



FACULTAD DE AGRONOMÍA
Y VETERINARIA
UNIVERSIDAD NACIONAL
DE RÍO CUARTO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

“Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo”

Modalidad: Proyecto.

**PROGRESO DEL “ACHAPARRAMIENTO DE LA ALFALFA” EN UN
CULTIVO DURANTE EL PRIMER AÑO DE IMPLANTACION**

Alumno: Massón, Matías Fernando

DNI: 33619306

Director: Ing. Agr. (MSc) Rago, Alejandro

Río Cuarto - Córdoba



FACULTAD DE AGRONOMÍA
Y VETERINARIA
UNIVERSIDAD NACIONAL
DE RÍO CUARTO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final:

**PROGRESO DEL “ACHAPARRAMIENTO DE LA ALFALFA” EN UN
CULTIVO DURANTE EL PRIMER AÑO DE IMPLANTACION**

Autor: Matías Fernando MASSÓN

DNI: 33.619.306

Director: Ing. Agr. (MSc) Alejandro RAGO

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la comisión evaluadora:

(Nombres)

Fecha de presentación: ____/____/____.

Secretario Académico

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la bendición de la vida.

A mi familia que me acompaña y apoya incondicionalmente.

A Adriana Marinelli quien fue una guía en este trabajo y que hoy no está presente físicamente.

A Alejandro Rago y Sergio Lenardon por permitirme realizar mi tesis en su grupo de trabajo, por guiarme y ayudarme constantemente.

A todos aquellos profesores de la facultad de Agronomía y Veterinaria que me brindaron sus conocimientos.

MUCHAS GRACIAS

ÍNDICE

	Pág.
Agradecimiento	I
Resumen	V
Abstract	VI
Introducción	1
Antecedentes	3
Hipótesis	7
Objetivos	7
Materiales y Métodos	7
Resultados y Discusión	11
Conclusiones	17
Bibliografía	18

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Estimación del índice de agregación de Lloyds para los meses de evaluación del achaparramiento de la alfalfa y la dirección de la dispersión.	13
-----------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Distribución del cultivo de alfalfa en Argentina.	2
Figura 2.	Pulgón negro de las leguminosas (<i>Aphis craccivora</i>) vector del <i>Alfalfa dwarf virus</i> .	4
Figura 3.	Síntomas característicos del achaparramiento de la alfalfa.	5
Figura 4.	Diagrama de los tres casos hipotéticos de dispersión de la enfermedad (A) omnidireccional, (B) plantas adyacentes dentro de las filas, y (C) plantas adyacentes dentro la columna.	10
Figura 5.	Severidad del cuadrante “x” en el mes “t” estimada por los cuadrantes adyacentes dentro de la misma columna.	10
Figura 6.	Valores de la incidencia del achaparramiento de la alfalfa para los meses de noviembre, diciembre, febrero y abril, correspondiente al primer año de implantación del cultivo.	11
Figura 7.	Valores del índice de severidad del achaparramiento de la alfalfa para los meses de noviembre, diciembre, febrero y abril, correspondiente al primer año de implantación del cultivo.	12
Figura 8.	Distribución espacial del achaparramiento de la alfalfa en el mes de noviembre.	14
Figura 9.	Distribución espacial del achaparramiento de la alfalfa en el mes de diciembre.	14
Figura 10.	Distribución espacial del achaparramiento de la alfalfa en el mes de febrero.	15
Figura 11.	Distribución espacial del achaparramiento de la alfalfa en el mes de abril.	16

RESUMEN

El achaparramiento, causado por un complejo viral en el que se distinguen *Alfalfa dwarf virus* (ADV) y *Alfalfa mosaic virus* (AMV), es actualmente una de las principales enfermedades de la alfalfa. El objetivo del trabajo fue determinar el progreso espacial del achaparramiento durante el primer año de crecimiento del cultivo. El ensayo se desarrolló en un lote de alfalfa ubicado en el campo experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto adyacente en dirección NO a una parcela severamente afectada por esta enfermedad. El lote fue dividido en 50 cuadrículas de 24 x 11, 5 m y durante los meses de noviembre, diciembre, febrero y abril se realizaron muestreos en el centro de cada uno de ellos (0,25m²), determinando la incidencia (porcentaje de plantas con síntomas) y la severidad (escala de 0 a 4). Para ponderar ambas variables se calculó el índice de enfermedad (IE) con el que se realizó el análisis espacial. Se estimó, utilizando el software estadístico R, el patrón de distribución de la virosis mediante el índice de agregación de Lloyds (IAL) pudiendo resultar agregado (IAL>1) o aleatorio (IAL<1). Para los casos de agregación se estimó el sentido de la dispersión de la enfermedad (entre líneas o columnas de cuadrados) a través de regresiones lineales con respecto a tres modelos hipotéticos: omnidireccional, entre filas o entre columnas de cuadrados. El IE medio general aumentó a través de los meses: 0,63; 1,2; 1,47; 1,78. El patrón de distribución comenzó siendo aleatorio en noviembre y continuó agregado en los meses siguientes (-3,2; 5,1; 2,7; 1,4). La enfermedad se dispersó de NO a SE (entre filas) en diciembre y luego de NE a SO (entre columnas) de febrero a abril.

ABSTRACT

Stunting, caused by a virus complex in the distinguished Alfalfa dwarf virus (ADV) and Alfalfa mosaic virus (AMV), is currently one of the major diseases of alfalfa. The objective was to determine the spatial stunt progress during the first year of crop growth. The test was conducted in a batch of alfalfa located in the experimental field of the AVF / UNRC adjacent (NO) to a plot severely affected by this disease. The lot was divided into 50 grids of 24 x 11.5 ft during the months of November, December, February and April samples were taken in the center of each (0.25 m²), determining the incidence (% plants with symptoms) and severity (scale of 0-4). To assess both variables disease index (IE) in the spatial analysis was calculated. Was estimated using the R statistical software, the distribution pattern of the viruses by Lloyds aggregation index (IAL) being able to be added (IAL > 1) or random (IAL < 1). Omnidirectional, between rows or columns of squares between: For cases mean aggregate dispersion of disease (between the lines or columns of squares) through linear regression with respect to three scenarios are considered. The overall average IE increased through the months: 0.63; 1.2; 1.47; 1.78. The distribution pattern began as random added in November and continued in the following months (-3.2, 5.1, 2.7, 1.4). The disease was spread from NW to SE (between rows) in December and then NE to SW (between columns) from February to April.

INTRODUCCIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa*) es un recurso fundamental para la producción agropecuaria en las regiones templadas del mundo. Su calidad nutritiva, producción de forraje, hábito de crecimiento, perennidad, plasticidad y capacidad de fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico, la convierten en una especie esencial para muchos sistemas de producción agropecuaria, desde los sistemas intensivos a corral que la incluyen en la dieta animal como forraje cosechado y procesado, hasta los pastoriles que la utilizan en pastoreo directo (Zubizarreta, 1992). En la mayoría de las regiones de la Argentina donde las producciones de leche y carne son relevantes, esta especie forrajera es básica en la alimentación (Chimicz, 1988). Sin embargo, la dimensión real de su valor surge cuando se considera el rol de esta leguminosa en la sustentabilidad de los sistemas de producción, por su función en la recuperación de la fertilidad y estabilidad edáfica (Panigatti, 1992).

La alfalfa es un cultivo que permite aumentar la carga animal, mejorar la ganancia de peso o el rendimiento en producción individual de leche. Además, se constituye en la base de la oferta forrajera con un forraje de calidad, dado que es posible cosecharlo y conservarlo como reserva forrajera, reduce costos variables, aumenta la estabilidad de producción, y bien manejado, no extrae del sistema uno de los recursos más escasos, como es el nitrógeno edáfico, sino que, por el contrario, incorpora materia orgánica y recupera fertilidad al suelo (Baldock *et al.*, 1981).

En la Argentina la alfalfa, se cultiva principalmente en la Región Pampeana. El 90% de la producción se localiza entre los paralelos 30-40°S y los meridianos 58-65°W (Hijano y Pérez Fernández, 1995). De la superficie con alfalfa en el periodo 1996 – 2002, en valores promedios, el 31% correspondía a alfalfares puros y el 69% a consociaciones con otras forrajeras templadas. Sin embargo, al analizar la evolución de estos porcentajes, se aprecia que mientras las alfalfas puras constituían el 21,5% del área sembrada en 1996, pasaron a ser aproximadamente el 35% entre 1999 y 2001; en la actualidad, aunque se carece de estadísticas oficiales, la proporción de alfalfas puras se estima en valores cercanos al 50% del área total del cultivo. Obviamente, la participación de las alfalfas consociadas disminuyó en relación armónica con lo señalado anteriormente. Como promedio general en 1996 – 2001, el 46,2% de toda el área se ubica en la provincia de Buenos Aires, el 23,6% en Córdoba, el 15,8% en Santa Fe, el 10,7% en La Pampa y el 3,7% en Entre Ríos (Figura 1) (Basigalup, 2010).



Figura 1. Distribución del cultivo de alfalfa en Argentina (verde oscuro: zona de cultivo; verde claro: mayor concentración del cultivo).

Con respecto a la alfalfa, se calcula que en el país, se producen 15 millones de toneladas de materia seca (MS) con una producción promedio de 6 t/MS/ha anualmente. El 50% es destinado a pastoreo directo y el resto como forraje conservado (rollos o fardos de alfalfa pura o consociada), y en menor proporción se utiliza el silo y el henolaje empaquetado en polietileno.

Los precios de los productos agropecuarios (carne, leche y granos) tienen el mayor efecto sobre el aumento o disminución de dicha superficie. Sin embargo, de acuerdo a la Encuesta Nacional Agropecuaria, existen unas cuatro millones de hectáreas en la región Pampeana Argentina constituyéndose así después de la soja como el segundo cultivo en orden de importancia, en cuanto a superficie cultivada en nuestro país (Encuesta Nacional Agropecuaria 2010).

Al ser una pastura perenne, la alfalfa se ve expuesta al daño de numerosas plagas y enfermedades. Entre los más de 120 cultivares que es posible encontrar actualmente en el mercado, la gran mayoría de ellos tienen buenos niveles de resistencia a varios insectos y agentes patógenos de importancia económica. No obstante, en los últimos años se viene observando daños crecientes de una nueva enfermedad, el achaparramiento de la alfalfa, de la cual se menciona como agente causal al *Alfalfa dwarf virus* (ADV) (Lenardon, 2010).

ANTECEDENTES

Las enfermedades que afectan al cultivo de la alfalfa son, en su conjunto, un factor limitante en el mantenimiento de lotes productivos. Las estimaciones más confiables indican que hasta un 25% de la producción de forraje y un 10% de los rendimientos de semilla se pierden anualmente como consecuencia de la acción de organismos causantes de enfermedad. De las cuales en la Argentina se han descripto poco más de 25, aunque sólo unas 10 adquieren significancia económica con alguna frecuencia (Hijano y Pérez Fernández, 1995).

Las enfermedades que se detectan en el cultivo son las foliares que reducen la eficiencia de conversión de energía de la planta, debido a una disminución de la capacidad fotosintética y de translocación de carbohidratos, resultando en pérdidas significativas de producción y calidad (Hijano y Pérez Fernández, 1995).

Entre las principales enfermedades se pueden citar: “viruela” (*Pseudopeziza medicaginis*), “mildiu” (*Peronospora trifoliorum*), “mancha ocular de la hoja” (*Leptosphaerulina briosiana*), “roya” (*Uromyces striatus* var. *medicaginis*), “antracnosis” (*Colletotrichum trifolii*), “tallo negro de primavera” (*Phoma medicaginis* var. *medicaginis*), “tallo negro” (*Cercospora medicaginis*).

Entre las enfermedades más importantes de corona y raíz detectadas en la Argentina, pueden mencionarse, “Corchosis” (*Xylaria* sp.), “complejo de podredumbre de corona y raíz” asociado a varios géneros, especies y razas de hongos, con menor participación de bacterias y nematodos, entre los que pueden nombrarse a *Fusarium oxysporum* f. sp. *medicaginis*; *F. solani*, *F. roseum*, *Rhizoctonia solani*, *Phoma* spp. “Fusariosis” (*Fusarium oxysporum* sp. *medicaginis*), “Fitóftora” (*Phytophthora megasperma* f. sp. *medicaginis*), “Antracnosis” (*Colletotrichum trifolii*), “Verticiliosis” (*Verticillium albo-atrum*), “Rizoctonia” (*Rhizoctonia crocorum*), “Cáncer radicular” (*Rhizoctonia solani*), “Stagonospora” (*Stagonospora meliloti*), “Podredumbre de raíz” (*Sclerotinia trifoliorum*) (Hijano y Pérez Fernández, 1995).

La principal enfermedad del sistema vascular que en la Argentina alcanza cierto grado de importancia es la “fusariosis” (*Fusarium oxysporum* f. sp. *medicaginis*) (Hijano y Pérez Fernández, 1995).

Entre las enfermedades ocasionadas por virus se destacan, el virus del mosaico de la alfalfa que está presente en cualquier lugar donde se cultive la alfalfa, infectando prácticamente todas las zonas de producción del mundo. El agente causal se identifica como *Alfalfa mosaic virus* (AMV) y el síntoma típico que se observa en una planta de alfalfa infectada es la aparición de mosaico de forma variable y de un color amarillo intenso, alternadas con el color verde de las

hojas. Este síntoma es el más generalizado en las infecciones producidas por AMV y es el que da el nombre al virus (Hijano y Pérez Fernández, 1995).

Algunas veces, el síntoma de mosaico puede ir acompañado del arrugamiento de la lámina de la hoja, que es fácil de confundir con los síntomas de arrugamiento similar, producido por otro virus de distinta naturaleza, y que también puede encontrarse con cierta frecuencia en los campos de alfalfa (Hijano y Pérez Fernández, 1995).

El AMV puede transmitirse por insectos vectores cuando éstos se alimentan de una planta infectada y posteriormente de otra sana, adquiriendo el virus en la primera y portándolo e infectando a la segunda. Existen al menos quince especies distintas de pulgones que pueden actuar como vectores de AMV, permitiendo su dispersión de unas plantas a otras. Entre ellas destacan el pulgón negro de la alfalfa (*Aphis craccivora*), el pulgón verde del poroto (*Acyrtosiphon pisum*) y el pulgón del trébol (*Therioaphis trifolii*), especies que colonizan frecuentemente los cultivos de alfalfa. Los pulgones transmiten en forma no persistente por lo que la transmisión puede ser muy rápida.

Otra enfermedad causada por virus que no ha sido citada con anterioridad en el país, ni en Centro y Sudamérica y que se han observado daños crecientes es el achaparramiento de la alfalfa, de la cual se menciona como agente causal al *Alfalfa dwarf virus* (ADV) (Lenardon, 2010). Esta virosis es transmitida por numerosas especies de pulgones, siendo el más importante el pulgón negro de las leguminosas (*Aphis craccivora*), de color verde oscuro (opaco ceroso en las ninfas y negro brillante en los adultos), de unos 2 mm de longitud, que forma colonias muy densas en cada tallo de alfalfa (Figura 2).



Figura 2. Pulgón negro de las leguminosas (*Aphis craccivora*) vector del *Alfalfa dwarf virus*.

El ADV produce reducción de crecimiento, enroscado de hojas y afecta significativamente la producción de forraje como también la persistencia del cultivo. La enfermedad se caracte-

riza por un acortamiento severo de entrenudos y achaparramiento de la plantas; reducción de foliolos con deformaciones, lámina foliar con moteado suave verde pálido-amarillento en los bordes, foliolos curvados hacia abajo de consistencia carnosa (coriáceas); aclaramientos de nervaduras primarias y secundarias. También, las hojas afectadas presentan enaciones (verrugas) de diversas formas y tamaño en el envés de las hojas, sobre nervaduras primarias y secundarias (Figura 3). Estas verrugas adoptan distintas configuraciones, desde tipo rosario (pequeñas protuberancias una al lado de otra) y deformaciones notables tipo quilla o uña de gato (Lenardon, 2010).



Figura 3. Síntomas característicos del achaparramiento de la alfalfa.

Por mucho tiempo se le atribuyó este problema al pulgón azul por la similitud de los síntomas, pero actualmente se está en condiciones de afirmar que el causante de estas alteraciones en alfalfa es un virus denominado *Alfalfa dwarf virus* (ADV). Estas alteraciones estarían provocando disminuciones significativas en la producción de forraje y, de manera paulatina, en la densidad de las plantas debido a la debilidad de los rebrotes y competencia con malezas (Lenardon, 2010).

Según un estudio realizado recientemente por técnicos de INTA en donde, analizándose tejidos de plantas sintomáticas, con la utilización de técnicas serológicas, moleculares y de microscopía electrónica se llegó a la conclusión que el achaparramiento de la alfalfa sería originado por un *rhabdovirus* no descrito previamente. Esta es la primera evidencia en Argentina y en Sudamérica de un miembro de este grupo infectando alfalfa. Además se ha observado que en la mayoría de los casos este *rhabdovirus* produce infección conjuntamente con AMV (Bejerman *et al.*, 2011).

La enfermedad fue detectada en diversos lotes de las provincias de La Pampa, Córdoba, Santa Fe, Buenos Aires y Santiago del Estero, y está presente en la actualidad con una prevalencia cercana al 90% en los lotes de alfalfa evaluados (Pérez Fernández, 2010).

Estimaciones preliminares indicarían que la pérdida anual estimada de forraje en todo el país a causa de la enfermedad sobre el área implantada con alfalfa podría alcanzar valores que llegarían a las 10.440.000 t de materia seca (MS). Esta cifra traducida en rollos de 500 kg (a un valor de \$150 por unidad) representaría una pérdida económica anual de \$3132 millones.

Por otro lado si la disminución de rendimiento se expresara en producción de carne y leche y asumiendo una alfalfa con 65% de digestibilidad y un contenido energético de 2,34 Mcal EM/Kg de materia seca los 10.440.000 t de MS/año significarían pérdidas de producción anuales de 1.044.000 t de carne (calculando que 1 kg de peso vivo insume 10 kg MS) y 11.668.235 litros de leche (considerando que por cada 17 kg de MS una vaca produce 19 litros de leche) (Basigalup, 2010).

Entre las enfermedades mencionadas el achaparramiento de la alfalfa es de las que menos estudios epidemiológicos se registran en el país, principalmente por su reciente detección y determinación del agente causal, por ello que se plantea la siguiente hipótesis:

HIPOTESIS

El achaparramiento de la alfalfa se incrementa en cada ciclo de crecimiento del cultivo.

OBJETIVO

Objetivo general:

- Determinar el progreso del achaparramiento en un cultivo de alfalfa durante el primer año de crecimiento.

Objetivos específicos:

- Determinar la evolución de la incidencia del achaparramiento en un cultivo de alfalfa durante el primer año de crecimiento.
- Determinar la evolución de la severidad del achaparramiento en un cultivo de alfalfa durante el primer año de crecimiento.
- Determinar la distribución espacial del achaparramiento de la alfalfa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios se realizaron sobre un cultivo de alfalfa sembrado el día 29 de marzo del año 2012, correspondiente a la variedad Mayaco de Los Prados Semillera. La parcela se ubica en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria (CAMDOCEX) de la Universidad Nacional de Río Cuarto, situado sobre ruta 36, km 601, Río Cuarto, Córdoba. Su ubicación geográfica es 33° 07`S, 64° 14`W y 421 m.s.n.m.

La región posee un clima templado-subhúmedo, con un régimen de precipitaciones monzónico con lluvias concentradas en el período primavera-verano, con el 80% de las precipitaciones entre octubre y abril. La precipitación media anual está entre los 550 y 900 mm, los meses de mayor precipitación son diciembre y enero (130 mm/mes), mientras que julio y junio son los de menor precipitación (13 mm/mes). En esta zona hay alta frecuencia de ocurrencia de granizo.

La temperatura media anual es de 16 °C, siendo el mes más cálido enero (23°C) y el más frío julio (9 °C). El período libre de heladas es de 256 días y va desde mediados de septiembre a mediados de mayo.

El viento es un componente climático en la región, su dirección predominante es de noreste a sudoeste y las mayores velocidades se dan entre julio y noviembre.

Sobre una parcela de evaluación de 13.800 m², se realizaron muestreos a los 20 días de realizados los respectivos cortes de aprovechamiento del forraje. La parcela se dividió en cuadrículas de 24 x 11,5 m dando como resultado un total de 50 cuadrículas, en las cuales se realizaron los muestreos con una distribución sistemática regular (estratificado). En el centro de cada una de ellas se colocó un aro de 0,56 m de diámetro donde se contabilizó el número total de plantas y el número de plantas con síntomas del achaparramiento de la alfalfa, determinando así la incidencia, expresada como porcentaje de plantas enfermas respecto al total evaluado. La severidad se evaluó como el daño producido por la enfermedad en los tallos de cada planta afectada, utilizando una escala previamente establecida, asignado valores de: 0, 1, 2, 3 y 4 siendo 0: planta sana, 1: de 1 a 25%, 2: de 26 a 50%, 3: de 51 a 75% y 4: >76% de tallos afectados de cada planta enferma. Para ponderar ambas variables se calculó el índice de severidad (ISE) con el que se realizó el análisis espacial, siendo:

$$ISE = \sum_{i=0}^4 \left(\frac{\text{grado}_i \times \text{n}^\circ \text{ de plantas en el grado}_i}{\text{n}^\circ \text{ de plantas} \times 4} \right) \times 100$$

donde “grado_i” es el grado de severidad de cada planta evaluada según la escala antes descripta y “nº total de plantas” es el número total de plantas evaluadas en cada parcela.

La dinámica en el tiempo de la severidad e incidencia se avaluó como el porcentaje de incremento o descenso respecto a la fecha anterior de evaluación.

El progreso de la enfermedad se analizó a partir de los datos de ISE, construyendo “mapas de color” para cada fecha de evaluación por medio de software STATISTICA (versión 7.0). Para ello, el mismo software interpola los píxeles intermedios entre los cuadrantes (unidades de medición) mediante regresiones lineales entre observaciones reales de evaluaciones.

Al momento de realizar el análisis del patrón de agregación, varios son los métodos para estimar el patrón de agregación espacial de las epidemias de cultivos, uno de ellos es el Índice de agregación de Lloyd. Este se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$IAL = \frac{(media + varianza) / (media - 1)}{media}$$

Si $IAL > 1$ se considera que el patrón es “agregado”, en este caso podría pensarse en una transmisión del virus de planta a planta vecina. Cuanto mayor es el IAL mayor es la agregación, en este caso de los síntomas de la virosis. Si $IAL < 1$ indicaría distribución aleatoria (no agregación).

Una vez estimado el nivel de agregación, resulta interesante saber la dinámica temporal de la dispersión del virus dentro del lote de alfalfa, para así comprender con mayor profundidad el origen y el desarrollo de la epidemia. Esto se estimó a través del uso de regresiones lineales.

Considerando tres posibles direcciones de dispersión principal (según severidad) “entre filas”, “entre columnas” u “omnidireccional” se establecieron modelos lineales para cada caso hipotético y se compararon los ajustes, por lo que asumiendo que $Z_t(x)$ denota la severidad del cuadrante “x” en el mes “t”. $Z_t(x)$ para un determinado cuadrante puede ser modelado como función de la severidad de sus cuadrantes vecinos. En el caso hipotético de transmisión omnidireccional (Figura 4 A) el $Z_t(x)$ resulta tanto de valores de plantas adyacentes dentro de las filas como así también entre filas. El siguiente caso (Figura 4 B) la transmisión ocurre del promedio de plantas inmediatas dentro de la misma fila, y para el caso hipotético de transmisión dentro de la columna (Figura 4 C) el $Z_t(x)$ resulta del promedio entre las plantas inmediatamente superior e inferior dentro de la columna.

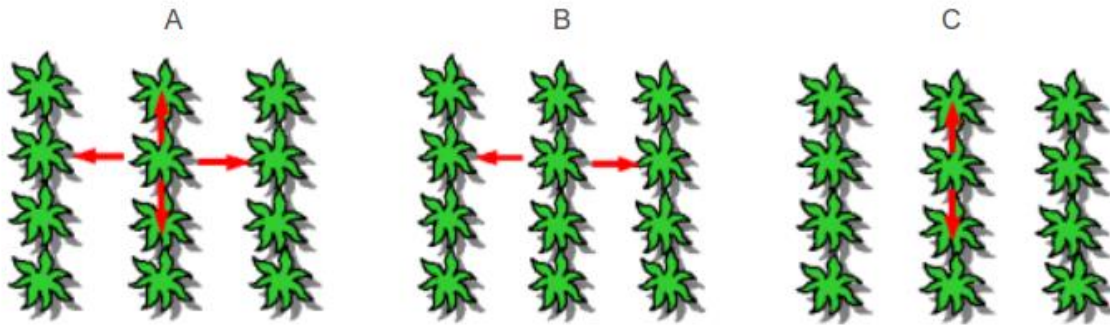


Figura 4. Diagrama de los tres casos hipotéticos de dispersión de la enfermedad (A) omnidireccional, (B) plantas adyacentes dentro de las filas, y (C) plantas adyacentes dentro la columna. Aquí la transmisión dentro de una misma fila sería de “norte” a “sur”.

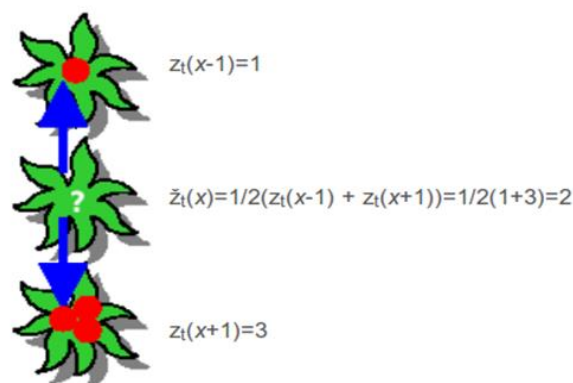


Figura 5. Severidad del cuadrante “x” en el mes “t” estimada por los cuadrantes adyacentes dentro de la misma columna.

De esta manera quedan definidos los tres mapas hipotéticos de valores $Z_t(x)$.

Para estimar la dirección de la dispersión ocurrida dentro del lote en estudio los valores $Z_t(x)$ (severidad estimada en el mes “t” en el cuadrante “x”) fueron comparados con los valores reales observados de severidad $Z_t(x)$. Si la severidad estimada en un cuadrante dado tiende a ser mejorado por la inclusión de la severidad de plantas adyacentes no habría patrón aleatorio de diseminación.

Un método para comparar los valores de severidad estimados $Z_t(x)$ con los reales es a través de regresiones lineales (Sparks *et al.* 2008). O sea que son contrastados los valores observados, obtenidos de las evaluaciones, con los tres estimados mediante las técnicas ya explicadas. Aquel modelo que tenga mejor correlación con los observados será el que explicará el “movimiento” de la enfermedad dentro del lote.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Incidencia

La evaluación de la incidencia se realizó previa a los cortes efectuados a la alfalfa para el aprovechamiento del forraje, como el porcentaje de tallos afectados respecto del total evaluado.

Como se puede observar en la Figura 6, la incidencia se incrementó durante el período de evaluación en un 29% entre los meses de noviembre y diciembre. Posteriormente entre diciembre y febrero el incremento fue de un 16% llegando al mes de abril con un aumento del 8%. Durante el primer período de aprovechamiento del cultivo de alfalfa (noviembre-abril) se observó un incremento total del 60% de incidencia.

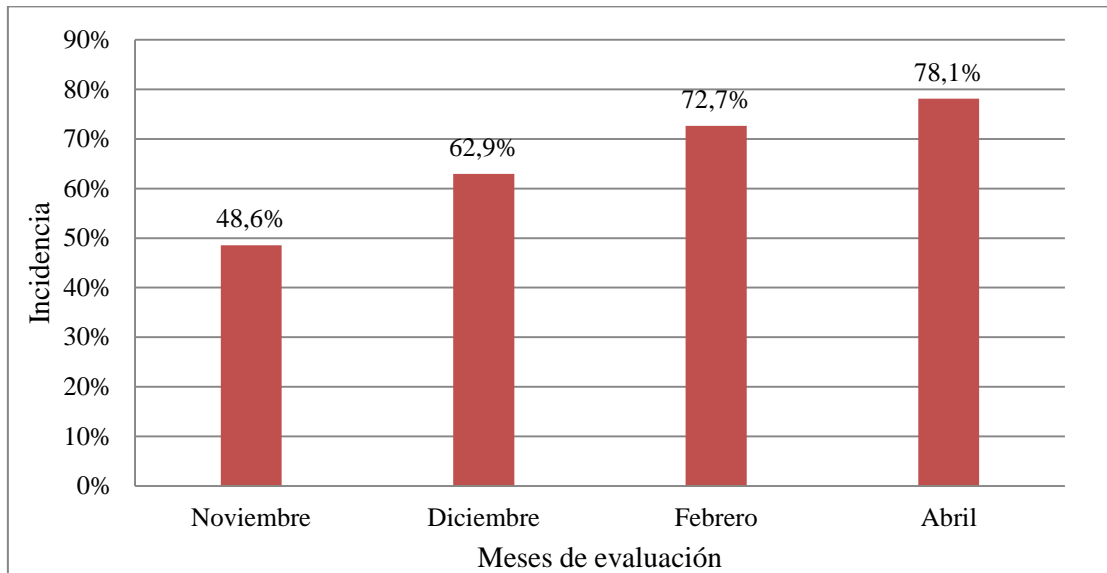


Figura 6. Valores de la incidencia del achaparramiento de la alfalfa para los meses de noviembre, diciembre, febrero y abril, correspondiente al primer año de implantación del cultivo.

Índice de severidad

Los valores del índice de severidad obtenidos para las fechas de evaluación del achaparramiento de la alfalfa se muestran en la Figura 7, donde se puede observar que dicho índice se fue incrementando en el tiempo en un 93,6 % entre el primer mes (noviembre) y el segundo mes (diciembre) de evaluación. Para el mes de febrero el incremento fue del 20,5 % respecto al mes anterior (diciembre), culminando con un 23,1 % de aumento para el mes de abril. El incremento total del índice de severidad durante el período evaluado fue del 287%, pasando de un valor de 0,63 en el mes de noviembre a 1,81 para el mes de abril.

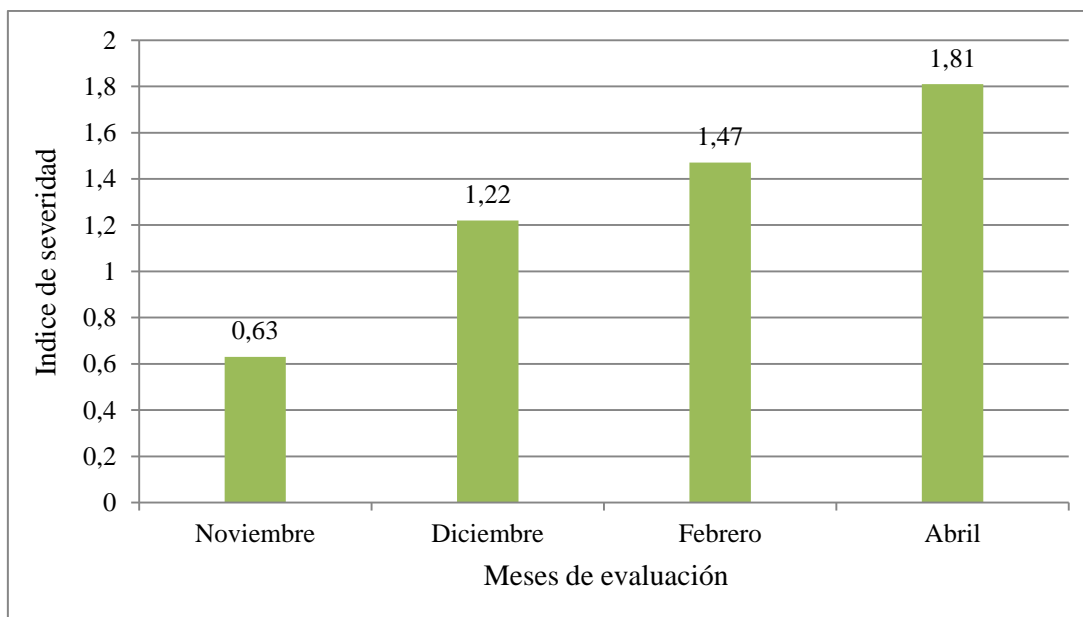


Figura 7. Valores del índice de severidad del achaparramiento de la alfalfa para los meses de noviembre, diciembre, febrero y abril, correspondiente al primer año de implantación del cultivo.

Enguita *et al.* (1992) estudió la incidencia del *Alfalfa mosaic virus* y *Alfalfa dwarf virus* sobre una colección de plantas sembradas individualmente poniendo de manifiesto la rápida progresión de ambas virosis en toda la parcela de experimentación, afectando al 77% de las plantas al 3er año de su implantación. También Figueruelo *et al.* (2014) informaron diferencias significativas de incidencia entre el primer y cuarto corte con valores del 80% y valores de severidad media y alta según cultivares de alfalfa, lo que fue similar a este caso, para el primer año de implantación en cuanto al incremento de incidencia.

Progreso espacial

Con el objetivo de determinar el patrón de dispersión del achaparramiento de la alfalfa y su forma de dispersión se estimó el índice de agregación de Lloyds, el cual se muestran en el Cuadro 1:

Cuadro 1. Estimación del índice de agregación de Lloyds para los meses de evaluación del achaparramiento de la alfalfa y la dirección de la dispersión.

	Valor IAL	Patrón	Dirección de la dispersión
Noviembre	-3,16	Aleatorio	-
Diciembre	5,09	Agregado	Entre filas
Febrero	2,73	Agregado	Entre columnas
Abril	1,41	Agregado	Entre columnas

A continuación se observan los resultados obtenidos para cada mes que se realizaron las evaluaciones correspondientes:

Noviembre

En el mes de noviembre se iniciaron los estudios del achaparramiento de la alfalfa y para dicho mes el índice de severidad promedio para toda la parcela evaluada fue el más bajo obtenido en todos los meses (0,63). La distribución de la enfermedad se presentó de forma aleatoria ($IAL < 1$) sugiriendo que no hay transmisión de planta a planta vecina.

Considerando que el vector de la enfermedad es el pulgón negro de las leguminosas (*Aphis craccivora*) y el mismo es trasladado por el viento, se consideró incluir la dirección predominante de los mismos durante el período de evaluación con el objetivo de determinar si la infección proviene de una parcela aledaña ubicada al Norte de la parcela en estudio que presentaba los síntomas del achaparramiento.

Durante el mes de noviembre hubo una predominancia de vientos del sector Norte-Nordeste (56,67%) respecto a vientos de otros cuadrantes, según datos proporcionados por la estación meteorológica de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto. Según se puede observar, el inicio de infección se origina a partir del sector Norte de la parcela en la zona 8 A (Figura 8); sin embargo, la dispersión no ocurre ni entre filas como así tampoco entre columnas.

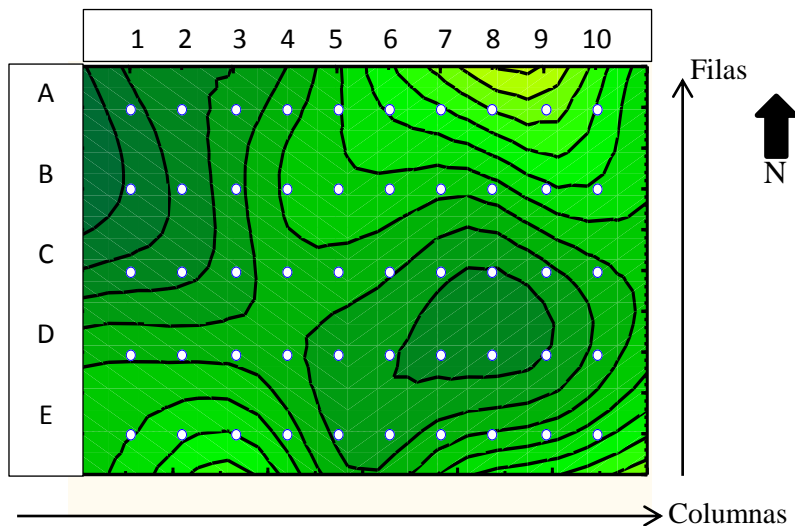


Figura 8. Distribución espacial del achaparramiento de la alfalfa en el mes de noviembre.

Diciembre

En el mes de diciembre el índice de severidad aumentó un 93,6% respecto al mes de noviembre, alcanzando un valor de 1,22. El valor de IAL fue de 5,09 por lo que la virosis presentó un patrón agregado de dispersión, lo que puede interpretarse como la ocurrencia de transmisión de planta a planta vecina (Figura 9).

Tomando en cuenta la dirección de los vientos, estos aún continúan predominando del sector Norte-Nordeste con un 61,29%, con lo que la dirección de la dispersión para el mes de diciembre es dentro de la fila ($Pr (>F) 0,02973$).

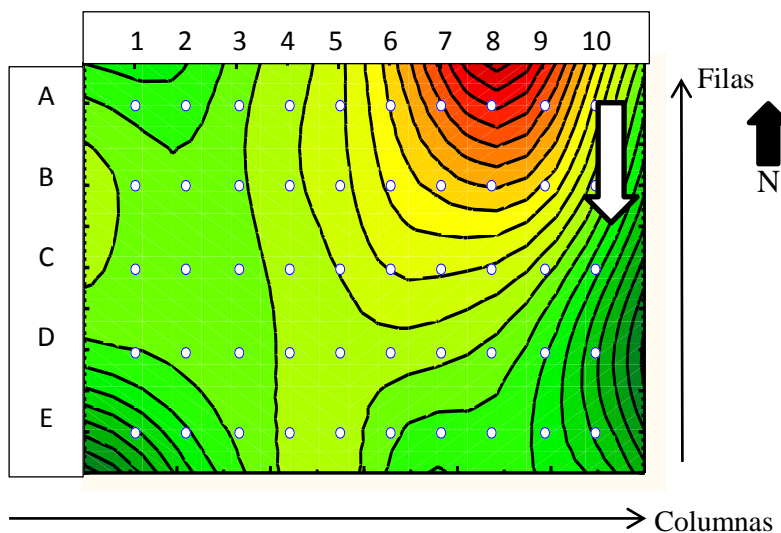


Figura 9. Distribución espacial del achaparramiento de la alfalfa en el mes de diciembre.

Febrero

Para el mes de febrero el índice de severidad fue un 20,5% mayor al mes de diciembre, lo que indica que la virosis fue aumentando proporcionalmente al tiempo transcurrido entre los

periodos de evaluación. El patrón de distribución fue agregado (IAL: 2,73); es decir que continuó la infección de planta a planta vecina como lo ocurrido en la evaluación anterior (Figura 10). En cuanto a la dispersión de la virosis los estudios indicaron que la misma ocurrió dentro de columnas (Pr (>F) 0,005741); es decir, en dirección Este-Oeste. Sin embargo los vientos continuaron predominando en un 64,29% del sector Norte y Nornordeste.

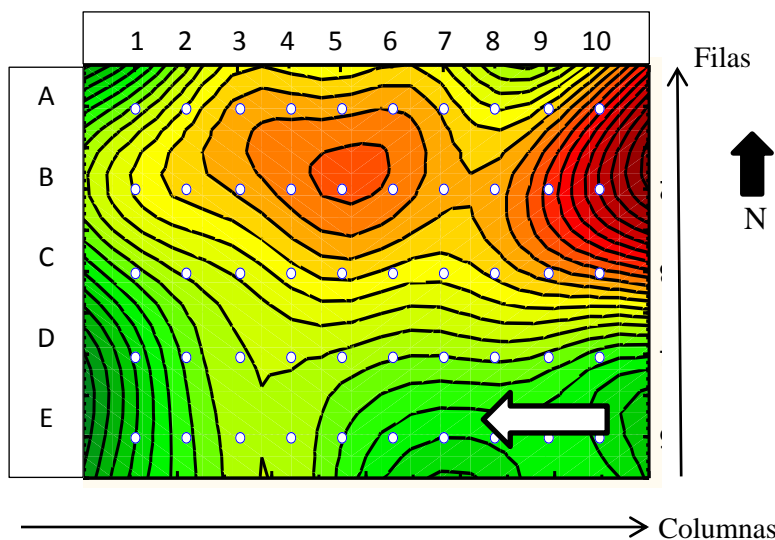


Figura 10. Distribución espacial del achaparramiento de la alfalfa en el mes de febrero.

Abril

En el mes de abril se registró un 23,1% de aumento del índice de severidad en comparación con la anterior evaluación, por lo que continúa la tendencia de incremento del índice durante la primera estación de crecimiento de la alfalfa. El patrón de propagación del achaparramiento de la alfalfa fue en forma agregada (IAL: 1,41); transmitiéndose de planta a planta vecina y en este caso la propagación ocurrió en sentido Este-Oeste dentro de la parcela (Figura 11).

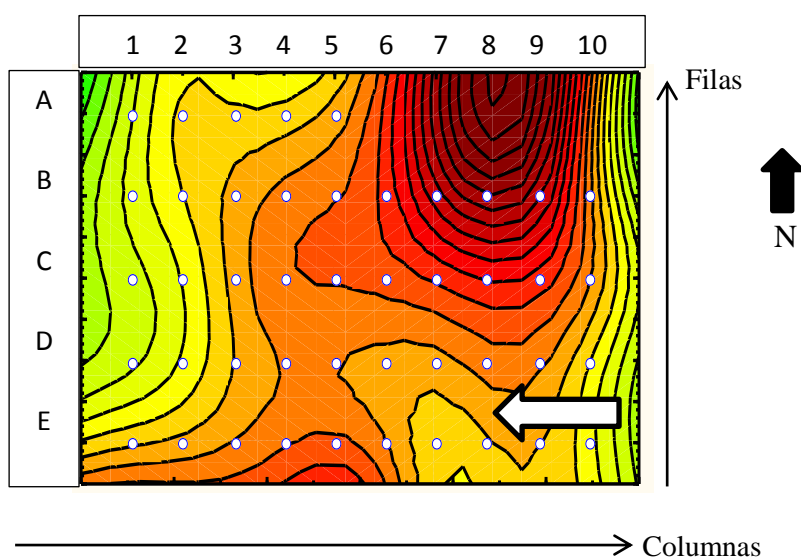


Figura 11. Distribución espacial del achaparramiento de la alfalfa en el mes de abril.

Del análisis utilizado y de los resultados obtenidos se evidenciaría una fuerte influencia de la parcela vecina como fuente de inóculo, asociado a los vientos predominantes y al vuelo de los vectores de la enfermedad.

CONCLUSIONES

- El achaparramiento de la alfalfa causado por el *Alfalfa dwarf virus* es una enfermedad cuya incidencia aumenta durante el período estival de crecimiento del cultivo.
- El índice de severidad se incrementó con los sucesivos cortes de aprovechamiento del forraje.
- La distribución espacial del achaparramiento de la alfalfa se presentó inicialmente en forma aleatoria, desarrollándose luego en forma agregada.

BIBLIOGRAFÍA

- BALDOCK, J.O.; R.L. HIGGS; W.H. PAULSON; J.A. JAKOBS; y W.D. SCHRADER. 1981. Legume and mineral N effects on crop yields in several crop sequences in the upper Missipi valley. **Agronomy Journal** 73: 885-90.
- BEJERMAN, N.; C. NOME; F. GIOLITTI; E. KITAJIMA; S. DE BREUIL; J. PÉREZ FERNÁNDEZ; D. BASIGALUP; M. CORNACCHIONE; S. LENARDON. 2011. First Report of a Rhabdovirus Infecting Alfalfa in Argentina. **Plant Disease**: 95: 771.
- BASIGALUP, D.H. 2010. Nueva enfermedad en alfalfa. Boletín de informe del INTA.
- CHIMICZ, J. 1988. Los sistemas de producción de leche en Argentina **Revista Argentina de Producción Animal** 8:155-168.
- Encuesta Nacional Agropecuaria. 2010. En: www.indec.gov.ar/agropecuario/metodologia.asp
Consultado: 29/09/14
- ENGUITA, I.D. y L.L. CALVO. 1992. Incidencia de las virosis mosaico y enations en plantas aisladas de alfalfa. Servicio de investigación agraria de Aragón 1:85-92
- FIGUERUELO, A.M.; A. SUAREZ; L. FONTANA; J. PEREZ FERNADEZ Y V. PARRA. 2014. Incidencia y severidad de una nueva virosis de alfalfa en la región semiárida pampeana central (RSPC). Libro de resúmenes del 3º Congreso Argentino de Fitopatología.
- HIJANO E.H. y J. PÉREZ FERNÁNDEZ. 1995. Enfermedades de la alfalfa. En: **La alfalfa en la Argentina** (Hijano, E.H & A. Navarro, eds.). Enciclopedia Agro de Cuyo. Manuales 11: 125-146
- INTA. 2011. En:www.manualfitosanitario.com/novedades-detalle.php?id=86. Consultado: 12/09/2014
- LENARDON, S. 2010. Nueva enfermedad en alfalfa. Boletín de informe del INTA.
- PANIGATTI, J.L. 1992. Las rotaciones agrícolas con pasturas en la pampa húmeda Argentina. **Revista INIA de Investigaciones Agronómicas** 1: 215-225.
- PÉREZ FERNÁNDEZ, J. 2010. Nueva enfermedad en alfalfa. Boletín de informe del INTA.
- SPARKS, A.H.; P.D. ESKER; M. BATES; W. DALL'ACQUA; Z. GUO; V. SEGOVIA; S.D. SILWAL; S. TOLOS; y K. GARRETT. 2008. Ecology and epidemiology in R: modeling plant disease progress over time. The Plant Health Instructor doi: 10.1094/PHI-A-2008-0129-02.

- ZUBIZARRETA, J. 1992 Producción lechera en Estados Unidos. **Revista CREA** N° 156: 80-84.