

## Efecto de la temperatura y fotoperíodo durante la germinación y emergencia de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con distintos grados de reposo invernal

Julieta Bonvillani<sup>1\*</sup>; Alfredo Ohanian<sup>1</sup>; Sergio González<sup>1</sup>; Nicolás Salusso<sup>1</sup>; Ignacio Ohanian<sup>1</sup>; Telmo Pereyra<sup>1</sup>; Agustina Pagliaricci<sup>1</sup>; Héctor Pagliaricci<sup>1</sup>

1- Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Agronomía y Veterinaria

### Palabras clave

Estadíos fenológicos,  
variables ambientales,  
cultivares alfalfa,  
temperatura,  
fotoperíodo

**RESUMEN.** Alfalfa es la especie forrajera más difundida a nivel mundial y nacional. El mercado ofrece una gran cantidad de variedades según distintas características. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de temperatura y fotoperíodo (simulando condiciones de otoño y primavera) sobre germinación de semillas y emergencia de plántulas de alfalfa de diferentes grupos de reposo invernal (GRI). El ensayo fue realizado en cámara de germinación y se comparó porcentaje de aparición de hojas cotiledonares, hoja unifoliada y hoja trifoliada y peso de plántulas, a distintos días después de la siembra (DDS). Las temperaturas medias utilizadas fueron; 10, 20 y 30 °C y los GRI fueron: intermedio (6) y extremadamente corto (10). En cuanto a temperaturas, hubo diferencias significativas para 20 °C en favor de un mayor porcentaje de aparición de hoja cotiledonar a los 5 DDS, de hoja unifoliada a diferentes DDS, y de hoja trifoliada a los 55 DDS. El peso de plántulas fue estadísticamente menor para 30 °C en todas las etapas analizadas, mientras que el mayor peso se midió en la temperatura de 20 °C para todas las etapas, sin diferencias con 10 °C excepto en etapa de hoja unifoliada. En cuanto al GRI, se observan diferencias significativas para mayor porcentaje de aparición de hojas cotiledonares y hojas trifoliadas en GRI 6. Se concluye que cuando las temperaturas son menores a la óptima en siembra, se deberían utilizar GRI intermedios a largos.

**Citar como:** Bonvillani, J.; Ohanian, A.; González, S.; Salusso, N.; Ohanian, I.; Pereyra, T.; Pagliaricci, A.; Pagliaricci, H. (2019). Efecto de la temperatura y fotoperíodo durante la germinación y emergencia de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con distintos grados de reposo invernal *Revista Científica FAV-UNRC Ab Intus* 3 (2): 21-30

Recibido: 21-11-18 - Aceptado: 02-5-19

\* **Autora para correspondencia:** Julieta Bonvillani, jbonvillani@ayv.unrc.edu.ar, Ruta Nac. 36 km 601 X5804BYA, Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

**Financiamiento:** el presente trabajo se financió mediante subsidio de la SeCyT (Secretaría de Ciencia y Técnica) de la Universidad Nacional de Río Cuarto.



## Effect of the temperature and photoperiod during the germination and emergency of alfalfa (*Medicago sativa* L.) with different degrees of winter rest

### Key words

phenological stage  
environmental variables  
cultivars

**Abstract.** Alfalfa is the most widespread worldwide and national forage species. The market offers a lot of varieties according to different characteristics. The aim of this study was to evaluate the effect of temperature and photoperiod (simulating autumn and spring conditions) on seed germination and seedling emergence of different fall dormancy groups (FDG) of alfalfa. The assay was performed in germination chamber and percentage of appearance of cotyledonary leaves, unifoliate leaf and trifoliate leaf, and weight of seedlings was compared at different days after sowing (DAS). The average temperatures used were; 10, 20 and 30 °C, while the FDG were: intermediate (6) and extremely short (10). As for temperatures, there were significant differences for 20°C in favor of a higher percentage of cotyledonary leaf appearance 5 DAS, of unifoliate leaf at different DAS, and of trifoliate leaf at 55 DAS. The weight of seedlings was statistically lower for 30°C in all the stages analyzed, while the greater weight was measured at 20°C for all phases, at 10°C, no differences were observed, except in unifoliate leaf stage. Regarding the FDG, significant differences were observed for higher percentage of cotyledonary leaves and trifoliate leaf in FDG 6. In conclusion, when the temperatures are lower than the optimum in sowing, intermediate to long FDG should be used.

## INTRODUCCIÓN

Alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una de las principales especies forrajeras a nivel mundial, debido a su alta calidad nutritiva, rendimiento, resistencia a sequía y buena adaptación a diversas condiciones edafoclimáticas (Basigalup *et al.*, 2007).

Para el año 2017, el área con alfalfa se estimó en más de 3,2 millones de ha., 60% de los cuales son cultivos puros y 40% en mezcla con gramíneas templadas (Arolfo y Odorizzi, 2016). En la provincia de Córdoba según el Censo Nacional Agropecuario 2008, la superficie ocupada con alfalfa era de 562.853 ha, siendo para el Dpto. Río Cuarto de 63.442 ha (Censo Nacional Agropecuario, 2008).

La fase de establecimiento es fundamental para el éxito económico de la producción, con el objetivo de lograr altos rendimientos de forraje y perdurabilidad en el tiempo. En la pampa húmeda existen dos épocas de siembra probables; otoño donde las plántulas se desarrollan en temperaturas bajas y

fotoperiodos cortos. En estas condiciones, se puede esperar que las mismas desarrollen rápidamente la corona inicial y así poder formar una estructura más fuerte con un sistema radical más grande, comparadas con la segunda época de siembra; primavera, donde las plántulas se desarrollan en condiciones más cálidas y fotoperíodos mayores a 12 horas (Mueller y Teuber 2007). En esta época, 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 (Mueller *et al.*, 2007).

La época, influye en el proceso de germinación debido a la temperatura y humedad al momento de siembra (Bobadilla, 2002). La alfalfa puede germinar en un rango de temperaturas que van desde 5 °C hasta 35 °C, siendo la óptima de 20 °C, aunque es sensible al frío en la etapa de cotiledón y primera hoja unifoliada, las temperaturas entre 15 y 20 °C favorecen el desarrollo de la parte aérea (Romero, 2016).

Debido a la gran diversidad de suelos, climas y sistemas de producción en donde se realiza el cultivo, la elección del cultivar más adecuado resulta de vital importancia e implica considerar características tales como: reposo invernal, resistencia a plagas y enfermedades, producción de materia seca y persistencia (Spada, 2007). El reposo invernal es una característica genética de alfalfa que le permite permanecer en estado latente, para sobrevivir al rigor del invierno gracias a la acumulación previa de hidratos de carbono en corona y raíz; esta característica es el resultado del efecto combinado de días cortos y temperaturas frías. Los cultivares de alfalfa se clasifican en grupos de reposo invernal (GRI) que van desde 1 (extremadamente largo) hasta 11 (sin reposo) existiendo entre ellos grupos intermedios (Basigalup *et al.*, 2007).

El objetivo de este trabajo, fue determinar el efecto de la temperatura sobre la germinación y emergencia de plántulas de alfalfa con distintos grados de reposo invernal y su efecto en los componentes de la biomasa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en el laboratorio de semillas de la cátedra de Genética de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de

Río Cuarto. Para los procedimientos experimentales se utilizó una cámara de germinación marca Conviron, modelo G30. (<http://www.conviron.com/>)

Los cultivares de alfalfa utilizados fueron: Cultivar I: GRI 6 WL 611, reposo invernal intermedio; y Cultivar II: GRI 10 WL 1058 extremadamente sin reposo invernal.

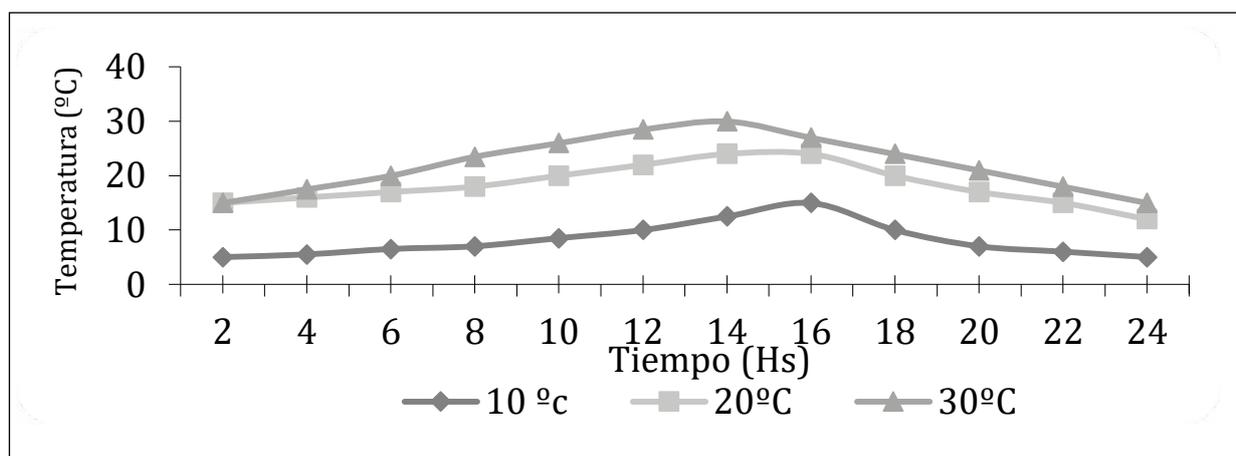
Los tratamientos (T) fueron:

Testigo (T0): Los cultivares se sometieron a temperatura óptima de germinación 20 °C, 100% de humedad y 12 hs de luz simulando condiciones de principios de otoño o primavera. La cámara de germinación se reguló de manera tal que la temperatura varió entre 13 y 24 °C a lo largo del día.

T1: La temperatura media utilizada fue de 10 °C, 100% de humedad y 9 hs de luz, similar a las condiciones ambientales de fines de otoño. Con una variación de la temperatura de 5 °C y 15 °C.

T2: Los cultivares se evaluaron a 30 °C, 100% de humedad y 12 hs de luz, simulando condiciones ambientales de primavera tardía. Para lograr esta temperatura se generó una variación de la misma en la cámara de entre 15 y 30 °C. En la figura 1 se observa como fue regulándose la temperatura en la cámara de germinación para generar los tres tratamientos en estudio.

**Figura 1.** Variación de temperatura a lo largo de 24 hs en cámara de germinación: 30 °C con luz de 7 a 19 hs; 10 °C con luz de 8:30 a 17:30 hs y 20 °C con luz de 12 a 24 hs.



Previo a la siembra se realizó un análisis de calidad de las semillas según las Normas ISTA (2010) para ajustar la densidad.

Las semillas se sembraron en bandejas de germinación con arena esterilizada como sustrato, utilizando una por cultivar, las mismas cuentan con 200 celdas y en cada una se colocaron a germinar 3 semillas con el objetivo de disponer de una planta por celda.

El diseño experimental fue un factorial con 2 vías de clasificación: 2 cultivares y 3 temperaturas (2x3) y cada una de las celdas de las bandejas se consideró como una repetición.

Diariamente se evaluaron los días desde germinación hasta emergencia de los cotiledones, aparición de la primera hoja unifoliada y aparición de la primera hoja trifoliada, para cada uno de los tratamientos. El período en el que se realizó el ensayo, se definió en función de la aparición de la primera hoja trifoliada, por lo cual ese tiempo varió para las tres temperaturas en estudio.

Además, se determinó el peso de las plántulas en cada uno de los estadios fenológicos: cotiledonar, hoja unifoliada y hoja trifoliada. Para esto, en cada tratamiento y en cada estadio de desarrollo, se extrajeron 20 plántulas que se secaron en microondas hasta peso constante.

## Análisis de los datos

Se utilizó el paquete estadístico INFOSTAT sometiendo los valores al análisis de la varianza (ANOVA) y los promedios se compararon por medio del Test de Duncan.

## RESULTADOS

### Estadio Cotiledonar

#### *Días de germinación a emergencia de cotiledones*

La aparición de los cotiledones en función del tiempo se presenta en la Tabla 1.

En ambos cultivares evaluados, las hojas cotiledonares empiezan a aparecer a los 5 DDS, a 20 y 30 °C, mientras que a 10 °C aún no hay aparición de cotiledones. Para ese momento, el cultivar GRI 10 fue superior (23,9%) y diferente estadísticamente al cultivar GRI 6 (10,08%). Luego, desde los 10 a los 20 DDS, esta diferencia se invierte, es decir que en ese período siempre el GRI 6 presentó mayor porcentaje de aparición de cotiledones con diferencias estadísticas, con respecto al cultivar GRI 10.

**Tabla 1:** Porcentaje de aparición de cotiledones en el tiempo (DDS) en dos cultivares de alfalfa de distinto grado de reposo invernal (GRI 6 y GRI 10) bajo tres condiciones de temperatura (10, 20 y 30 °C).

Tratamientos		Tiempo (DDS)			
		5	10	15	20
Cultivares	Temperaturas	%			
GRI 6	10	0 c	37,6 c	81,8 a	85,4 A
	20	25,8 b	79,4 a	82,5 a	83,8 A
	30	4,4 c	82,6 a	85,6 a	88,7 A
GRI 10	10	0 c	29,4 c	71,5 b	73,9 B
	20	63,3 a	81,2 a	79,7 a	80,6 A
	30	8,2 c	70,8 b	79,2 a	79,7 A
Cultivar	GRI 6	10,08 B	66,5 A	83,3 A	86 A
	GRI 10	23,9 A	60,7 B	76,8 B	78,1 B
Temperatura	10	0 C	33,5 B	76,6	79,6
	20	44,6 A	80,7 A	81,81	82,2
	30	6,3 B	76,7 A	82,4	84,2
Significancia	Cultivar	*	*	*	*
	Temperatura	*	*	ns	ns
	Cultivar x T <sup>o</sup>	*	*	*	*
C.V. (%)		14,33			

Letras minúsculas y mayúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ), ns sin diferencia significativa.

Considerando la temperatura independientemente del cultivar, a los 5 días DDS las tres temperaturas evaluadas difirieron estadísticamente, siendo a 20 °C donde se produjo el mayor porcentaje de aparición de cotiledones (44,6%); a 30 °C el mismo fue de 6,3%, mientras que, a 10 °C no se produjo aparición. A los 10 DDS no se registraron diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de aparición de cotiledones entre temperaturas de 20 y 30 °C, pero sí las hubo entre éstas y los porcentajes logrados a los 10 °C. A partir de los 15 DDS, 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 esta fecha.

En cuanto al efecto de la interacción cultivar por temperatura, se observa que a los 5 DDS en temperaturas de 20 °C y en el cultivar GRI 10 se presentó el mayor porcentaje de aparición de cotiledones (63,3%), y en segundo lugar el cultivar GRI 6 para las mismas condiciones de temperatura (25,8%), y los porcentajes más bajos fueron a 10 y 30 °C para los dos cultivares, no difiriendo entre sí estadísticamente. A los 10 DDS los mayores porcentajes de desarrollo cotiledonar se dieron a 20 °C para ambos cultivares y a 30 °C para el cultivar GRI 6, una situación intermedia se presentó en el cultivar GRI 10 a 30 °C y los menores valores se obtuvieron a 10 °C en los dos cultivares. Desde los 15 DDS en adelante el GRI 6 en las tres temperaturas presentó los mayores valores de aparición de cotiledones al igual que en el GRI 10 a 30 y 20 °C, mientras que el menor valor se dio en el GRI 10 a 10 °C (Tabla 1).

#### *Peso de plántulas en estadio cotiledonar*

En la Tabla 2, puede observarse que independientemente de los cultivares el peso de las plántulas en estadio cotiledonar, fue significativamente inferior durante la evaluación a 30 °C, en relación con las otras temperaturas.

**Tabla 2.** Pesaje promedio de plántulas (mg) en estadio cotiledonar en dos cultivares de alfalfa de distinto grado de reposo invernal CI (GRI 6) y CII (GRI 10) bajo tres temperaturas (10, 20 y 30 °C).

Cotiledonar	Temperaturas °C		
	10 °C	20 °C	30 °C
GRI			
C I GRI 6	2,9 a	2,8 a	1,8 b
C II GRI 10	3,1 a	2,9 a	2,2 b

Letras minúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

#### **Hojas unifoliadas**

##### *Días de germinación a emergencia de hojas unifoliadas*

El porcentaje de aparición de hojas unifoliadas en el tiempo se representa en la Tabla 3.

La aparición de hojas unifoliadas se evaluó en el período comprendido entre los 10 y 55 DDS. Los datos promedios correspondientes a los cultivares indican que sólo existieron diferencias significativas entre ellos a los 10 DDS, independientemente de la temperatura, donde C II (GRI 10) fue mayor (9,8%) al C I (GRI 6) (0%). Durante el resto del período de evaluación los resultados fueron iguales entre los cultivares.

Teniendo en cuenta las distintas temperaturas, sólo a los 10 DDS no hubo diferencias significativas entre éstas. Desde esa fecha en adelante sí se evidencian diferencias estadísticas entre las temperaturas, donde sólo a los 20 y 25 DDS no hubo diferencias entre las temperaturas de 20 y 30 °C y éstas fueron superiores a los resultados obtenidos a 10 °C. En el resto de las fechas, los mayores porcentajes de aparición de hojas unifoliadas se presentaron a 20 °C y los menores a 10 °C, mostrando las tres temperaturas diferencias estadísticamente significativas.

**Tabla 3.** Porcentaje de aparición de hojas unifoliadas, desde la siembra en función del tiempo (días) de dos cultivares de alfalfa de distinto grado de reposo invernal (GRI 6 y GRI 10) bajo tres condiciones de temperatura (10, 20 y 30°C).

Tratamientos	Tiempo (Dds)																			
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55										
	%																			
C I GRI 6	10	0	0	c	0	b	0	b	40,7	b	49,8	b	55,8	b	67,9	67	67			
	20	0	65,7	a	78,6	a	83,3	a	83,5	a	83,5	a	83,5	a	83,5	83,5	83,5			
	30	0	45,1	b	72,1	a	81,2	a	74,3	a	74,3	a	74,3	a	74,3	74,3	74,3			
	Promedio	0	B	36,9		50,3		54,8		66,1		69,2		71,2		75,2	74,9	74,9		
C II GRI 10	10	0	b	0	c	2,4	b	4,3	b	28,8	b	39	b	51,5	b	55,7	60,5	63,6		
	20	28	a	75,5	a	78,9	a	79,4	a	84,4	a	84,4	a	84	a	84	82,8	83,9		
	30	1,3	b	51,8	b	73	a	74,7	a	71,1	a	71,1	a	71,1	a	71,1	71,1	71,1		
	Promedio	9,8	A	42,4		51,4		52,8		61,4		64,9		68,9		70,3	71,5	72,9		
	10	0	0	C	1,2	B	2,1	B	34,7	C	44,4	C	53,6	C	61,8	C	63,8	C	65,3	C
	20	14	70,6	A	78,8	A	81,3	A	83,9	A	83,9	A	83,7	A	83,7	A	83,1	A	83,7	A
	30	0,6	48,5	B	72,6	A	77,9	A	72,7	B	72,7	B	72,7	B	72,7	B	72,7	B	72,7	B
Valor de F	Cultivar	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns						
	Temperatura	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Cultivar x Tº	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)									19,03											

Obs: \*: indica diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) y ns: no significativa. Letras minúsculas y mayúsculas diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ).

#### Peso de plántulas en estadio de hojas unifoliadas

En la etapa de hoja unifoliada, las temperaturas generaron diferencias estadísticamente significativas en ambos cultivares, ya que en la tabla 4 se evidencia que a temperaturas óptimas de 20 °C tanto el C I como el C II obtuvieron mayores pesos de plántulas en estadio de hojas unifoliadas y los menores valores a 30 °C.

**Tabla 4.** Peso promedio de plántulas (mg) en estadio hoja unifoliada en dos cultivares de alfalfa de distinto grado de reposo invernal CI (GRI 6) y CII (GRI 10) bajo tres temperaturas (10, 20 y 30 °C).

Unifoliada	Temperatura °C					
	10 °C		20 °C		30 °C	
C I GRI 6	4	b	6	a	2	c
C II GRI 10	4,7	b	8,8	a	2,5	c

#### Hoja trifoliada

##### Días de germinación a emergencia de hoja trifoliada

El periodo final de establecimiento se determinó a través de la aparición de la primera hoja trifoliada y se evaluó desde los 20 a los 55 DDS. Los porcentajes de aparición de las mismas se presentan en la Tabla 5, donde se observa que desde los 20 hasta los 40 DDS no hubo diferencias significativas por efecto del cultivar, pero sí desde los 40 hasta los 55 DDS, donde el C I fue significativamente superior al C II.

**Tabla 5.** Porcentaje de aparición de primera hoja trifoliada en el tiempo (DDS) de dos cultivares de alfalfa (GRI 6 y GRI 10) bajo tres condiciones de temperatura (10, 20 y 30 °C).

Tratamientos	Tiempo (Dds)								
	20	25	30	35	40	45	50	55	
									%
C I	10	0	0 b	0 b	0 b	0 c	31,3 b	54,1 ab	63,2 a
GRI 6	20	0	15,5 ab	31,9 a	53,4 a	66 a	66 a	66 a	66 a
	30	8,5	33 a	45,3 a	44 a	44 b	44 b	44 b	44 b
	Promedio	2,8	16,2	25,8	32,5	36,7	47,1 A	54,7 A	57,7 A
C II	10	0	0 b	0 b	0 c	0 c	1,4 c	5,42 c	9,93 c
GRI 10	20	4,3	17,48 ab	40,5 a	68,12 a	68,96 a	68,96 a	68,96 a	68,96 a
	30	11,12	34,07 a	40,04 a	45,02 b	42,02 b	42,02 b	42,02 b	42,02 b
	Promedio	5,1	17,2	26,8	37,7	37	37,5 B	38,8 B	40,3 B
Temperatura	10	0	0 c	0 b	0 c	0 c	16,4 c	29,8 c	36,6 b
	20	2,2	16,5 b	36,2 a	60,8 a	67,5 a	67,5 a	67,5 a	67,5 a
	30	9,8	33,5 a	42,7 a	44,5 b	43 b	43 b	43 b	43 b
Valor de F	Cultivar	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*
	Temperatura	ns	*	*	*	*	*	*	*
	Cultivar x T <sup>º</sup>	ns	*	*	*	*	*	*	*
C.V. (%)				39,67					

Obs: \*: indica diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) y ns: no significativa. Letras minúsculas y mayúsculas diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ).

La temperatura y la interacción de ésta con el cultivar, no manifestaron diferencias significativas a los 20 DDS, pero sí desde ahí en adelante, ya que a los 25 DDS el porcentaje de aparición de primera hoja trifoliada difirió significativamente en las tres temperaturas; dándose los mayores porcentajes a temperaturas de 30 °C (33,5%) y los menores a 10 °C, condición en la cual no se registró desarrollo de dichas hojas. A los 30 DDS los porcentajes más altos se dieron a 20 y 30 °C no difiriendo entre sí, pero sí con temperaturas de 10 °C, momento en el cual aún no se evidenció aparición. Desde los 35 DDS en adelante, el porcentaje de primera hoja trifoliada fue significativamente mayor a 20 °C y los menores resultados a 10 °C, siendo a 30 °C la situación intermedia. Sólo a los 55 DDS la temperatura de 10 °C no difirió con la de 30 °C, las cuales dieron menores resultados comparados con la temperatura óptima.

#### *Peso de plántulas en estadio de primera hoja trifoliada*

En la etapa de hoja trifoliada se puede observar en la Tabla 6 diferencias entre temperaturas. El C I presentó el mayor peso a 10 °C, valor medio a 20 °C, sin diferir entre sí, pero sí lo hicieron con los resultados obtenidos a 30 °C que fueron significativamente menores. En cuanto al C II los valores mayores se registraron a 20 °C y luego a 10 °C, no existiendo diferencias, pero sí éstas fueron superiores y diferentes a los pesos obtenidos a 30 °C.

A 30 °C las plántulas fueron de menor peso independientemente del grupo de reposo invernal, esto se puede atribuir al desarrollo acelerado que manifestó con esa temperatura, marcándose más la diferencia en el último estadio analizado (hoja trifoliada).

**Tabla 6.** Peso promedio de plántulas (mg) en hoja trifoliada en dos cultivares de alfalfa de distinto grado de reposo invernal CI (GRI 6) y CII (GRI 10) bajo tres temperaturas (10, 20 y 30 °C).

Trifoliada	Temperatura °C					
	10 °C		20 °C		30 °C	
C I GRI 6	10,4	a	8,06	a	3,7	b
C II GRI 10	6,4	a	9,97	a	5,42	b

## DISCUSIÓN

Las observaciones realizadas en la cámara de germinación, sobre el desarrollo de los distintos estadios de alfalfa: cotiledonar, hoja unifoliada y hoja trifoliada, demostraron en general, que los mejores resultados se obtuvieron a 20 y 30 °C, retrasándose la aparición de estructuras foliares a 10 °C. En cuanto al peso de las plántulas, se registraron valores significativamente mayores a 10 y a 20 °C, sin diferencias entre cultivares.

Estos resultados coinciden con Craufurd *et al.*, (2002), quienes definen que la temperatura óptima para el crecimiento de alfalfa es de aproximadamente 20 °C.

Con una temperatura alrededor de 25 °C se presenta una emergencia más rápida y vigorosa (Pearson y Hunt, 1972), coincidente con los resultados obtenidos en este ensayo. Cuando se registran temperaturas altas, también se afecta a la planta observándose una reducción de brotes a temperaturas mayores a 30 °C (Zúñiga Alarcón *et al.*, 2012).

Se ha demostrado que temperaturas de 4 °C sobre la normal (18 °C), provocan un incremento en la producción de MS de plántulas de alfalfa creciendo sin restricciones hídricas y elevadas concentraciones de CO<sub>2</sub>, 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.*, 2007).

Pero, un aumento de la temperatura por encima de los 30 °C produce cambios en el crecimiento de alfalfa, ya que acelera los procesos fisiológicos asociadas a las etapas iniciales de implantación. Por lo que se considera que a partir de la emergencia, el

desarrollo de las plántulas es óptimo de 20 a 25 °C y mínimo entre 5 y 10 °C. En consecuencia, las siembras de principios/mediados de otoño son las más adecuadas para que la planta cumpla, sin mayores problemas, con las etapas que van de germinación a primera hoja trifoliada. El período entre cotiledón y hoja unifoliada es el de mayor sensibilidad a las heladas y la tolerancia al frío se incrementa con el contenido de hidratos de carbono en las raíces. Por eso, las siembras tempranas de otoño posibilitan a la planta llegar a las primeras heladas con suficiente cantidad de reservas; en contraposición, las siembras tardías son más riesgosas, dado que la emergencia y el posterior desarrollo de la plántula se harán con temperaturas cercanas al mínimo, pudiendo llegar al período de heladas con un estado de desarrollo insuficiente (Becker, 2004).

En el caso de las siembras primaverales, la combinación de bajas temperaturas del suelo y escasa humedad, retrasan las etapas de germinación y emergencia. Por otro lado, una vez emergidas las plántulas, las condiciones primaverales de mayor temperatura del aire y longitud del día, favorecen más el crecimiento del follaje que el de las raíces, lo que desbalancea el desarrollo armónico de la planta (Basigalup, 2016).

El área foliar en plena expansión es afectada por la temperatura, donde los valores óptimos se obtienen con temperaturas entre 20 y 25 °C. A temperaturas menores a la óptima, el área foliar disminuye gradualmente y, a temperaturas mayores, disminuye más rápidamente (Cangiano, 2007), por lo que 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 de mejor calidad. Las temperaturas más bajas generan un mayor nivel de sacarosa y una baja tasa de transpiración, lo que puede explicar por qué alfalfa es tolerante al frío pero sensible al estrés por calor (Yiwei *et al.*, 2011).

La temperatura también incide en el peso de las plántulas, tal como se observó en este trabajo, en donde los mayores pesos de plántulas, independientemente del estadio fenológico y del cultivar, se dieron en temperaturas óptimas de crecimiento, atributo que coincide con lo expuesto por Pearson y

Hunt (1972), quienes encontraron que las tasas de aumento de peso seco y área foliar fueron mayores entre 15 y 20 °C que entre 25 y 30 °C, igual que la tasa de expansión de las hojas, pero el número de hojas producidas por unidad de tiempo o área fue inferior entre 15 y 20 °C que entre 25 y 30 °C.

Otro aspecto a considerar de esta especie son los cultivares, los cuales pueden tener un comportamiento diferencial dependiendo de la combinación de factores, tales como temperatura y fotoperiodo, así como también la disponibilidad de elementos nutritivos como nitrógeno, fósforo y potasio (Zúñiga Alarcon *et al.*, 2012). En el presente trabajo, los cultivares, en general, no presentaron diferencias en relación a la respuesta a distintas temperaturas, ya sea en el desarrollo como en el crecimiento de cada una de las etapas. Esto no coincide con lo expuesto por (Mueller y Teuber, 2007), quienes indican que el desarrollo de las plántulas de cultivares con reposo invernal está influenciado por el fotoperíodo y la temperatura del suelo, mientras que el desarrollo de plántulas de cultivares sin reposo invernal es independiente del fotoperiodo pero está influenciada por la temperatura del suelo. Los autores plantean que, si bien las temperaturas óptimas para el desarrollo de plántulas de alfalfa están en el rango de 20 a 22 °C la temperatura óptima va a depender del cultivar, ya que los cultivares con reposo invernal tendrían temperaturas óptimas más bajas durante la fase inicial de crecimiento que en cultivares sin reposo, lo cual no quedó de manifiesto en este experimento.

## CONCLUSIONES

Las etapas iniciales de establecimiento del cultivo de alfalfa son afectadas por las temperaturas extremas. Cuando las mismas son menores a la óptima (20 °C), situación que puede darse en siembras tardías de otoño/invierno, se deberían utilizar aquellos cultivares de reposo invernal intermedio, por su mejor respuesta a bajas temperaturas. En el caso de optar por siembras primaverales, la elección de cultivares no tendría relevancia, dado que las temperaturas por encima de 30 °C, influyen de igual manera en los dos grupos evaluados.

## REFERENCIAS

- Aranjuelo, I., Irigoyen, J., Perez, P., Martinez-Carrasco, R., Sanchez-Diaz, M. (2007). Response of nodulated alfalfa to water supply, temperature and elevated CO<sub>2</sub>: productivity and water relations. In: *Environmental and Experimental Botany* 55, p:130–141.
- Arolfo, V. Y Odorizzi, A. (2016). Avances en Alfalfa. Año 26, EEA INTA Manfredi, 83 pp.
- Basigalup, D., Rossanigo, R., Ballario, M. V. (2007). Panorama actual de la alfalfa en la Argentina. En: *El cultivo de Alfalfa en la Argentina*. EEA Manfredi-INTA. Capítulo 1. p: 15-24.
- Basigalup, D. H. (2016). Pautas para encarar la siembra de alfalfa en primavera y reducir márgenes de riesgo. EEA INTA Manfredi. En [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar). Consultado marzo 2017.
- Becker, G. F. (2004). Alfalfa: ¿sembrar a fines de verano o en primavera? Área de Recursos Naturales INTA EEA Bariloche, p: 1-4.
- Bobadilla, S. (2002). Alfalfa: para lograr una buena implantación. INTA – Carpeta Técnica E.E.A. Esquel. El Sitio Argentino de Producción Animal. p: 1-3.
- Cangiano C. A. (2007). Crecimiento y manejo de la defoliación. En: *El cultivo de la alfalfa en la Argentina*. Basigalup, D.H. (ed). Ediciones INTA. p: 251-266.
- Censo Nacional Agropecuario. (2008). En: <http://estadistica.cba.gov.ar/Inicio/Censos/Censo-NacionalAgropecuario2008/tabid/393/language/es-AR/Default.aspx>. Consultado: febrero 2017.
- Craufurd, P.Q., Prasad, P.V., Kakani, V.G., Wheeler, T.R., Nigam, S.N. (2002). Heat tolerance in groundnut. In: *Field Crops Research*. Volumen 80, issue 1, 8 January 2008, p: 63-77.
- ISTA International Seed Testing Association, actualización 2010.

Mueller, S. C., Frate, C. A., Mathews, M. C. (2007). Alfalfa stand establishment. University of California. *Division of Agriculture and Natural Resources*. Chapter 4, p: 1-21.

Mueller, S. C., Teuber, L. (2007). Alfalfa growth and development. University of California. *Division of Agriculture and Natural Resources*. Chapter 3, p: 1-9.

Pearson C. J., Hunt, L. A. (1972). Effects of temperature on primary growth and regrowths of alfalfa. Department of Crop Science, University of Guelph, Ontario. pp:1017-1027.

Romero, L. (2016) ¿Conviene sembrar alfalfa en primavera? INTA Rafaela. En: [http://forratec.com.ar/newsletter/\\_2016/fls-2016-04-23.html](http://forratec.com.ar/newsletter/_2016/fls-2016-04-23.html).

Spada, M del C. (2007). Evaluación de cultivares y panorama varietal. En: Basigalup, D. H. (ed) *El cultivo de alfalfa en la Argentina*. INTA Capítulo 7, p: 131-151.

Yiwei, M., Liang, G., Shil, W., Xiel, J. (2011). Metabolic responses of alfalfa (*Medicago sativa* L.) leaves to low and high temperature induced stresses *African Journal of Biotechnology*. 10 (7), 1117-1124.

Zúñiga Alarcon, B., Venegas Ordoñez, M. Del R., Martinez Cervantes, T. (2012). Manual para la producción de semillas de alfalfa en el Valle del Mezquital, Hidalgo. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Zootecnia. Fundación Hidalgo Produce A. C. México. p:1-68.