



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA
SECRETARIA ACADEMICA
TRABAJO FINAL

Para optar el título de grado de Ingeniero Agrónomo

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA
GERMINACIÓN Y EMERGENCIA EN ALFALFA (*Medicago sativa* L.)
CON DISTINTOS GRADOS DE REPOSO INVERNAL**

María Laura Poli

DNI: 31288675

Director: Ing. Agr. Héctor Roque Pagliaricci

Co-Directora: Ing. Agr. María Julieta Bonvillani

Río Cuarto, Córdoba

(2014)

FACULTAD
DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA
CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del trabajo final: Evaluación del efecto de la temperatura en la germinación y emergencia en Alfalfa (*Medicago sativa* L.) con distintos grados de reposo invernal

Autor: Poli, María Laura.

DNI: 31288675

Director: Pagliaricci, Héctor.

Co-Director: Bonvillani, Julieta.

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado Evaluador:

(Nombres)

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mis tres ángeles de la guarda, mi papá que seguro que estaría orgulloso de que cumplí con mi meta y estaba feliz de que estudiara agronomía. A Jorge que siempre me alentó a seguir adelante a pesar de los obstáculos y a mi primo Gustavo que fue un ejemplo a seguir como persona.

A mi familia; mi mamá, mis hermanos Noelia, Martín, Lourdes y Luciano; a Carmen; mis sobrinos Amina, Lisandro y Antonio; mis cuñados Mariano y Carolina por todo el aguante que me hicieron a la distancia y apoyaron a cumplir esta meta.

A mi novio Emanuel que me tuvo siempre paciencia con la facultad y estuvo a mi lado apoyándome en todo e hizo que todo fuera más fácil; al igual que toda su familia.

A mi gran familia de Río Cuarto, que son todos los amigos que hice gracias a la facultad, Marcos, Eze, Pablo, Marito, Seba, Martina, Fran, Mati, Juan, Darío, Lisandro, Mauro, Nico, Alci, Abel, Marina, Leti, Maca y Anto; que estuvieron a mi lado en las buenas y en las malas. Sin ellos no lo hubiera logrado.

A mis amigas de San Rafael, Pato, Gime, Jose y Sole que a pesar de las distancias siempre nos mantuvimos unidas.

AGRADECIMIENTOS

A la Ingeniera Agrónoma Julieta Bonvillani que estuvo desde el primer momento que sembramos la primer semilla hasta el último punto de la escritura. Al Ingeniero Agrónomo Héctor Pagliaricci por todo su tiempo y dedicación a lo largo de la tesis.

A la cátedra de genética por habernos prestado la cámara durante el ensayo.

ÍNDICE GENERAL

1. Resumen.....	VI
2. Abstract.....	VII
3. Introducción.....	1
4. Hipótesis.....	6
5. Objetivos	
5.1. Objetivo general.....	6
5.2. Objetivo específico.....	6
6. Materiales y Métodos.....	7
7. Resultado y Discusión	
7.1. Estadio cotiledonar.....	10
7.2. Estadio hojas unifoliadas.....	13
7.3. Estadio hojas trifoliadas.....	16
8. Conclusión.....	21
9. Bibliografía.....	22

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Agrupamiento de cultivares en diferentes grados de reposo.....	4
Cuadro 2. Normas ISTA para ensayo de germinación donde se indica para cada especie el sustrato a utilizar, temperatura, el primer conteo, el conteo final y recomendaciones para romper dormancia.....	8
Cuadro 3. Resultados del análisis de la calidad de semillas.....	9
Cuadro 4. Porcentaje de aparición de cotiledones en el tiempo (días desde la siembra) de tres cultivares de Alfalfa de diferentes GRI (cv I, cv II, cv II) a tres temperaturas (10°C, 20°C y 30°C).....	10
Cuadro 5. Porcentaje de aparición de hojas unifoliadas en el tiempo (días desde la siembra) de tres cultivares de Alfalfa de diferentes GRI (cv I, cv II, cv III) a tres temperaturas(10°C,20°C y 30°C).....	12
Cuadro 6. Porcentaje de aparición de hojas trifoliadas en el tiempo (días desde la siembra) de tres cultivares de Alfalfa de diferentes GRI (cv I, cv II, cv III) a tres temperaturas (10°C, 20°C y 30°C).....	13
Cuadro 7. Porcentaje de aparición de hojas trifoliadas en el tiempo (días desde la siembra) de tres cultivares de Alfalfa de diferentes GRI (cv I, cv II, cv III) a tres temperaturas (10°C, 20°C y 30°C).....	15

Cuadro 8. Porcentaje de aparición de hojas trifoliadas en el tiempo (días desde la siembra) de tres cultivares de Alfalfa de diferentes GRI (cv I, cv II, cv III) a tres temperaturas (10°C, 20°C y 30°C).....**16**

Cuadro 9. Porcentaje de aparición de hojas trifoliadas en el tiempo (días desde la siembra) de tres cultivares de Alfalfa de diferentes GRI (cv I, cv II, cv III) a tres temperaturas (10°C, 20°C y 30°C).....**18**

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. Variación de temperatura y horas de luz de la Cámara. a) 30°C Luz de las 7 hs a las 19 hs. b) 10°C Luz desde las 8:30 hasta 17:30 hs. c) 20°C luz 12hs a 12 hs.....**8**

Figura 2. Porcentaje de aparición de cotiledones en el tiempo (días desde la siembra) de los cultivares de Alfalfa de reposo invernal a cada temperatura evaluada a)10°C; b) 20°C y c) 30°C.....**12**

Figura 3. Porcentaje de aparición de hojas unifoliadas en el tiempo (días desde la siembra) en los tres cultivares de Alfalfa de reposo invernal a cada temperatura evaluada a)10°C; b) 20°C y c) 30°C.....**15**

Figura 4: Porcentaje de aparición de hojas trifoliadas en el tiempo (días desde la siembra) en los tres cultivares de Alfalfa de reposo invernal a cada temperatura evaluada. a)10°C; b) 20°C y c)30°C.....**18**

RESUMEN

Evaluación del efecto de la temperatura en la germinación y emergencia en Alfalfa (*Medicago sativa* L.) con distintos grados de reposo invernal.

En condiciones controladas de temperatura, humedad y luz, se determinó en Alfalfa (*Medicago sativa* L.) el efecto de la temperatura sobre la germinación y emergencia de plántulas con distinto grado de reposo invernal (GRI). Se utilizaron tres cultivares representativos de cada grupo, GRI 6, GRI 8 y GRI 10; en tres temperaturas, 10, 20 y 30°C. Las determinaciones se realizaron en tres etapas: aparición de cotiledones, hojas unifoliadas y hojas trifoliadas. El diseño experimental fue un factorial 3 x 3, utilizando bandejas de germinación con 200 celdas donde cada una significa una repetición. Los datos se analizaron y procesaron por el software INFOSTAT. Durante el estadio cotiledón, se observó que el porcentaje de aparición de los mismos se vio afectada por el cultivar en todo el periodo; mientras que la temperatura lo hizo sólo durante los primeros 15 días desde la siembra. A 10°C el GRI6 presentó una mayor tasa de aparición de cotiledones, difiriendo significativamente de los demás cultivares. En temperaturas óptimas (20°C) solamente hubo diferencias estadísticamente significativas en los primeros 5 días desde la siembra, mientras que a 30°C hubo a partir de los 10 días. En hojas unifoliadas, el porcentaje de aparición de las mismas sólo se vio afectada por el cultivar durante los primeros 15 días y a los 30-35 días desde la siembra, mientras que la temperatura lo afectó a lo largo de todo el periodo. En las temperaturas extremas, como a 10°C se evidencia un retraso en la aparición de hojas unifoliadas, mientras que a 30°C el efecto es más leve, donde a partir de los 20 días desde la siembra no hay diferencias significativas entre los cultivares. A temperatura óptima (20°C) sólo se observaron diferencias estadísticamente significativas durante los primeros 10 días desde la siembra. La aparición de hojas trifoliadas, no se vio afectada por el cultivar durante los primeros 40 días, pero sí entre los 45 y 55 días, la temperatura influyó durante todo el periodo de estudio. A 10°C se obtuvo un bajo porcentaje de aparición de hojas trifoliadas, con marcada diferencia con la temperatura óptima, donde el GRI 6 mostró una respuesta superior al resto de los cultivares; pero a 30°C hubieron bajos porcentajes pero sin diferencias entre cultivares y a 20°C se apreciaron los mayores porcentajes, mostrando diferencias entre cultivares en los primeros 35 días. De esta manera podemos concluir que cuando las temperaturas son menores a la óptima, situación que puede darse en siembras tardías de otoño invierno se debería utilizar aquellos cultivares de reposo invernal intermedio a largo. En el caso de optar por siembras primaverales la elección del cultivar no tendría relevancia.

Palabras claves: alfalfa, temperatura, cotiledones, hojas unifoliadas, hojas trifoliadas y grado de reposo invernal.

SUMMARY

Evaluation of germination and emergence of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) with different grades of winter rest

Evaluated under controlled conditions of temperature, humidity and light, In studies in Alfalfa (*Medicago sativa* L.) the effect of temperature on germination and seedling emergence with varying degrees of winter rest (GRI) was determined. Three representative cultivars from each group were used (GRI 6, GRI 8 y GRI 10) at three different temperatures, 10, 20 and 30 ° C. Determinations were performed in three stages: emergence of cotyledons, leaves and trifoliolate leaves unifoliolate. The experimental design was a 3 x 3 factorial using germination trays with 200 cells each of which means a repeat. Data were analyzed and processed by the software INFOSTAT During the occurrence of coltiledones, we observed that the percentage of occurrence of these was affected by culturing the whole period, while the temperature did only during the first 15 days after sowing. At 10 ° C the GRI6 had a higher rate of occurrence of cotyledons, differing significantly from the other cultivars. Under optimal temperatures (20 ° C) was only statistically significant differences in the first 5 days after sowing, while at 30 ° C was 10 days onwards. In unifoliolate leaves, the percentage of occurrence of these would only be affected by the cultivar during the first 15 days and 30-35 days after sowing, while the temperature affected him throughout the whole period. In extreme and temperatures up to 10 ° C delay is evident in the appearance of unifoliolate leaves, whereas at 30 ° C the effect is milder, where after 20 days from sowing no significant differences among cultivars. At optimum temperature (20 ° C) only statistically significant differences were observed during the first 10 days after sowing. The appearance of trifoliolate leaves was not affected by the cultivar during the first 40 days but was affected between 45 and 55 days. The temperature influenced throughout the study period. Obtained a low percentage of occurrence of trifoliolate leaves at 10 ° C, with a marked difference from the optimal temperature in this GRI 6 yo showed a better response to other cultivars. At 30 ° C and low results were obtained with no differences between cultivars. At 20 ° C highest percentages were observed, showing differences between cultivars in the first 35 days. With these results we can conclude that when temperatures are less than optimal, a situation that can occur in late autumn sowing winter, you should use intermediate cultivars long winter rest. For spring planting cultivar choice would not be relevant.

Keywords: alfalfa, temperature, cotyledons, unifoliolate, trifoliolate leaves and rest winter.

INTRODUCCION:

Alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una planta dicotiledónea que pertenece a la familia de las Leguminosas siendo una de las principales especies forrajeras, destacándose por su elevado rendimiento de materia seca por hectárea y excelente calidad nutricional. Este elevado rendimiento de materia seca se produce en primavera y verano, época del año donde la mayoría de las forrajeras templadas disminuyen sus tasas de crecimiento y/o pierden calidad. Si la variedad se adapta a las condiciones de suelo, clima, manejo, producirá forraje de alta calidad y recuperará la fertilidad, por medio de la fijación biológica de nitrógeno y la estructura del suelo, la producción agropecuaria en las regiones templadas del mundo (Otondo *et al.*, 2009).

Este cultivo permite aumentar la carga animal, mantener el stock, mejorar la ganancia en peso o el rendimiento en producción individual de leche. Además, se constituye en la base de la oferta forrajera con un forraje de calidad, es posible cosecharlo y conservarlo como reserva forrajera, no limita a los sistemas de alta productividad, reduce costos variables, aumenta la estabilidad de producción y, bien manejado, no extrae del sistema uno de los recursos más escasos, como el nitrógeno edáfico, sino que, por el contrario, incorpora materia orgánica y recupera fertilidad del suelo (D'Attellis, 2005).

La evolución de la superficie de siembra de alfalfa a nivel del país ha cambiado a lo largo de los años. En los años 1996-1997 la superficie implantada, sea pura o consociada con otras forrajeras, era un poco más de 7 millones de hectáreas. A partir de 1998-1999 comienza a registrarse un descenso del área de siembra, para ubicarla en el 2000-2001 en la cercanía de los 5 millones de hectáreas. Indudablemente, esa disminución de demanda está relacionada con la baja rentabilidad de la actividad ganadera en ese periodo, particularmente de la producción lechera. El abandono de la convertibilidad a partir del 2002 y la consecuente devaluación del peso argentino condicionaron fuertemente el mercado de la alfalfa en la campaña de siembra de 2002-2003; los precios de los granos en general y de la soja en particular se incrementaron y los precios de los productos pecuarios se mantuvieron sin mayores cambios. Esta situación provocó que en las zonas mixtas de la Región Pampeana se experimentara una preferencia por la soja en detrimento de la actividad ganadera. Haciendo que en el 2002 no se superaran los 3,5 millones de hectáreas implantadas con alfalfa. Durante el 2004, el flujo de dinero generado por las exportaciones agropecuarias produjo mejores condiciones, lo que produjo una demanda de semilla de alfalfa para la siembra de nuevas pasturas. La superficie sembrada ese año se estimó en unos 4,7 millones de hectáreas y se mantuvo durante el 2005 (Basigalup y Rossanigo, 2007). Según estimaciones, la superficie sembrada ronda los 3,5 millones de hectáreas y es el tercer cultivo de importancia si se mensura el área implantada, según empresas semilleras (3° Jornada Nacional de Alfalfa en Rafaela en su edición 2011).

Se calcula que en el país se producen 15 millones de toneladas de Materia Seca, con una producción promedio de 6 toneladas de MS/ha anualmente de esta cantidad el 50 % destinada a

pastoreo directo y el resto como forraje conservado (rollo o fardo de alfalfa pura o consociada) y en menor proporción para silo y henolaje empaquetado (Ciasfe, 2011). Al disminuir la superficie sembrada se han mejorado las variedades significativamente, de 8000 a 10000 kg MS/ha/año pasaron a más de 15000 kg/MS/ha/año (Claas, 2012).

Para poder realizar un adecuado análisis de esta especie en cuanto a su comportamiento en los primeros estadios de desarrollo y posterior establecimiento y producción, es necesario conocer sus características morfológicas. La alfalfa es una especie que presenta una semilla constituida por el funículo, el tegumento, el embrión y el albumen. El funículo es el que mantiene unida la semilla con el fruto, al secarse se desprende y forma una cicatriz llamada hilum. El tegumento o testa, es la capa externa que rodea el embrión y le brinda protección. El embrión originará la futura plántula y en él se pueden distinguir 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 epicótilo dará origen a las partes aéreas de la plántula. Por su parte la plúmula, que está formado por hojas, al desarrollarse originará el tallo. Los cotiledones, gruesos y carnosos, almacenan la mayor parte de su 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, que se inicia cuando la semilla comienza a embeberse de agua al estar en contacto con el suelo, la que desencadena una serie de transformaciones que se resume en el desarrollo de una raíz (partiendo de la radícula preexistente) y de un hipocótilo, que se alarga hasta sacar los cotiledones por encima de la superficie del suelo. Estos procesos se realizan a costa de las reservas existentes en la semilla. Para que la imbibición ocurra es necesario que se encuentre en el suelo humedad suficiente, condiciones mínimas de aireación, temperatura y de la calidad fisiológica de la semilla. Los procesos de germinación y emergencia se producen entre los primeros 3 a 7 días de la siembra. A medida que el desarrollo de la parte aérea de la plántula continua, el hipocótilo se alarga y expone los cotiledones por encima de la superficie del suelo. Posteriormente la plántula exhibe primero una hoja unifoliada y luego las hojas trifoliadas, también llamadas verdaderas. La parte radical de esta especie emerge cerca del hilum y de ella puede o no partir un variado número de raíces secundarias o laterales. El sistema radicular de la alfalfa puede clasificarse en cuatro tipos generales: pivotante, ramificada, rizomatosa y rastrera (Spada y Rodríguez 2007).

La elección de la semilla de alfalfa para la siembra está determinada por la calidad de la misma. Se consideran tres tipos de calidades: una calidad física, dada por el tamaño y contaminación con otras semillas (malezas); calidad fisiológica, dada por el grado de dureza y poder germinativo, y una calidad genética determinada por las características heredables de una variedad tales como grado de reposo invernal, comportamiento ante plagas y enfermedades, velocidad de rebrote, comportamiento en condiciones climáticas adversas (Funes, 2004).

En la implantación podemos diferenciar dos etapas. La primera implica colocar la semilla en el lugar y momento oportuno para lograr una adecuada germinación y la emergencia de los cotiledones. Durante la segunda etapa se inicia el crecimiento y desarrollo de la planta. En los procesos de implantación interactúan numerosos factores tales como la temperatura y la humedad del suelo (estrechamente ligado a la época de siembra), la calidad fisiológica y genética de la semilla y la eficiencia de la maquinaria de siembra (densidad y profundidad), los cultivos acompañantes, la preparación del suelo y el nivel de fertilidad y acidez del mismo. (Bobadilla, 2002).

El número de plantas de alfalfa logradas inicialmente es uno de los aspectos que más influye sobre la longevidad y producción de un alfalar. Un pobre establecimiento tiene efecto directo sobre el número y supervivencia de las plántulas logradas, favorece la instalación de especies no deseadas e influye en el rendimiento del forraje producido. Por eso, en primer lugar, es deseable conocer cuáles son las condiciones básicas necesarias para efectuar la siembra, limitar los riesgos de fallas de germinación y de emergencia y lograr la instalación del mayor número posible de plántulas por metro cuadrado. Estas tres etapas están influenciadas, entre otros factores, por la época en que se realiza la siembra. Esta debe coincidir principalmente con el momento en que se presentan condiciones adecuadas de humedad y temperatura del suelo y menores riesgos de aparición de malezas y plagas. Además, debe tenerse en cuenta una adecuada preparación de la cama de siembra, la temperatura del aire en el momento de desarrollo de las plántulas, la longitud del día y las variaciones climáticas y microclimáticas entre diferentes sitios. El movimiento del agua hacia el interior de la semilla es más rápido y la tasa de germinación aumenta a medida que se incrementa la temperatura del suelo, dentro de cierto rango óptimo (18 a 25 °C), debido a una mayor actividad metabólica de la semilla. Este movimiento del agua está relacionado con el contacto entre la semilla y el suelo. Un pobre contacto puede causar bajos porcentajes de germinación, por lo que la adecuada preparación de la cama de siembra influye sobre la emergencia de la radícula y los cotiledones. Las malezas, de rápido desarrollo y mejor adaptación a las condiciones del lugar, pueden ocupar los espacios no cubiertos por las plántulas de alfalfa (Becker, 2004).

Las semillas de alfalfa son capaces de iniciar la germinación con temperaturas de suelo inferiores a 5 °C, y cuando las temperaturas del aire son lo suficientemente bajas como para afectar su crecimiento posterior. Se considera que la temperatura óptima de germinación es de 18 a 25 °C. En estado de plántula, la alfalfa es muy sensible a las heladas y es necesario que haya desarrollado entre una y dos hojas trifoliadas antes que ocurran fríos tan fuertes como -6 °C. Estos fríos pueden además reducir fuertemente el número de plantas logradas, riesgo que se corre cuando se retrasa la siembra hacia fines de otoño. La planta de alfalfa adquiere resistencia al frío en la medida en que se le permita acumular reservas de hidratos de carbono (fuente de energía que utilizan las plantas para su crecimiento) en sus raíces y corona. Estas reservas permitirán a las plantas superar el invierno e iniciar un vigoroso rebrote en la primavera siguiente. En primavera, debido al incremento de la temperatura

del aire y del suelo, y de la cantidad de horas luz, las plántulas de alfalfa tienen un mayor desarrollo de tallos y hojas en relación al de raíces. Este menor desarrollo inicial de su sistema radical puede influir negativamente en el rendimiento de forraje durante el primer año. En esta época, las semillas de alfalfa germinan al mismo tiempo que la mayoría de las malezas, por lo que hay que prestar especial atención a su proliferación, y contemplar la aplicación de herbicidas. Debido a que es una época en la cual se incrementa la temperatura del aire y la velocidad del viento, no deben descuidarse los riegos para evitar el desecamiento de los primeros centímetros de suelo, cuando las semillas están en pleno proceso germinativo. Estas condiciones ambientales significan menores riesgos de heladas tardías para las siembras realizadas a partir de fines de octubre o principios de noviembre (Becker, 2004).

Dada la gran diversidad de suelos, climas y sistemas de producción en donde se realiza el cultivo de alfalfa, la elección del cultivar más adecuado resulta de vital importancia, no solo por el rendimiento de forraje anual y estacional sino además en lo que respecta a la resistencia a plagas y enfermedades. Relacionado a esto se encuentra el reposo invernal que es una característica genética de la alfalfa de permanecer en estado latente, para sobrevivir al rigor del invierno debido a la previa acumulación de hidratos de carbono en corona y raíz; esta característica está muy influenciada por el fotoperiodo, por lo tanto se puede decir que es el resultado del efecto combinado de días cortos y temperaturas frías. En cambio la latencia es una respuesta del cultivo de Alfalfa a un estrés climático; la planta respira pero no fotosintetiza, vive a expensas de sus reservas y depende de la temperatura y de la humedad. Por lo tanto a través del mejoramiento genético, se obtuvieron plantas con menor reposo invernal y mayor resistencia al frío, es decir, aquellos cultivares de reposo largo son aquellos que dejan de crecer con los primeros fríos y los cultivares sin reposo, son los que muestran algo de crecimiento aún con bajas temperaturas invernales (Basigalup y Rossanigo, 2007).

En función del reposo invernal la alfalfa se puede clasificar en distintos grados de reposo invernal (GRI), según se detalla en el Cuadro 1:

Cuadro 1. Agrupamiento de cultivares en diferentes grados de reposo invernal

GRI	NOMBRE DEL GRUPO
1	Extremadamente largo
2	Muy largo
3	Largo
4	Intermedio largo
5	Intermedio
6	Intermedio corto
7	Corto
8	Muy corto
9	Extremadamente corto
10	Sin reposo I
11	Sin reposo II

La pertenencia de las variedades a distintos grupos de reposo determina en gran medida la adaptación a ciertas áreas ecológicas, la producción total del forraje y su distribución estacional. En menor medida se asocia también a la persistencia y con algunos aspectos parciales de tolerancia a ciertas enfermedades y plagas. En líneas muy generales, las variedades sin reposo invernal se recomiendan para el NOA, Cuyo y toda la región Pampeana. Las variedades de reposo invernal moderado se recomiendan para toda la Región Pampeana y para alguna zona de la Región Patagónica. Y finalmente las variedades con reposo invernal se aconsejan para la Región Pampeana Sur y la Región Patagónica. Las variedades sin reposo invernal se utilizan en los sistemas pastoriles de producción lechera e invernada intensiva y también en la producción de heno bajo riego en las regiones del NOA y Cuyo. Las variedades con reposo invernal moderado se prefieren para la producción de carne o producción de henos en muchas zonas de la región Pampeana. A nivel mundial es considerado un cultivo fundamental para la producción agropecuaria en las regiones templadas. Es una especie esencial para muchos sistemas de producción agropecuaria, desde los intensivos a corral que la incluyen en la dieta animal como forraje cosechado y procesado (grupo 4), hasta los pastoriles que la utilizan en pastoreo directo (grupo 5, 6). 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 (grupo 7, 8, 9). Sin embargo, la dimensión real de su valor surge cuando se considera, además, 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 (grupo 10, 11) (Basigalup y Rossanigo, 2007).

HIPOTESIS:

- ❖ Las temperaturas extremas afectan la germinación y emergencia de alfalfa, independientemente del cultivar.
- ❖ Los distintos grados de reposo invernal de alfalfa, modifican el número de días desde germinación a emergencia en condiciones óptimas y extremas de temperatura.

OBJETIVO GENERAL:

- ❖ Determinar el efecto de la temperatura sobre la germinación y emergencia de plántulas de alfalfa con distintos grados de reposo invernal.

OBJETIVO ESPECÍFICO:

- ❖ Cuantificar los días a aparición de cotiledones, primera hoja unifoliada y hoja trifoliadas de cultivares de alfalfa con diferente grado de reposo invernal y diferentes temperaturas.

MATERIALES Y METODOS:

El presente trabajo fue desarrollado en el Laboratorio de semillas de la Cátedra de Genética situada en el campo experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto.

Los cultivares utilizados fueron:

- 1) Cv I (GRI 6) Pinto: multiflora, de buena resistencia a enfermedades de raíz, altamente resistente a pulgón moteado y verde, fitoftora, fusariosis y atracnosis.
- 2) Cv II (GRI 8) CW 830: buena sanidad foliar, muy destacada bajo pastoreo directo, muy alta producción invernal. Alta tolerancia a heladas. Muy alta resistencia a plagas y enfermedades. Altamente resistente a pulgón verde, azul y moteado; fitoftora, fusariosis y atracnosis.
- 3) Cv III (GRI 10) WL 1508: desarrollado para las explotaciones lecheras que someten sus parcelas a alta carga animal y rotación. Sobresaliente potencial de producción invernal y alta velocidad de rebrote. Excelente sanidad y muy persistente. Alta resistencia combinada a pulgón moteado, verde y azul. Resistente a nematodos del tallo y nematodos de la raíz. Altamente resistente a fusariosis, antracnosis y fitoftora.

Se evaluaron los tres cultivares de alfalfa en tres temperaturas diferentes, una a 20° C (Testigo) siendo esta la temperatura óptima para el desarrollo de alfalfa, otra a 10° C (Tratamiento 1), y por último a 30° (Tratamiento 2).

El diseño experimental fue una factorial 3 x 3 ya que consiste en tres grupos de alfalfa de distinto reposo invernal y tres temperaturas.

El proceso se realizó usando para cada grupo una bandeja de germinación que consta de 200 orificios, los cuales representan cada uno de ellos una repetición; el sustrato a utilizar fue arena esterilizada y en cada orificio se sembraron tres semillas de alfalfa para que luego de que germinaran dejar solo una, de esta manera se asegura disponer de una planta por orificio. Diariamente se evaluaron los días desde germinación hasta emergencia de los cotiledones, aparición de la primera hoja unifoliada, aparición de la primera hoja trifoliada, también llamada hoja verdadera, esto se repitió para cada una de las temperaturas evaluadas. Para llevar a cabo adecuadamente el estudio según las temperaturas evaluadas. La cámara de germinación se reguló en función de los parámetros deseados como puede observarse en la Figura 1, simulando condiciones climáticas reales, para ello se utilizaron diferentes temperaturas durante el día, aparentando las condiciones ambientales que ocurren en siembras de primavera (30°C), óptimas (20°C) y tardías de otoño invierno (10°C).

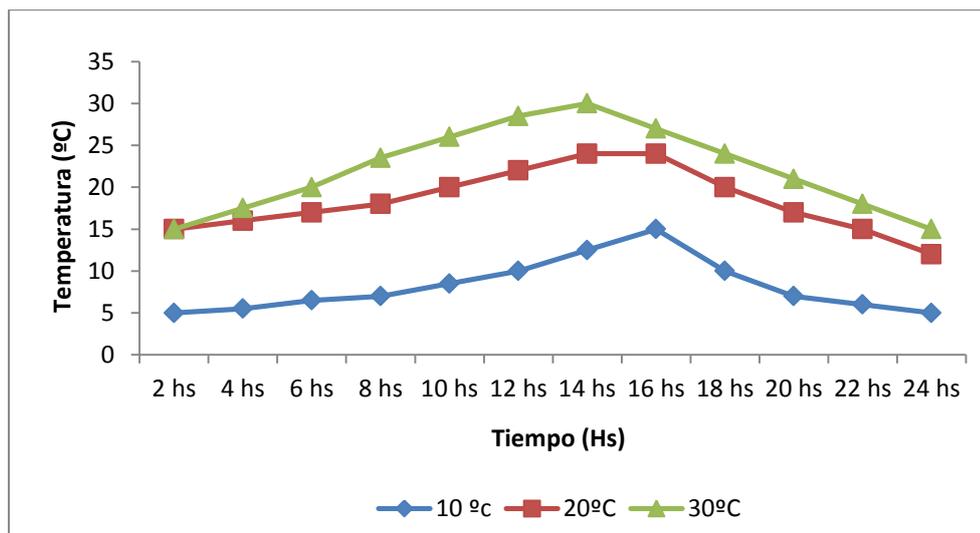


Figura 1. Variación de temperatura y horas de luz de la Cámara a 30°C con luz de las 7 a las 19 hs; a 10°C con luz desde las 8:30 hasta 17:30 hs. y 20°C con luz desde las 12 a 24 hs.

Se diseñó una planilla para registrar los datos observados de los distintos grupos a las distintas temperaturas durante el ensayo.

Se realizó un análisis de calidad de semillas; utilizando las Normas ISTA (2007) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Normas ISTA para ensayo de germinación, donde se indica para cada especie el sustrato a utilizar, la temperatura, el primer conteo, el conteo final y las recomendaciones para romper dormancia.

Species	Prescriptions for:				Additional directions including recommendations for breaking dormancy
	Substrate	Temperature °C	First count (days)	Final count (days)	
1	2	3	4	5	6
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	TP	25	4	10	H ₂ SO ₄
<i>Macroptilium latyroides</i>	TP	25	4	10	H ₂ SO ₄
<i>Macrotyloma axillare</i>	BP	25	4	10	H ₂ SO ₄ ; Cut seed
<i>Macrotyloma uniflorum</i>	TP; S	20-30; 25	4	10	Cut seed
<i>Medicago arabica</i>	TP; BP	20	4	14	-
<i>Medicago italica</i>	TP; BP	20; 15	4	14	-
<i>Medicago litoralis</i>	TP	20	4	14	-
<i>Medicago lupulina</i>	TP; BP	20	4	10	Prechill
<i>Medicago orbicularis</i>	TP; BP	20	4	10	Prechill
<i>Medicago polymorpha</i>	TP; BP	20	4	14	-
<i>Medicago rugosa</i>	TP; BP	20	4	14	-
<i>Medicago sativa</i>	TP; BP	20	4	10	Prechill
<i>Medicago scutellata</i>	TP; BP	20	4	14	-

Referencia: TP: sobre papel; BP: entre papel.

Para alfalfa estas normas señalan que la germinación debe realizarse con 400 semillas a una temperatura de 20°C, y el sustrato papel de germinación. Se colocaron a germinar 50 semillas en

cajas de petri, con un total de 8 repeticiones, previamente se les colocó en su base papel de germinación con 2.5 g de agua por gramos del papel, esta es la humedad correcta para la imbibición de las semillas proceso inicial de desarrollo. Luego de realizada la siembra se colocaron las cajas de petri en cámaras de germinación que mantiene la temperatura deseada y la humedad del cien por ciento.

El análisis culminó al cabo de 10 días, siendo la primer lectura realizada a los 4 días de iniciado el ensayo, donde se observó la cantidad de semillas germinadas siendo la misma la Energía Germinativa y al transcurrir los 10 días indicados en las normas ISTA se realizó la evaluación determinando el porcentaje de plántulas normales, es decir el Poder Germinativo (%), anormales, duras, frescas y muertas. Los porcentajes de energía germinativa (EG) y poder germinativo (PG) se analizaron estadísticamente para asegurar que las muestras de semillas a utilizar no presenten diferencias significativas entre ellas en cuanto a esos parámetros (Cuadro 3).

Cuadro 3: Resultados del Análisis de Calidad de semilla

	Recuento al 4° día	PG
GRI	%	%
cv I	72 a	83,5
cv II	68 ab	83,5
cv II	80,5 b	90,5
Valor de F	*	<i>Ns</i>
CV	7,41	8,30

* diferencias significativas $p \leq 0.05$ ns: sin diferencias

Procesamiento de datos: Los datos se analizaron y procesaron con el software INFOSTAT. El análisis de datos se realizó por medio del análisis de Variancia y los promedios se compararon por medio del test de DUNCAN utilizándose el programa INFOSTAT 2008.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La interpretación y análisis de los resultados se realizaron en forma separada para cada uno de los estadíos.

Estadio cotiledonar:

La aparición de los cotiledones en función del tiempo (%) se presenta en la Cuadro 4. Se observan diferencias significativas entre cultivares durante todo el periodo de estudio en este estadío (25 días), mientras que, el efecto de la temperatura y la interacción (cultivar por temperatura), fue significativo durante los primeros 10 y 15 días desde la siembra.

Cuadro 4: Porcentaje de aparición de cotiledones en el tiempo (dds) de tres cultivares de Alfalfa de diferentes GRI (cv I, cv II, cv III) a tres temperaturas (10°C, 20°C y 30°C).

Tratamientos		Tiempo (dds)				
		5	10	15	20	25
		%				
Cultivar	cv I	7,8 B	75,9 A	96,3 A	97,7 A	97,7 A
	cv II	22,0 A	68,7 B	89,5 B	90,6 B	90,6 B
	cv III	27,6 A	69,7 B	92,0 B	93,0 B	93,3 B
Temperatura	10°C	0,0 C	29,5 B	89,9 B	92,5	92,5
	20°C	53,6 A	93,1 A	93,7 AB	94,2	94,2
	30°C	3,8 B	91,7 A	94,2 A	94,8	94,8
Valor de F	Cultivar	*	*	*	*	*
	Temperatura	*	*	*	ns	ns
	Cultivar x T°	*	*	ns	ns	ns
CV %		15,03				

Referencia: letras mayúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias significativas $p \leq 0,005$ ns sin diferencia significativa.

Durante los primeros 5 días el cv I (GRI 6) presentó una menor tasa de aparición de cotiledones (7,8%), en comparación con cv II (GRI 8) y cv III (GRI 10) cuyos porcentajes de aparición de cotiledones fueron de 22,0% y 27,6% respectivamente, estos dos cultivares difirieron significativamente del cv I pero no entre ellos, a partir de ese momento este cultivar presentó un elevado incremento de la tasa de aparición de cotiledones, pasando de 7,8 % a 75,9 % a los 10 días desde la siembra, siendo los porcentajes significativamente mayor ($p \leq 0.05$) que los otros cultivares. Esta tendencia se mantuvo hasta finalizar el estadío, mientras que los otros cultivares fueron inferiores al cv I pero no difirieron estadísticamente entre si.

En relación a la temperatura e independientemente del cultivar, a los 5 días desde la siembra los porcentajes más altos de aparición de cotiledones se registraron a 20°C (53,6% de las plantulas

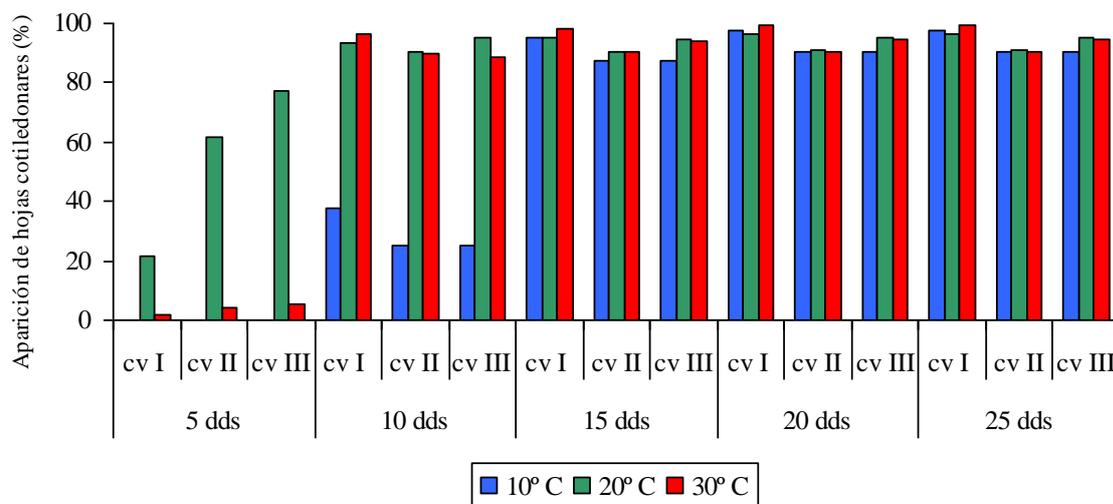
emergidas). A 30°C el porcentaje fue de 3,8%, mientras que, a 10°C no hubo emergencia de cotiledones.

A los 10 días desde la siembra no se registraron diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de aparición de cotiledones entre temperaturas de 20 y a 30°C (93,1 y 91,7% respectivamente), pero si hubo entre estas y los porcentajes obtenidos a 10°C (29,5%), valores que se incrementaron significativamente alcanzando valores que sólo fueron significativamente menores que los obtenidos a 30°C. A partir de los 20 días desde la siembra, la tasa de aparición de cotiledones no presentó diferencias significativas entre las temperaturas. Observándose una estabilización y altos porcentajes en la germinación a partir de esa fecha.

La evolución en el tiempo de la aparición de cotiledones de los cultivares para cada una de las temperaturas en estudio se presentan en el Cuadro 5 y Figura 2, donde es posible observar que a los 5 días desde la siembra, para los tres cultivares en estudio se registró un mayor porcentaje de aparición de cotiledones a 20°C y nulo a 10°C, comportándose de manera intermedia la temperatura de 30°C. A los 10 días desde la siembra los mayores porcentajes de aparición de hojas cotiledonares se presentaron, en el cv I y II, a 20°C y 30°C, no existiendo diferencias estadísticas entre ellas y si difirieron con la temperatura de 10°C, en la cual se presentaron los menores porcentajes de desarrollo. En el caso del cv III, las tres temperaturas generaron diferentes resultados, siendo mayor el porcentaje a 20°C, luego a 30°C y en menor lugar a 10°C. Luego de los 15 días no se encuentran diferencias significativas entre las temperaturas evaluadas.

A temperaturas de 20°C sólo se observaron diferencias significativas a los 5 días desde la siembra, donde el cv III (GRI 10) presentó los porcentajes más altos, valores intermedio se observaron en cv II (GRI 8) y los mas bajos en el cv I (GRI 6).

En las temperaturas extremas, a 10°C la emergencia de cotiledones comienza a partir de los 10 días desde la siembra, el cv I presentó valores significativamente mayores que los otros cultivares, situación que se mantuvo hasta el final del estadio. En la temperatura más alta (30°C) si bien, los cotiledones comienzan a emerger a los 5 días desde la siembra, los porcentajes son muy bajos y no hay diferencia entre los cultivares. Desde los 10 días desde la siembra el cv I presentó los valores mas altos, difiriendo a los 10 días del cv III y a los 15 días del cv II. Hasta el final del estadio el cv I difirió significativamente de cv II y cv III y no hubo diferencias entre ellos.



TRATAMIENTOS		Tiempo (dds)				
		5	10	15	20	25
		%				
cv I	10°C	0,0 c	37,9 b	95,3	97,0	97,4
	20°C	21,4 a	93,3 a	95,5	96,0	96,3
	30°C	2,0 b	96,5 a	98	100	99,5
cv II	10°C	0,0 c	25,3 b	87,2	90,0	90,1
	20°C	61,9 a	90,7 a	90,7	91,0	91,1
	30°C	4,0 b	90 a	90,5	91,0	90,5
cv III	10°C	0,0 c	25,3 c	87,2	90,0	90,1
	20°C	77,4 a	95,4 a	94,9	95,0	95,3
	30°C	5,5 b	88,5 b	94,0	95,0	94,5

Figura 2 y Cuadro 5: Porcentaje de aparición de cotiledones en el tiempo (dds) de tres cultivares de Alfalfa de diferentes GRI (cv I, cv II, cv III) a tres temperaturas (10°C, 20°C y 30°C). Referencia: letras minúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias significativas $p \leq 0,005$. ns sin diferencia significativa.

Estadio de hojas unifoliadas:

El porcentaje de aparición de hojas unifoliadas en el tiempo (en días desde la siembra) se representa en el Cuadro 6, donde se observan diferencias significativas en las distintas temperaturas de estudio y en los distintos cultivares.

Cuadro 6: Porcentaje de aparición de Hojas Unifoliadas en el tiempo (dds) de tres cultivares de alfalfa de diferentes GRI (cv I, cv II, cv III) a tres temperaturas (10°C, 20°C y 30°C).

Tratamientos	Tiempo (dds)										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	
	%										
Cultivar	cv I	0 B	43,1 B	60,7	63,9	76,9 A	81,2 A	84	89,2	88,4	88,5
	cv II	7,5 A	51,9 A	58,7	61,2	70,6 B	73,8 B	80,1	85	85,1	85,1
	cv III	7,7 A	50,9 A	61,4	62,6	70,5 AB	75,5 AB	81,9	83,1	84,7	87,4
Temperatura	10°C	0 B	0 C	1,5 C	2,6 B	34 C	46,6 C	61,9 C	73,2 C	74,2 C	77 C
	20°C	14,2 A	86,7 A	92,4 A	93,7 A	94,6 A	94,6 A	94,8 A	94,8 A	94,7 A	94,7 A
	30°C	1 B	59,2 B	87 B	91,3 A	89,3 B	89,3 B	89,3 B	89,3 B	89,3 B	89,3 B
Valor de F	cultivar	*	*	ns	n s	*	*	ns	ns	ns	ns
	temperatura	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	cultivar x T°	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV %	19,75										

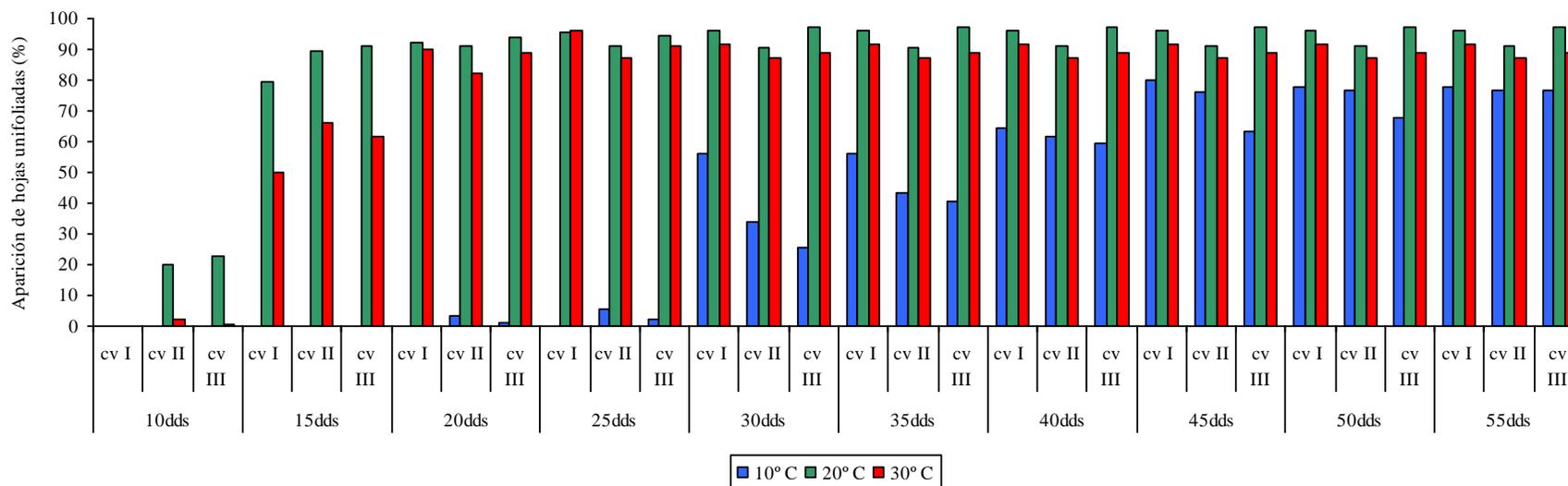
Referencia: letras mayúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias significativas $p \leq 0,005$ ns sin diferencia significativa.

La interacción cultivar por temperatura para el estadio de hojas unifoliadas se presentan en el cuadro 7 y figura 3. donde se observa que a los 10 días después de la siembra el cv I no presentó diferencias estadísticas entre las tres temperaturas, mientras que en los cv II y III a 20 °C lograron un desarrollo superior y estadísticamente diferente a 10 y 30°C. A los 15 dds para los tres cultivares el mayor resultado se dio a 20 °C, luego a 30°C y por último a 10°C y desde esta fecha en adelante, para los tres cultivares los resultados más altos de aparición de hojas unifoliadas se presentaron a las temperaturas de 20 y 30°C, no difiriendo entre si, pero si con la temperatura de 10°C, con la cual se registraron los menores valores.

En general las temperaturas extremas afectan en diferentes grados, la emergencia de hojas unifoliadas, (Cuadro 7 y Figura 3), donde se observa y evidencia un sensible retraso en la aparición de las mismas, cuando el proceso se desarrolla a temperaturas de 10°C pudiendo ser de 20 a 25 días, si se lo compara con temperaturas óptimas. A 30°C el efecto es mas leve, siendo el mismo de 10 días. A diferencia de lo que ocurre en temperaturas de 20 y 30°C, se observó un comportamiento diferencial cuando los cultivares crecieron a temperaturas bajas, el cv I (GRI 6) presentó los porcentajes mas altos de emergencia de hoja unifoliada, sin alcanzar los máximos de emergencia logrados a temperaturas de 20 y 30°C, mientras que, el cv III (GRI 10) fue el mas afectado por las bajas temperaturas.

Al analizar los cultivares desde la siembra hasta el final del periodo de estudio, se observaron diferencias significativas durante los primeros 15 días desde la siembra y a los 30 y 35 días; a partir de 20 y 25 días y del día 40 hasta finalizar el periodo no se observaron diferencias significativas. Durante los primeros 15 días después de la siembra, el cv II y el cv III presentaron mayor porcentaje de aparición de hojas unifoliadas que el cv I, difiriendo estadísticamente. A los 30 y 35 días, esta situación se revirtió, ya que como puede observarse en el cuadro 6, el cv I en este momento fue estadísticamente superior a los otros cultivares en cuanto al porcentaje de aparición de hojas unifoliadas.

Teniendo en cuenta las distintas temperaturas, se puede observar que durante todo el periodo de estudio, las mismas difirieron estadísticamente entre sí, donde a nivel general, se presentan los mayores porcentajes de aparición de hojas unifoliadas a 20°C y los menores a 10°C.



TRATAMIENTOS	Tiempo (dds)											
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	55	
	%											
cv I	10°C	0,0	0,0 c	0,0 b	0,0 b	42,9 b	56,1 b	64,3 b	79,9 b	77,7 b	77,7 b	77,7 b
	20°C	0,0	79,4 a	92,2 a	95,6 a	96,1 a	96,1 a	96,1 a				
	30°C	0,0	50,0 b	90,0 a	96,0 a	91,6 ab	91,6 ab	91,6 ab				
cv II	10°C	0,0 b	0,0 c	3,13 b	5,6 b	33,7 b	43,4 b	61,7 b	76,4	76,9	76,9	76,9
	20°C	19,9 a	89,6 a	91,1 a	91,1 a	90,7 a	90,7 a	91,2 a	91,2	91,1	91,1	91,1
	30°C	2,5 b	66,0 b	82,0 a	87,0 a	87,4 a	87,4 a	87,4 a	87,4	87,4	87,4	87,4
cv III	10°C	0,0 b	0,0 c	1,4 b	2,2 b	25,5 c	40,3 c	59,7 c	63,3 c	68,1 c	76,4 b	76,4 b
	20°C	22,6 a	91,2 a	93,9 a	94,6 a	97,1 a	97,0 a	97,0 a				
	30°C	0,5 b	61,5 b	89,0 a	91,0 a	89,0 b	89,0 b	88,9 b				

Figura 3 y Cuadro 7: Porcentaje de aparición de hojas unifoliadas en el tiempo (dds) de tres cultivares de Alfalfa de diferentes GRI (cv I, cv II, cv III) a tres temperaturas (10°C, 20°C y 30°C). Referencia: letras minúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias significativas $p \leq 0,005$. ns sin diferencia significativa

Estadio de hojas trifoliadas:

Los porcentajes de aparición de hojas trifoliadas se presentan en el Cuadro 7, donde se observa que durante el periodo de estudio, hasta los 40 días después de la siembra no hubo diferencias significativas por efecto del cultivar, pero si las hubo en el resto del periodo, donde el cv I fue significativamente superior al resto de los cultivares, mientras que cv II y cv III difirieron ($p \leq 0.05$) entre sí a los 50 y 55 días de crecimiento pero no a los 45 días.

Cuadro 8: Porcentaje de aparición de hojas trifoliadas en el tiempo (dds) de tres cultivares de Alfalfa de diferente GRI (cv I, cv II, cv III) a tres temperaturas (10°C; 20°C y 30°C).

		Tiempo (dds)															
		20	25	30	35	40	45	50	55								
Tratamientos		%															
Cultivar	cv I	1,5	14,0	27,0	37,4	43,0	52,3	A	63,6	A	67,3	A					
	cv II	4,66	18,0	32,0	42,1	45,7	49,8	B	54,2	B	58,4	B					
	cv III	2,2	14,8	28,1	42,5	45,7	46,0	B	46,9	C	48,8	C					
Temperatura	10°C	0	B	0	C	0	C	0,2	C	0,3	C	14	C	30,6	C	40,4	C
	20°C	1,3	A	14,1	B	39,5	B	73,0	A	85,2	A	67,7	A	85,2	A	85,2	A
	30°C	7,1	A	32,7	A	47,5	A	48,9	B	48,9	B	48,9	B	48,9	B	48,9	B
Valor de F	Cultivar	ns															
	Temperatura	*															
	cultivar x T°	*															
CV %		36,83															

Referencia: letras mayúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias significativas $p \leq 0,005$ ns sin diferencia significativa.

La temperatura y la interacción de esta con el cultivar, afectaron significativamente la aparición de hojas trifoliadas durante todo el estadio.

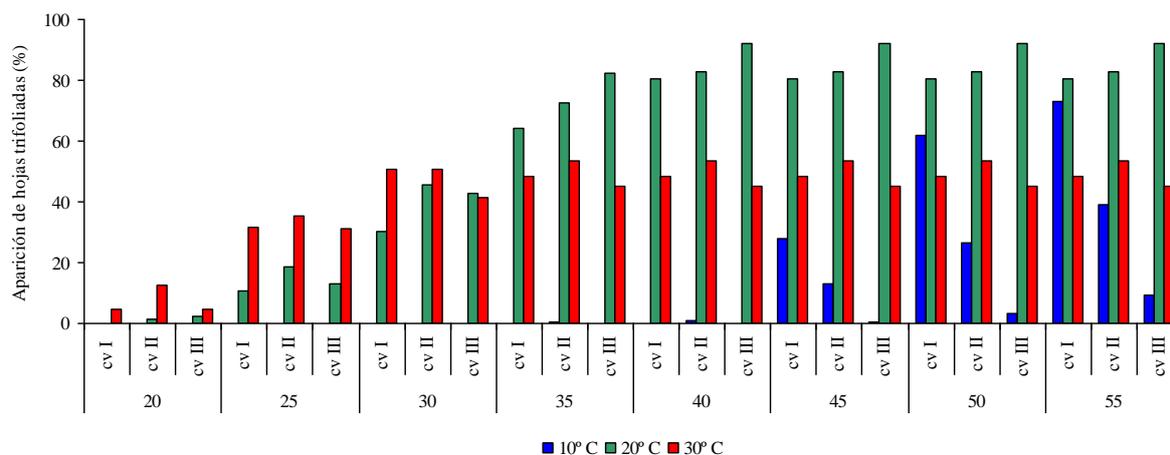
Hasta los 30 días de iniciado este estadio con temperaturas de 30°C la aparición de hojas trifoliadas fue significativamente mayor que a 20 y 10°C y a su vez hubo diferencias entre ellos. A partir de los 35 días el crecimiento de hojas trifoliadas fue mayor a 20°C y el menor porcentaje se presentó a 10°C.

La interacción cultivar por temperatura para el estadio de hojas trifoliadas se presentan en el cuadro 9 y figura 4, donde puede observarse que el cv I (GRI 6) durante los primeros 30 días presentó mayor porcentaje de hojas trifoliadas a 30°C, mostrando diferencias significativas con respecto a 20°C. Mientras que a 10°C no se observó aparición de dichas hojas. A los 35 días a 20°C se observaron porcentajes mayores, no mostrando diferencias significativas con respecto a 30°C. A los

40 días desde la siembra el porcentaje fue mayor a 20°C y menor a 30°C, presentando diferencias significativas entre ellas. Este comportamiento se observó hasta el final del experimento.

En el cultivar cv II (GRI 8), logró el mayor porcentaje de hojas trifoliadas cuando fue sometido a 30°C durante los primeros 30 días, siendo en esta fecha sin diferencia estadística con 20°C, posteriormente, desde los 35, 40 y 55 días, esto cambió, ya que a 20°C fue cuando se dieron los valores más altos. A 10°C se obtuvieron los menores valores y nulos en los primeros días. En el cv III (GRI 10) se observó, a lo largo de todo el periodo analizado, un mayor porcentaje de aparición de hojas trifoliadas a 20°C y el menor a 10°C.

El efecto de la interacción cultivar por temperatura sobre la tasa de aparición de hojas trifoliadas se puede observar en la Figura 4 y Cuadro 9, en donde se destaca en general que a medida que aumenta la temperatura se acelera la aparición de la primera hoja verdadera, pero en temperaturas extremas los porcentajes están por debajo de los valores alcanzados en temperaturas óptimas (20°C). Este comportamiento es similar al observado en el estadio de hoja unifoliada.



TRATAMIENTOS		Tiempo (dds)							
		20	25	30	35	40	45	50	55
		%							
cv I	10°C	0,0	0,0 c	0,0 c	0,0 b	0,0 c	28,1 c	62,0 A	73,0 a
	20°C	0,0	10,5 b	30,3 b	64,0 a	80,6 a	80,6 a	80,6 A	80,6 b
	30°C	4,5	31,5 a	50,5 a	48,3 a	48,3 b	48,3 b	48,3 B	48,3 b
cv II	10°C	0,0 b	0,0 c	0,0 b	0,5 C	0,8 c	13,2 ab	26,4 C	39,0 c
	20°C	1,5 a	18,6 b	45,6 a	72,5 a	82,9 a	82,9 b	82,9 B	82,9 a
	30°C	12,5 a	35,5 a	50,5 a	53,3 b	53,3 b	53,3 a	53,3 A	53,3 b
cv III	10°C	0,0 b	0,0 c	0,0 b	0,0 C	0,0 c	0,7 c	3,5 C	9,1 c
	20°C	2,3 ab	13,2 b	42,7 a	82,4 a	92,1 a	92,1 a	92,1 A	92,1 a
	30°C	4,4 a	31,1 a	41,5 a	45,1 b	45,1 b	45,1 b	45,1 B	45,1 b

Figura 4 y Cuadro 9: Porcentaje de aparición de hojas trifoliadas en el tiempo (dds) de tres cultivares de Alfalfa de diferentes GRI (cv I, cv II, cv III) a tres temperaturas (10°C, 20°C y 30°C).

Referencia: letras minúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias significativas $p \leq 0,005$ ns sin diferencia significativa.

En relación a los resultados obtenidos, las fases iniciales de desarrollo del cultivo de alfalfa, están influenciado por las características, estructuras, partes de la semilla y el proceso de germinación (Basigalup, 2007).

La temperatura puede afectar en gran medida el crecimiento de las plantas de alfalfa. Donde temperatura óptima para el crecimiento de alfalfa fue de aproximadamente 20°C. Además, ha demostrado que, elevando 4°C se puede promover la tasa de fotosíntesis y por lo tanto la acumulación de materia seca, pero un aumento de la temperatura por encima de los 20°C produce daño en el crecimiento de la alfalfa. Es de vital importancia entender las características de la alfalfa con respecto

a la tolerancia al frío y la sensibilidad al calor para una producción estable y mejorar la calidad. (Yiwei *et al* 2011).

También se plantea que la exposición de las plantas a un medio enriquecido de CO₂ a largo plazo por lo general conduce a un aumento de la biomasa de la planta, área foliar total y las alteraciones en hoja a la tasa de fotosíntesis neta, conductancia estomática y a la eficiencia del uso de agua. Sin embargo la magnitud de tales efectos depende de la disponibilidad de otros recursos potencialmente limitantes como temperatura y disponibilidad de agua. Se encontró que la fijación de CO₂ se ve forzada por el aumento de la temperatura y no se observaron efectos positivos de los niveles elevados de CO₂ a altas temperaturas. Temperaturas de 4 °C sobre la normal (18°C) provocaron un incremento en la producción de materia seca, de plántulas de alfalfa creciendo sin restricciones hídricas y elevadas concentraciones de CO₂, debido a la estimulación de la tasa de fotosíntesis, un incremento en área foliar y una mejora en la eficiencia del uso del agua (Aranjuelo *et al* 2005).

Por su parte, Funes (2004) indica que alfalfa requiere suelos profundos y bien aireados, que está adaptada a resistir sequías prolongadas, pero es muy sensible a la falta de oxigenación producida por anegamiento. En estado de plántula y suelos muy saturados en agua, temperaturas superiores a 30°C producen efectos letales en la misma aunque las plántulas adultas son más tolerantes a estos efectos.

La Alfalfa germina en un rango de temperaturas que se encuentra entre los 5°C y los 35°C. El óptimo se ubica entre los 19°C a 25°C y a los 10°C esta el mínimo requerido para su normal crecimiento inicial (Duarte 2007).

El área foliar en plena expansión es afectada por la temperatura, donde los valores máximos se obtienen con temperaturas próximas a los 20-25°C. Y que a temperaturas menores a la óptima, el área foliar disminuye gradualmente; y a temperaturas mayores, el área foliar disminuye más rápidamente. (Cangiano 2007).

El fotoperíodo y la temperatura del suelo influyen en el desarrollo de plántulas de alfalfa debido a que afectan la tasa de crecimiento y la asignación de los productos de la fotosíntesis al desarrollo de tallos y raíces, no todos los cultivares presentan la misma respuesta, las plántulas de cultivares con reposo invernal intermedio a largo están influenciados en igual medida por el fotoperíodo y la temperatura del suelo, mientras que el desarrollo de plántulas de cultivares con reposo invernal corto es esencialmente independiente del fotoperíodo pero está fuertemente influenciada por la temperatura del suelo (Mueller *et al*, 2007).

Barbarossa (2007) señala que el período crítico de la alfalfa es entre estado de cotiledones y hojas unifoliadas, donde es muy sensible al frío y que superando esta etapa las plántulas pueden soportar las heladas y el daño es más severo cuando falta humedad.

En base a los antecedentes y trabajos vinculados con la etapa de implantación del cultivo de alfalfa y los resultados presentados en condiciones controladas de crecimiento con cultivares representativos de tres grupos de reposo invernal, se desprende la existencia de diferencias entre ellos, sometidos a temperaturas por encima y por debajo de la óptima. Dicho comportamiento se manifestó en un retraso importante en la aparición de estructuras foliares en los diferentes estadios, siendo mas acentuado este efecto en temperaturas por debajo del óptimo, de lo antedicho surge, que el cv I (GRI 6) sin alcanzar los valores observados a 20°C es el que presentó el mejor comportamiento, mientras que en temperaturas por encima de la óptima los cv II y III (GRI 8 y GRI 10) fueron superiores.

CONCLUSIONES:

Las etapas iniciales de establecimiento del cultivo de Alfalfa son afectadas por las temperaturas extremas.

Cuando las temperaturas son menores a la óptima, situación que puede darse en siembras tardías de otoño invierno se debería utilizar aquellos cultivares de reposo invernal intermedio a largo, por su mejor respuesta a bajas temperaturas.

En el caso de optar por siembras primaverales, que no son muy habituales, la elección de cultivares no tendría relevancia, dado que las temperaturas por encima de 30°C influyen de igual manera en los tres grupos evaluados.

BIBLIOGRAFIA

- ❖ ARANJUELO I, J. S. IRIGOYEN, M. SÁNCHEZ-DÍAZ, 2005. **Effect of elevated temperature and water availability on CO₂ exchange and nitrogen fixation of nodulated alfalfa plants.** Elsevier B.V. Panplona. España. 99-108 p.
- ❖ BARBAROSSA, R. 2007. **Fruticultura y diversificación.** 55° edición, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ediciones INTA. General Roca, Río Negro. Capítulo 3 “Claves para el logro de un alfalfar de alta producción. 10-17 p.
- ❖ BASIGALUP, D. H y R, ROSSANIGO. 2007. **El cultivo de la Alfalfa en la Argentina.** Editor Basigalup, D. H. Ediciones INTA. EEA Manfredi. Capítulo 1 “Panorama actual de la alfalfa en la Argentina.” 13-25 p.
- ❖ BECKER, G. 2004. **Alfalfa: ¿sembrar a fines de verano o en primavera?** Área de Recursos Naturales INTA EEA Bariloche.
- ❖ BOBADILLA, S. 2002. **Alfalfa: Para lograr una buena implantación.** Carpeta Técnica Oct. /2002, Estación Experimental Agroforestal Esquel Patagonia Argentina.
- ❖ CANGIANO, C. 2007. **El cultivo de la Alfalfa en la Argentina.** Editor Basigalup, D. H. Ediciones INTA. EEA Manfredi. Capítulo 12 “Crecimiento y manejo de la defoliación”. 247-276 p.
- ❖ CIASFE (Colegio de Ingenieros Agrónomos de la provincia de Santa Fe) y grupo Todo Agro. 2011. **3 días a pura alfalfa. Terceras Jornadas Nacionales de alfalfa.** Rafaela, Santa Fe.
- ❖ CLAAS. 2012. Blog oficial de CLAAS Argentina. www.smartfarming.com.ar/2012/12/la-produccion-animal-necesita-alfalfa-2/ . Consultado: 21-09-2013.
- ❖ D’ATTELLIS, R. A. 2005. **Alfalfa (Medicago sativa) producción de semilla.** Dirección Provincial de Programación del Desarrollo Ministerio de Producción y Desarrollo Gobierno de la Provincia de Catamarca Tinogasta, Catamarca.
- ❖ DUARTE, G. 2007. **Fertilización de Alfalfa.** Asesor Crea América. www.produccion-animal.com.ar Buenos Aires. Consultado: 18-11-2013

- ❖ FUNES, M. O. 2004. **La alfalfa en San Luis**. E.E.A. INTA San Luis. www.produccion-animal.com.ar San Luis. Consultado: 12-10-2013

- ❖ ISTA International Seed Testing Association, actualización 2007.

- ❖ MUELLER, S y L. TEUBER. 2007. **Alfalfa growth and development**. Irrigated Alfalfa Monagerment for Mediterruneon and desert zones. Publication 8289. Champer 3. 1-9p. University of California.

- ❖ OTONDO, J., M. CICCHINO, M. CALVETTY. 2009 **Mezclas base alfalfa en un sistema de invernada de la Cuenca del Salado**. EEA Cuenca del salado, INTA.

- ❖ SPADA, C. y N. RODRIGUEZ. 2007. **El cultivo de la Alfalfa en la Argentina**. Editor Basigalup, D. H. Ediciones INTA. EEA Manfredi. Capítulo 2 “Morfología de la Alfalfa”. 27-44 p.

- ❖ YIWEI, M.; L. GUOBIN; S. WEIQI; X. JIANGHUI. 2011. **Metabolic responses of Alfalfa (Medicago sativa L.) leave to low and high temperature induced stresses**. Academy of Tropical Agricultural Science, Zhanjiang 524091, China.