo rotativo). No obstante, la acumulación de información completa y precisa acerca de la especie forrajera y los agentes patógenos en su interacción con el ambiente, hace posible un ajuste mayor en el manejo de las enfermedades. En general, las prácticas culturales y de manejo del cultivo pueden ser aplicadas en un momento óptimo y de una manera óptima a los efectos de que resulten más efectivas como herramientas de control (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Estrategias aplicadas en distintos momentos del ciclo productivo de una leguminosa forrajera, para el manejo de enfermedades (adaptado de Leath, 1981).

Momento	Estrategias
Pre-siembra	Tipo de laboreo Rotación de cultivos Elección de chacra Fertilidad y pH del suelo Potencial patogénico del suelo Variedad resistente Mezcla de especies Control de malezas
Siembra	Buena calidad de la semilla Época de siembra Densidad de siembra
Utilización	Frecuencia e intensidad adecuada de pastoreos o cortes Control de malezas Monitoreo y control de insectos Monitoreo de enfermedades foliares Mantenimiento de la fertilidad

En primer lugar, debido a la naturaleza perenne de las leguminosas forrajeras, resulta crítico lograr el establecimiento de una población adecuada de plantas. Para ello es necesario considerar, en la elección de la chacra, el tipo de suelo y la secuencia de cultivos en la rotación, evitando sitios con historia muy reciente de leguminosas. Factores tales como la textura del suelo, el pH, los niveles de materia orgánica y de los principales nutrientes, así como el cultivo previo, determinan los nichos ecológicos que ocupa la biota del suelo. En síntesis, el potencial patogénico de un suelo es función de la abundancia y diversidad de las comunidades microbianas edáficas y de las relaciones de equilibrio que se establecen entre los microorganismos patógenos y benéficos (Altier, 2003).

La rotación con cereales y gramíneas forrajeras permite reducir la población de patógenos en el suelo, y por tanto el nivel de inóculo inicial en la chacra, minimizando la ocurrencia de eventos de infección en etapas tempranas del cultivo (Altier, 2000; Banchemo, 1997). El uso de semilla de calidad, la elección de la época de siembra y la aplicación de curasemillas son prácticas que también contribuyen al mejor establecimiento de la pastura y en esta publicación se dedica un capítulo al tema en particular.

Una vez establecido el cultivo, se deben aplicar medidas de manejo que favorezcan un crecimiento vigoroso de las plantas y permitan reducir la presencia de enfermedades foliares y del sistema radicular. Ante la ocurrencia de epidemias severas de enfermedades foliares la única medida práctica

de manejo es la remoción del follaje. Los cortes o pastoreos se deben hacer en el momento adecuado para evitar la pérdida de hojas y obtener forraje de calidad; muchas veces esto requiere la utilización anticipada de la pastura enferma, a los efectos de reducir la carga de inóculo total en el campo y la severidad de la enfermedad en sucesivos períodos de crecimiento.

En cuanto al mantenimiento de un sistema radicular vigoroso y sano, la estrategia clave es la utilización racional de la pastura. Por esta razón, se deben evitar todas aquellas prácticas que tiendan a debilitar las plantas o a dañar sus estructuras vitales (corona y raíces) y en consecuencia a predisponer el desarrollo de las enfermedades (Altier, 1997b; 2000). Se debe considerar que el pastoreo o corte es el estrés más severo a que está sometido un cultivo. Luego de cada período de utilización, los carbohidratos de las raíces disminuyen drásticamente, y la fisiología de la planta se altera considerablemente. Los pastoreos o cortes muy frecuentes e intensos favorecen el desarrollo de podredumbres radiculares, como consecuencia de un deterioro progresivo de las raíces que no pueden reponer las reservas necesarias para crecimientos sucesivos. Resulta esencial, entonces, permitir la acumulación de sustancias de reserva en la corona y raíces mediante la ocurrencia de descansos entre períodos de utilización. Esto es especialmente importante durante los meses de verano, estación crítica para la sobrevivencia de las plantas debido a las altas temperaturas y al estrés hídrico. Cuando se manejan frecuencias adecuadas, la intensidad del pastoreo (altura del rastrojo remanente) no parece ser un factor crítico para obtener alta producción y longevidad en las leguminosas forrajeras. Finalmente, se debe evitar que máquinas y/o animales entren a las pasturas cuando falta piso por exceso de humedad; cualquier daño mecánico sobre las zonas vitales de las plantas afectará la sobrevivencia de las mismas y en consecuencia la persistencia del cultivo.

## CONSIDERACIONES FINALES

Las enfermedades constituyen una limitante para la producción de leguminosas forrajeras, a través de su impacto en la implantación, en el rendimiento y la calidad del forraje, y en la persistencia. En general, diversas enfermedades actúan simultáneamente sobre las plantas e interactúan con otros factores bióticos y abióticos, resultando en una carga acumulativa de estreses a lo largo de la vida de la pastura. Por tratarse de un ecosistema con predominancia de especies perennes, las plantas conviven con una gran mayoría de enfermedades perennes. En este contexto, se debe considerar que sus efectos son graduales y recurrentes en la pastura, lo que se traduce en costos más altos por unidad de producción animal.

El diagnóstico preciso de cada situación sanitaria y el conocimiento de las variables epidemiológicas que intervienen en la misma resultan esenciales para poder establecer mecanismos eficientes, económicos y durables de control. Un manejo racional de las enfermedades debe apuntar a prevenir o minimizar el impacto de las mismas en los diferentes sistemas de producción. Para lograr esta meta, el manejo de la pastura debe ser continuo e integrar diversas estrategias que aseguren una performance superior y sostenida en el tiempo.

## FOTOS Y DIAGRAMAS

Las fotos fueron tomadas de *Diseases of Legumes* (APS, 2000), *Forages* (Moore y Collins, 1997) y la colección de INIA. Los diagramas fueron dibujados a mano por Ernesto Ramallo y Hugo Díaz, cuando no existían las computadoras. Las nuevas tecnologías no pudieron superarlos en calidad. Por ello, a los Asistentes Ramallo y Díaz mi eterno reconocimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALTIER, N.** 1991. Root rot of red clover incited by *Fusarium* spp. *Phytopathology* 81:690-691.
- ALTIER, N.A.** 1993. Research on *Lotus* diseases in Uruguay. *Lotus Newsletter* 24. <http://www.inia.org.uy/sitios/InI/volumespage.html>
- ALTIER, N.** 1996a. Desarrollo de epidemias: análisis de sus componentes como base para un control racional. Montevideo, INIA. Serie Técnica No.74:1-9.
- ALTIER, N.** 1996b. Enfermedades de leguminosas forrajeras: diagnóstico, epidemiología y control. Montevideo, INIA. Serie Técnica No.74:87-104.
- ALTIER, N.** 1996c. Impacto de las enfermedades en la producción de pasturas. Montevideo, INIA. Serie Técnica No.80:47-56.
- ALTIER, N.** 1997a. Enfermedades del lotus en Uruguay. Montevideo, INIA. Serie Técnica No.93. 16p.
- ALTIER, N.** 1997b. Relevamiento de enfermedades en lotus: principales aspectos para su manejo. Serie Actividades de Difusión No.137:33-38.
- ALTIER, N.** 1998. Studies on *Fusarium* crown and root rot of birdsfoot trefoil in Uruguay and the prospects for resistance breeding. *Lotus Newsletter* 29. <http://www.inia.org.uy/sitios/InI/volumespage.html>
- ALTIER, N.** 1999a. Relevamiento de enfermedades en trébol blanco. Serie Actividades de Difusión No. 200:15-23.
- ALTIER, N.** 1999b. Diagnóstico y manejo de enfermedades en alfalfa. Serie Actividades de Difusión No.209:79-87.
- ALTIER, N.** 2000. Reconocimiento y manejo de enfermedades en alfalfa. Montevideo, INIA. Boletín de Divulgación No.69: 125-143.
- ALTIER, N.** 2003. Caracterización de la población de *Fusarium oxysporum* y potencial patogénico del suelo bajo rotaciones agrícola ganaderas. Montevideo, INIA. Serie Técnica No.134:37-44.
- ALTIER, N.; EHLKE, N.J.; REBUFFO, M.** 2000. Divergent selection for resistance to *Fusarium* root rot in birdsfoot trefoil. *Crop Sci.* 40:670-675.
- ALTIER, N.A.; GROTH, J.V.** 2005. Characterization of aggressiveness and vegetative compatibility diversity of *Fusarium oxysporum* associated with crown and root rot of birdsfoot trefoil. *Lotus Newsletter* 35:57-72.
- ALTIER, N.A.; KINKEL, L.L.** 2005. Epidemiological studies on crown and root rot of birdsfoot trefoil in Uruguay. *Lotus Newsletter* 35:40-56.
- ALTIER, N.A.; THIES, J.A.** 1995. Identification of resistance to *Pythium* seedling diseases in alfalfa using a culture plate method. *Plant Dis.* 79:341-346.
- APS.** 2000. Diseases of Legumes CD-ROM. ISBN 0-89054-265-1. APS Press, St. Paul, MN.
- BAJSA, N.; QUAGLIOTTO, L.; YANES, M.L.; VAZ, P.; AZZIZ, G.; DE LA FUENTE, L.; BAGNASCO, P.; DAVYT, D.; PÉREZ, C.; DUCAMP, F.; ALTIER, N.; ARIAS, A.** 2005. Selección de *Pseudomonas* fluorescentes nativas para controlar enfermedades de implantación en praderas. *Agrociencia.* Vol IX No.1 y No.2:321-325.
- BANCHERO, R.M.** 1997. Determinación de la población de *Fusarium* en el suelo bajo distintos sistemas de rotaciones. Tesis Ing. Agr. Fac. de Agronomía. 115 p.
- BAO, L.; MAESO, D.; ALTIER, N.** 2005. Enfermedades virales del trébol rojo en Uruguay: avances de la investigación en el período 1994-2004. Montevideo, INIA. Serie Técnica No.150. 62p.
- BASIGALUP, D.H.** 1996. Manejo y control de las principales enfermedades de la alfalfa en Argentina. Montevideo, INIA. Serie Técnica No.74:139-144.
- CHAKRABORTY, S.; LEATH, K.T.; SKIPP, R.A.; PEDERSON, G.A.; BRAY, R.A.; LATCH, G.C.M.; NUTTER, F.W. JR.** 1996. Pasture and Forage Crop Pathology. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. 653p.
- DE LA FUENTE, L.; QUAGLIOTTO, L.; BAJSA, N.; FABIANO, E.; ALTIER, N.; ARIAS, A.** 2002. Inoculation with *Pseudomonas fluorescens* biocontrol strains does not affect the symbiosis between rhizobia and forage legumes. *Soil Biology and Biochemistry* 34:545-548.



- HIJANO, E.H.; PÉREZ FERNÁNDEZ, J.** 1995. Enfermedades de la alfalfa. In: E.H. Hijano; A. Navarro (ed.). La Alfalfa en la Argentina. Subprograma Alfalfa. INTA C.R. Cuyo. Agro de Cuyo. Manuales 11. p.125-146.
- JORAJURÍA, R.; RANDO, G.** 1995. Monitoreo de enfermedades de hoja y tallo en semilleros de lotus y trébol rojo. Tesis Ing. Agr. Fac. de Agronomía. 86 p.
- LEATH, K.T.** 1981. Pest management systems for alfalfa diseases. p. 293-315. In: D. Pimentel (ed.). Handbook of pest management in agriculture. Vol. III. CRC Press, Boca Raton, FL.
- MOORE, K.J.; COLLINS, M.** 1997. Forages CD-ROM Companion. ISBN 0-8138-2600-4. Iowa State University Press, Ames, IA.
- PÉREZ, C.; DE LA FUENTE, L.; ARIAS, A.; ALTIER, N.** 2000. Uso de *Pseudomonas fluorescences* nativas para el control de enfermedades de implantación en *Lotus corniculatus* L. Agrociencia. Vol.IV No.1:41-47.
- QUAGLIOTTO, L.; AZZIZ, G.; BAJSA, N.; ARIAS, A.; PÉREZ, C.; DUCAMP, F.; CADENAZZI, M.; FERNÁNDEZ, A.; ALTIER, N.** 2004. Desarrollo de una tecnología para el control biológico de enfermedades de implantación en leguminosas forrajeras. Resultados Proyecto LIA 028. Montevideo, INIA. Serie LIA 04.
- QUAGLIOTTO, L.; AZZIZ, G.; BAJSA, N.; VAZ, P.; PÉREZ, C.; DUCAMP, F.; CADENAZZI, M.; ALTIER, N.; ARIAS, A.** 2009. Three native *Pseudomonas fluorescens* strains tested under growth chamber and field conditions as biocontrol agents against damping-off in alfalfa. Biological Control 51:42-50.
- REAL, D.; ALTIER, N.** 2005. Breeding for disease resistance, forage and seed production in *Lotononis bainesii* Baker. New Zealand Journal of Agricultural Research 48:1-8.
- REBUFFO, M.; ALTIER, N.** 1996a. Mejoramiento genético de *Lotus corniculatus* L. por persistencia. Montevideo, INIA. Serie Técnica No.80:145-149.
- REBUFFO, M.; ALTIER, N.** 1996b. Mejoramiento genético de trébol rojo. Montevideo, INIA. Serie Técnica No.80:151-153.
- REBUFFO, M.; BEMHAJA, M.; RISSO, D.F.** 2006. Utilization of forage legumes in pastoral systems: state of art in Uruguay. *Lotus* Newsletter 36: 22-33.
- RUBIO, M.P.** 1996. Relevamiento de hongos asociados a semilla de lotus. Tesis Ing.Agr. Fac. de Agronomía. 52 p.
- STUTEVILLE, D.L.; ERWIN, D.C.** 1990. Compendium of Alfalfa Diseases. APS Press, St. Paul, MN.
- TAYLOR, N. L.; QUESENBERRY, K. H.** 1996. Red Clover Science. Kluwer Academic Publishers, London. 226p.
- YANES, M.L.; FERNÁNDEZ, A.; ARIAS, A.; ALTIER, N.** 2004. Método para evaluar protección contra *Pythium debaryanum* y promoción del crecimiento de alfalfa por *Pseudomonas fluorescences*. Agrociencia. Vol VIII No.2:23-32.