

Caruso, Guido Fernando

Determinación de las temperaturas cardinales para la germinación de semillas de mostaza amarilla, Sinapis alba y mostaza marrón, Brassica juncea

**Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria
Facultad de Ciencias Agrarias**

Este documento está disponible en la Biblioteca Digital de la Universidad Católica Argentina, repositorio institucional desarrollado por la Biblioteca Central "San Benito Abad". Su objetivo es difundir y preservar la producción intelectual de la Institución.

La Biblioteca posee la autorización del autor para su divulgación en línea.

Cómo citar el documento:

Caruso, G. F. 2012. Determinación de las temperaturas cardinales para la germinación de semillas de mostaza amarilla, sinapis alba y mostaza marrón, brassica juncea [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/determinacion-temperaturas-cardinales-germinacion.pdf> [Fecha de consulta:...]



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA

Facultad de Ciencias Agrarias

Ingeniería en Producción Agropecuaria

“Determinación de las temperaturas cardinales para la germinación de semillas de Mostaza Amarilla, *Sinapis alba* y Mostaza Marrón, *Brassica juncea*”

Trabajo final de graduación para optar por el título de:
Ingeniero en Producción Agropecuaria

Autor: Caruso Guido Fernando

Profesor Tutor: Ing.Agr. Liliana Beatriz Windauer

Fecha: 20 de diciembre del 2012



Resumen:

En el contexto actual surge la necesidad de buscar nuevas fuentes de energías alternativas debido a que las reservas fósiles se están agotando como consecuencia del crecimiento mundial. El biodiesel se presenta como una posibilidad de energía alternativa renovable, que se puede obtener utilizando aceite vegetal. Este hecho sumado al problema ético que se plantea al utilizar la Soja como materia prima para la producción de biodiesel, en lugar de utilizarla como alimento, hicieron que se abordara a la Mostaza para el reemplazo de la Soja como materia prima en dicha producción. Presentando la ventaja de que se adapta a climas semiáridos y debido a que su aceite cumple con los parámetros exigidos para la producción de biodiesel. Por lo planteado resulta importante determinar cómo los factores del ambiente influyen en el cultivo de esta especie. En este sentido, uno de los puntos identificados como críticos para poder llevar a cabo su producción es el establecimiento de las plantas. A partir de esto, se determina la uniformidad en la emergencia y la densidad de plantas logradas, las cuales condicionaran futuras decisiones de manejo. El objetivo de esta tesis fue conocer las temperaturas cardinales de la etapa germinación-emergencia y determinar el tiempo térmico en que se cumple dicha etapa. Se utilizaron dos especies de Mostaza, *Sinapis alba* (Mostaza amarilla) y *Brassica juncea* (Mostaza marrón), y se realizaron ensayos en cámaras de incubación a diferentes temperaturas (10°C, 15°C, 20°C, 25°C y 30°C). Se obtuvo la temperatura base en *Sinapis alba* y en *Brassica juncea* siendo 9°C y 11°C respectivamente. La temperatura optima fue de 25°C en ambas especies y la temperatura máxima para *Sinapis alba*, 38°C y para *Brassica juncea* 31°C. El tiempo térmico fue de 457°h (grados/hora) para *Sinapis alba* y 235°h (grados/hora) para *Brassica juncea*.

Como conclusión este trabajo representa un aporte hacia la obtención de herramientas que puedan ser utilizadas en el desarrollo de cultivos de grano para su uso como biocombustible, especialmente orientados hacia zonas consideradas marginales, no sólo para optimizar la explotación de nuestros recursos y la economía de éstas zonas, sino para contribuir también, en revertir la tendencia a la reducción del número de especies cultivables.

Índice:

Introducción.....	4
Objetivo del proyecto.....	8
Materiales y Métodos.....	8
Resultados.....	10
Discusión.....	15
Conclusión.....	17
Bibliografía.....	18
Anexos.....	21



Introducción

Durante los últimos años se ha registrado un crecimiento económico sostenido a nivel mundial que está acelerando el agotamiento de los recursos energéticos fósiles.

Una posible solución a esta problemática, estaría dada por el reemplazo progresivo de los combustibles fósiles por otros renovables (Ploschuk y Windauer, 2006), a través de la introducción de mayor cantidad de fuentes vegetales alternativas para producir energía renovable proveniente de biomasa, es decir, energía solar transformada (Moreno González, 1997). Surge la necesidad de encontrar energías alternativas a un costo que permita sostener dicho crecimiento con el menor impacto en el medioambiente (Carballo, 2011).

El biodiesel se presenta como una de las alternativas y el cultivo más utilizado en la actualidad para producirlo, es la Soja. Debido a que dicha oleaginosa también compite en su uso con la alimentación humana, sería conveniente la utilización de algún cultivo que no compita con ésta.

Es importante desarrollar materiales cuyo aceite pueda ser utilizado como biocombustible en zonas que hoy están fuera de la producción agrícola tradicional. Por un lado, están las cuestiones técnicas, y por el otro las económicas. Con el crecimiento del negocio de los biocombustibles comenzaron en nuestro país a ser corrientes planteos de diversificación de las fuentes de materias primas, en especial para reemplazar el aceite de Soja (Falasca, 2011).

Es por eso que surge como alternativa el cultivo de la Mostaza, esta oleaginosa posee en su semilla un porcentaje de aceite entre el 28 y 32% que puede ser utilizado para la producción de biodiesel, además cuenta con la ventaja que está adaptada a zonas semiáridas, que son las condiciones que predominan en las dos terceras partes de nuestro país (De Haro, 2011).

El biodiesel puede obtenerse tanto de aceites vegetales como de grasa animal. El principal componente de ambas materias primas son los triglicéridos. Semillas oleaginosas como Mostaza, Soja, Palma africana, Girasol, Maní y Coco cumplen con los parámetros de calidad en sus aceites para ser materia prima para la producción de biodiesel (Lascarro, 2011).

Dentro de las mostazas se encuentran especies como *Brassica juncea* y *Sinapis alba*, ambas pertenecen a la familia de las Brassicaceas, son plantas herbáceas, anuales, que pueden alcanzar entre 60cm a 100cm de altura. Presentan tallos erguidos, flores pequeñas, de color amarillo (Imagen 1 y 2). El fruto es una silicua de unos dos centímetros de largo (Pérez Bueno, 1994), éstos son dehiscentes, es decir las semillas son dispersadas fuera de la silicua cuando alcanzan una humedad aproximada del 11%. Las semillas poseen entre un 28-32%

de aceite con un contenido relativamente alto de proteínas alrededor de 28-36%. (Schuster-Gajzago et al, 2006). En función de los suelos, climas y cuidados culturales, la planta puede proporcionar entre 180 y 300 silicuas, es decir, de 1.500 a 2.500 semillas,(Perez Bueno, 1994), con rendimiento promedio de 800 Kg/ha para las dos tipos de especies, pudiendo llegar a los 1200 kg/ha con manejos mas intensivos (Paunero, 2012), a diferencia de 1500 kg/ha que se podría alcanzar con el cultivo de Colza *Brassica napus* con un contenido de aceite cercano al 50%. Sin embargo cabe aclarar que la Colza tiene un alto grado de mejoramiento, mientras que las mostazas todavía no lo poseen.



Imagen 1: *Sinapis Alba*, Mostaza amarilla



Imagen 2: *Brassica juncea*, Mostaza marrón.

Por lo expuesto arriba, es importante determinar cómo los factores del ambiente influyen en la fenología y el desarrollo de las dos especies de mostaza. En este sentido, uno de los puntos identificados como críticos para poder llevar a cabo la producción del cultivo es el establecimiento de las plantas, que determinará la densidad de plantas a lograr y también la uniformidad de la emergencia, las cuales condicionarán futuras decisiones de manejo (Cheng y Bradford, 2002). En ambientes marginales conocer la capacidad de la especie para sortear la etapa germinación-emergencia con éxito es fundamental para determinar su factibilidad como cultivo. (Windauer et al., 2007)

La germinación es el proceso que se inicia con la entrada de agua a la semilla seca (imbibición) y termina cuando el eje embrionario en dicotiledóneas, se extiende y atraviesa las estructuras que la rodean (Matilla, 2000). La entrada de agua en una semilla madura es trifásica toma rápida inicial, fase de meseta (potencial hídrico entre -1 a -1.5 MPa) y nuevo incremento en la absorción de agua que se corresponde con el periodo de elongación del embrión o de la radícula (Robert y Ellis, 1989) (figura 1). La duración de cada fase dependerá de las características de la semilla (tamaño, contenido de sustratos hidratables, permeabilidad de la cubierta seminal, O_2 , etc.) y de las condiciones externas bajo las que se produce la imbibición (temperatura, composición del sustrato del suelo, contenido de humedad) (Matilla, 2000). Cuando la humedad no es limitante, tanto la tasa como el porcentaje de germinación son controlados por la temperatura (Puga, 2011).

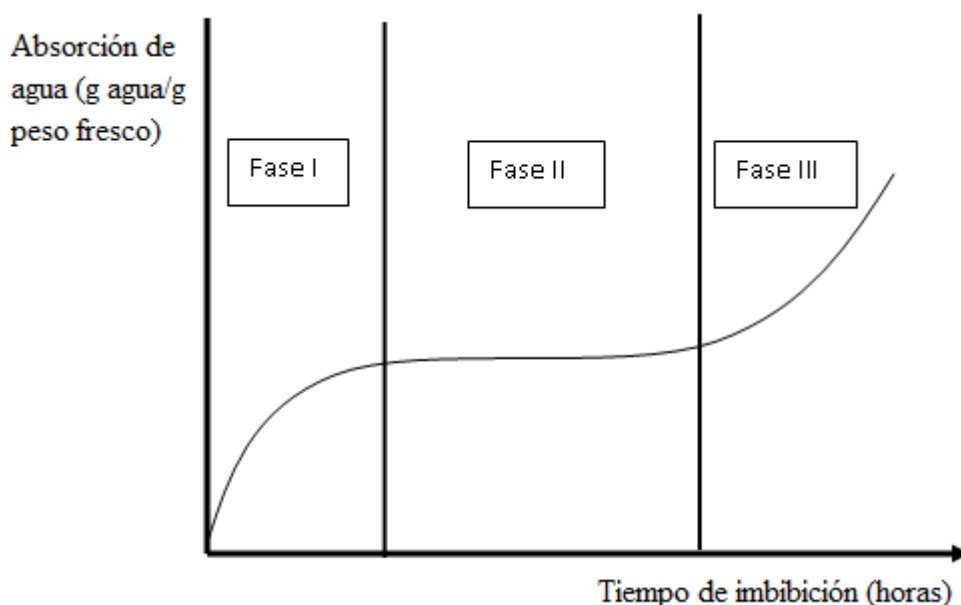


Figura 1: Proceso de imbibición. Tres fases son indicadas en el gráfico. Fase I, imbibición; Fase II, activación; Fase III crecimiento.



La temperatura (T) y el potencial agua (Ψ) son dos reguladores primarios del proceso de germinación. La mayoría de las semillas presentan un mínimo, un óptimo y un máximo valor de temperaturas para germinar (Windauer et al., 2007). La mayoría de las semillas presenta un mínimo, un óptimo y un máximo valor de temperaturas para germinar.

En el rango subóptimo podría utilizarse el concepto de tiempo térmico para caracterizar el tiempo a germinación a diferentes temperaturas, según la siguiente ecuación:

$$\theta_T(g) = (T - T_b) t_g$$

Donde $\theta_T(g)$ es el tiempo térmico para que la fracción g de la población complete la germinación, T es la temperatura, T_b es la temperatura base, y t_g es el tiempo para que la fracción g complete la germinación (Bierhuizen y Wagenvoort, 1974). Si bien pueden existir excepciones, particularmente cuando la dormición está implicada (Welbaum y Bradford, 1991) la situación general para semillas que no presentan dormición es que existe muy poca variación en T_b dentro de la población (García-Huidobro, 1982). Si T_b es igual para todas las semillas, la Ecuación 1 indica que el tiempo térmico $(T - T_b) t_g$ para un determinado porcentaje de germinación es constante $\theta_T(g)$. Sin embargo, diferentes fracciones requieren diferente tiempo térmico para completar la germinación, es por esto que en un lote de semillas diferentes fracciones tienen una germinación escalonada en el tiempo. La tasa de germinación puede definirse como la inversa del tiempo que necesita una determinada fracción de la población para completar la germinación ($GR_g = 1/t_g$).

Entonces:

$$GR_g = 1/t_g = (T - T_b) / \theta_T(g)$$

Por lo tanto, relación entre GR_g y T debería ser lineal con diferentes pendientes para diferentes porcentajes de germinación, con un punto en común, la T_b .

La temperatura base de germinación sirve como punto de partida para mejorar la comprensión de su emergencia en el campo. La temperatura base (límite inferior a partir del cual se produce germinación) difiere entre especies y dentro de biotipos de una misma especie (Alcocer-Ruthling et al., 1992).

Para cada especie existe un intervalo de temperaturas dentro del cual el proceso de germinación puede completarse en un tiempo adecuado. A los fines prácticos es importante identificar dicho intervalo, y al mismo tiempo las temperaturas cardinales de germinación (mínima, máxima y óptima) (Finch-Savage, 2004).

Se conoce que la temperatura afecta la tasa de desarrollo (la velocidad con la que trascurren eventos de desarrollo determinados por unidad de tiempo calendario) y como consecuencia de este efecto la duración es alterada. La tasa de desarrollo fásico puede estimarse indirectamente como la inversa del tiempo que duró esa etapa y tiene, entonces, unidades de 1/d o 1/h (lo que representaría



eventos fenológicos diarios, no identificados entre dos estados que delimitan la etapa en consideración). Así a mayor temperatura (hasta cierto límite) habrá una tasa de desarrollo proporcionalmente mayor y se requerirán menos días para que trascorra la etapa. (Miralles et al, 2003).

El tiempo térmico (θT , grados-día o grados-hora por encima de la temperatura base) necesario para completar la germinación del 50% de la población de semillas, se calcula como la inversa de la pendiente de la relación entre la $GR_{(50)}$ y la temperatura, teniendo en cuenta que este modelo termo periódico tiene límites más allá de los cuales no se puede aplicar, cuando las temperaturas medias están por encima o por debajo de la temperatura óptima y base, respectivamente (Miralles, et al 2003; Finch-Savage, 2004).

La combinación de la temperatura y el tiempo, expresado en grados días, es una unidad de medida empleada comúnmente para predecir la germinación y la emergencia de cultivos (Ritchie y Nesmith, 1991).

Objetivos:

- I) Caracterizar la respuesta de la germinación de semillas de Mostaza amarilla (*Sinapis alba*) y Mostaza marrón (*Brassica juncea*) a la temperatura.
- II) Obtener las temperaturas cardinales (temperaturas base, óptima y máxima) usando el modelo de tiempo térmico.
- III) Obtener el tiempo térmico de la fase germinación.

Materiales y Métodos:

El experimento se llevo a cabo en el laboratorio de Producción Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Católica Argentina. Se utilizaron semillas de las dos variedades de mostaza, *S. alba* y *B. juncea*. Previo al inicio del ensayo, se sometió a las semillas al Test de Tetrazolio para comprobar su viabilidad. Se trata de un método que permite realizar una rápida estimación de la viabilidad de la semilla mediante el uso de esta sal como medio de tinción. Para ello las cubiertas de la semillas enteras se retiraron y los embriones fueron colocados en una solución de tetrazolio. Después de un período de tinción de 24 horas, las semillas fueron calificadas como viables o no viables. Una semilla viable se tiñe en aquellos tejidos cuya viabilidad es necesaria para el normal desarrollo de la misma (International rules for seed testing, 2008). La viabilidad de las semillas obtenidas en el Test de Tetrazolio fue del 98%.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Las semillas se colocaron en cajas de Petri, sobre papel de filtro humedecido con 10ml de agua destilada. Se utilizaron 50 semillas por caja de Petri y cuatro repeticiones por tratamiento para las dos especies, (Foto 1).

Las semillas se pusieron a germinar a diferentes temperaturas constantes (10°C, 15°C, 20°C, 25°C y 30°C.) en cámaras de crecimiento en oscuridad. Para cada tratamiento de temperatura se realizó un monitoreo cada 24 horas, respetando horarios, durante el transcurso de 20 días, de modo tal que, aquellas semillas que se encontraron germinadas se fueron retirando de la caja de Petri. Se consideró como semilla germinada, a aquella cuya radícula haya alcanzado 1mm de largo (Foto 2). Durante los próximos 20 días se fue reponiendo agua destilada cuando se consideraba necesario. El porcentaje de germinación se calculó como una proporción del total de semillas germinadas sobre el número total incubado en cada tratamiento.

Ya obtenidos los datos experimentales (ver Anexo), se realizó el análisis estadístico, obteniéndose las regresiones lineales y gráficos de diagrama de puntos para obtener como resultado las temperaturas cardinales y el tiempo térmico para la germinación de cada especie.



Foto 1: Cajas de Petri conteniendo 50 semillas para cada una de las especies.



Foto 2: Semillas de *Brassica juncea* germinadas, con detalle de la radícula.

Resultados

Dinámica de Germinación.

Al analizar la dinámica de germinación de las semillas de las dos especies, de mostaza, a las diferentes temperaturas (10°C, 15°C, 20°, 25°C y 30°C), se observó:

Sinapis alba

En esta especie el aumento progresivo de la temperatura acortó el tiempo de germinación de las semillas incubadas en agua (Figura 2) hasta los 25°C (Tabla 1), mientras que cuando las semillas fueron incubadas a 30°C hubo un incremento en el tiempo final de germinación. Se observó que el porcentaje máximo de germinación final fue del 96.5%, y se alcanzó a 20°C (Tabla 1), este porcentaje máximo se mantuvo en el rango de 20-25°C, disminuyendo cuando las semillas se incubaron a temperaturas inferiores y superiores a este rango (Tabla 1). También se observó que este porcentaje máximo se alcanzó al noveno día de germinación. Las semillas sometidas a 30 °C iniciaron la germinación al primer día de incubación, mientras que el tratamiento a temperatura de 20°C tuvo un retraso en el inicio de la misma. Sin embargo, a pesar de este retraso, las semillas incubadas a 20°C tuvieron un porcentaje final de germinación (%G) mayor que aquellas incubadas a 30°C (Figura 2).

Brassica juncea

En esta especie el aumento progresivo de la temperatura también acortó el tiempo de germinación de las semillas incubadas en agua (Figura 3) hasta los

25°C (Tabla 2), mientras que cuando las semillas fueron incubadas a 30°C hubo un incremento en el tiempo final de germinación. El porcentaje máximo final fue levemente superior para esta especie, siendo del 98%, alcanzándose a la temperatura de 25°C (Tabla 2) al tercer día de incubación (Figura 3). El valor de semillas germinadas disminuyó cuando las temperaturas se encontraban por debajo o por encima de 25°C. En esta especie también se observó que las semillas sometidas a 30 °C iniciaron la germinación al primer día de incubación, mientras que el tratamiento a temperatura de 20°C se observó un retraso en el inicio de la misma. Sin embargo, a pesar de este retraso, las semillas incubadas a 20°C tuvieron un porcentaje final de germinación (%G) mayor que aquellas incubadas a 30°C (Figuras 2 y 3).

Al analizar en forma comparada el porcentaje final de germinación para cada temperatura, se observan diferencias significativas entre las dos especies, con la excepción de cuando se las incubo a 25°C(Tabla 3). A 10°C las semillas de *S. alba*, alcanzaron un PFG mayor (50%), mientras que semillas de *B. juncea* germinaron tan sólo un 5% a esta temperatura. El mismo comportamiento se mantuvo cuando las semillas fueron incubadas a 15°C y 20°C. Lo contrario sucedió cuando se pusieron a germinar las semillas de estas dos especies a temperaturas de 30°C, observándose una disminución en el porcentaje de germinación en las dos especies, siendo más notoria esa disminución en *S. alba* (75%) versus 85,5% de *B. juncea*.

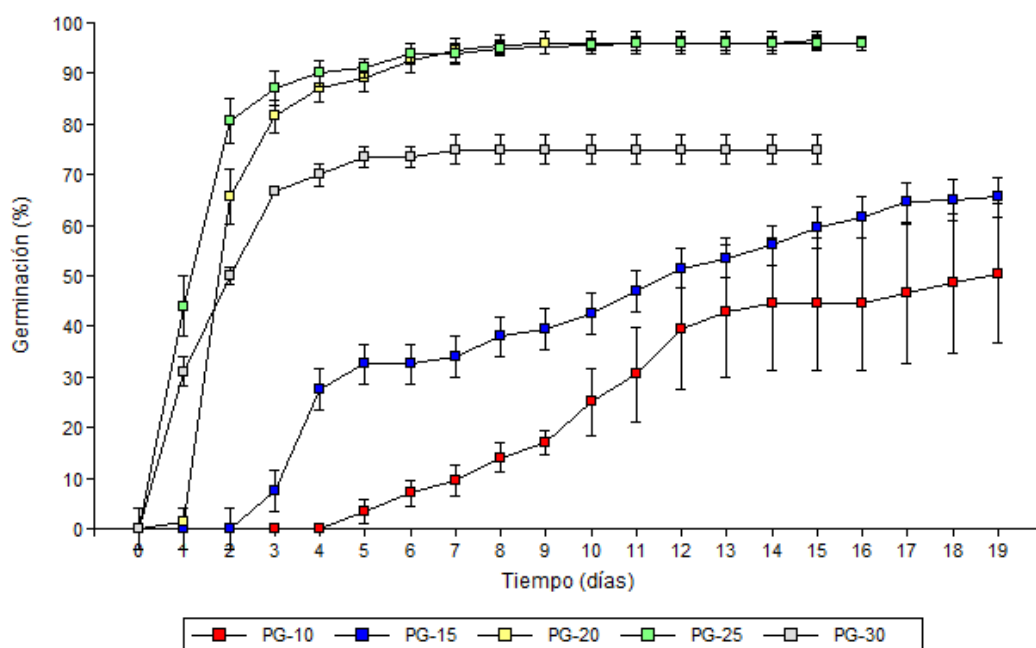


Figura 2: Porcentaje de germinación en función del tiempo a diferentes temperaturas de Mostaza Amarilla, *Sinapis alba*.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

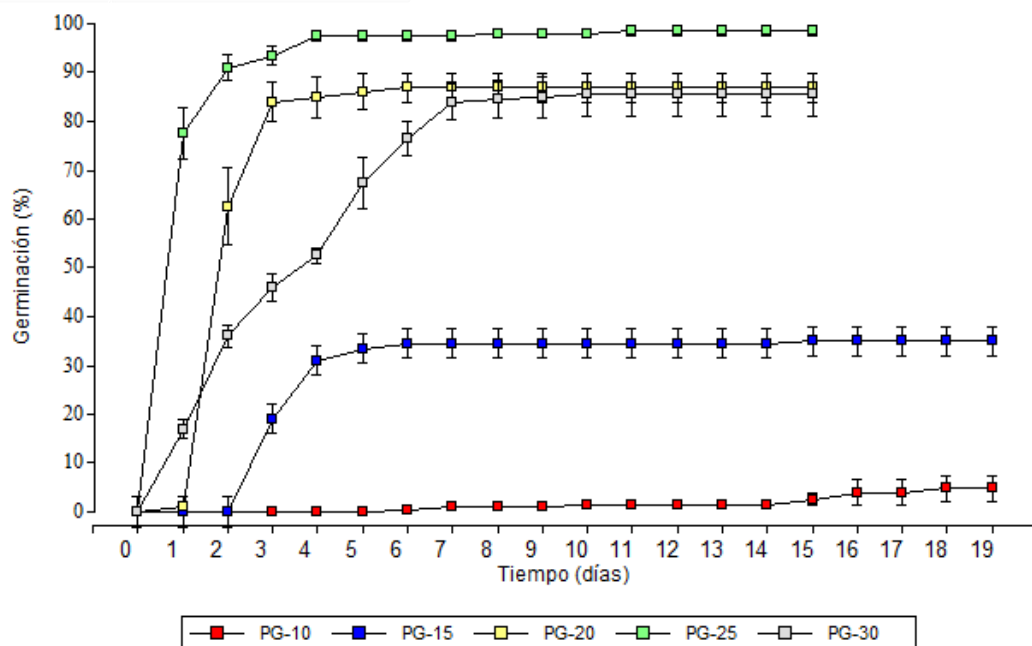


Figura 3: Porcentaje de germinación en función del tiempo a diferentes temperaturas de Mostaza Marrón, *Brassica juncea*.

Tabla 1: Tiempo de germinación del 50% de la población de semillas (horas), tasa de germinación del 50% de la población (h^{-1}) y Porcentaje final de germinación a diferentes temperaturas de incubación para *Sinapis alba*.

Mostaza Amarilla			
T°C	Tiempo(h) de Germinación 50%	Tasa de Germinación(1/h)	Porcentaje final de Germinación
10	451	0,00221	50,5
15	84	0,01187	65,5
20	37	0,02729	96,5
25	30	0,03354	96
30	48	0,02083	75



Tabla 2: Tiempo de germinación del 50% de la población de semillas (horas), tasa de germinación del 50% de la población (h^{-1}) y Porcentaje final de germinación a diferentes temperaturas de incubación para *Brassica juncea*.

Mostaza marrón, <i>Brassica juncea</i>			
T°C	Tiempo(h) Germinación 50%	Tasa de Germinación(1/h)	Porcentaje final de Germinación
10	4145	0,0002	5,5
15	155	0,0065	35
20	38	0,0260	87
25	15	0,0646	98,5
30	91	0,0109	85,5

Tabla 3: Comparación entre *Sinapis alba*, Mostaza amarilla y *Brassica juncea*, Mostaza marrón, de los distintos porcentajes finales de germinación en función de la temperatura. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Porcentaje Final de Germinación		
T°C	<i>Sinapis alba</i>	<i>Brassica juncea</i>
10	50,5 a	5,5 b
15	65,5 a	35 b
20	96,5 a	87 b
25	96 a	98,5 a
30	75 b	85,5 a

Determinación de las Temperaturas Cardinales y el Tiempo Térmico

Se determinó la temperatura base de la población de semillas utilizada en este experimento (T_b) mediante el trazado de la relación lineal entre la tasa de germinación ($GR_{(50)}$, inversa de la duración en días) y la temperatura. La



intersección de esta recta con el eje de abscisas corresponde a la T_b (Figura 3 y 4). La T_b calculada fue de 11°C para *B. juncea* y 9°C para *S. alba*.

La temperatura óptima (T_o) se determinó mediante el trazado de la relación lineal entre la tasa de germinación $GR_{(50)}$ y las temperaturas comprendidas entre los 25°C y los 30°C , ya que a 30°C la $GR_{(50)}$ disminuye (Figura 4 y 5), ajustándose manualmente (a mano alzada) los valores de la tasa de desarrollo entre estas dos temperaturas (línea punteada, figuras 4 y 5).

La temperatura máxima se determinó prolongando la recta entre la tasa de germinación $GR_{(50)}$ y las temperaturas comprendidas entre los 25°C y los 30°C hasta el eje de las abscisas, la temperatura a la cual la recta intercepta el eje X es la temperatura máxima. Las mismas para *S. alba* es de 38°C y para *B. juncea* fue de 31°C .

El tiempo térmico para la germinación de cada especie se obtuvo mediante la inversa de la pendiente entre la tasa de desarrollo y la temperatura. Dando como resultado 457°h (grados/hora) o 19°d (grados/día) para *S. alba* y 235°h (grados/hora) o 10°d (grados/día) para *B. juncea*.

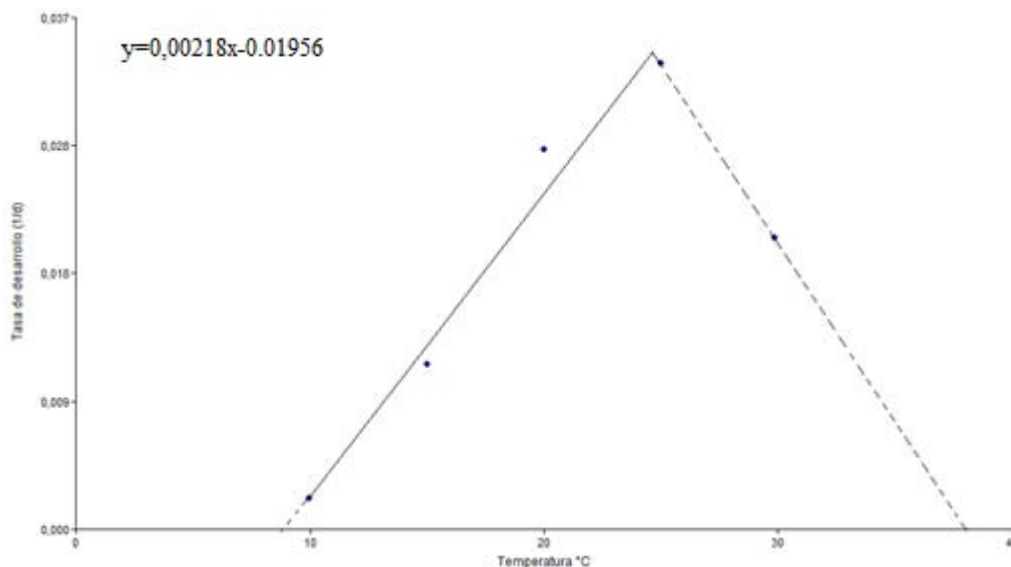


Figura 4: Tasa de germinación para el 50% de la población (1/días) en función de la temperatura para Mostaza amarilla, *Sinapis alba*. R^2 de 0,97 la función de la misma es $y=0,00218x-0.01956$.

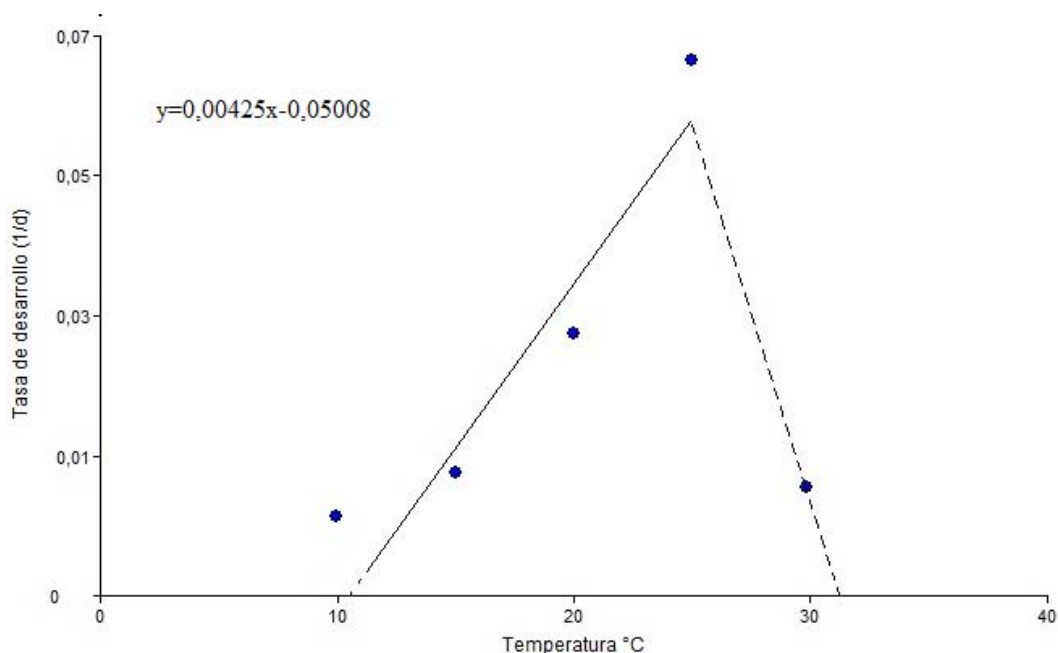


Figura 5: Tasa de germinación para el 50% de la población (d-1 o 1/días) en función de la temperatura para Mostaza marrón, *Brassica juncea*. R^2 0,90 y la función es $y=0,00425x-0,05008$.

Discusión

El análisis de tiempo térmico permitió obtener los valores de los parámetros de germinación que deben ser tenidos en cuenta cuando se elijan zonas de producción de las dos especies en cuestión. Los resultados obtenidos en esta tesis nos sugieren que *S. alba*, se adapta mejor a siembras tempranas o a zonas de producción con una menor temperatura media en comparación con *B. juncea*. Ya que la temperatura base obtenida para *S. alba* es de 9°C, y para *B. juncea* fue de 11°C. Esto se corrobora analizando el porcentaje final germinación a temperaturas de 10°C es diez veces mayor en *S.alba* 50.5% que en *B.juncea*, 5.5% y a 15°C 65.5 vs 35%, respectivamente. Se debe tener en cuenta que la temperatura base elevada, limita la utilización de semillas para iniciar el cultivo solo a aquellos lugares donde durante una parte del año la temperatura del suelo supere holgadamente este valor. Además, que la T. optima y/o la tasa de desarrollo haya sido máxima a 25°C significa que cuando la temperatura del suelo se encuentre cercana a este valor las semillas presentarán la máxima velocidad de germinación. Así, a esta temperatura se necesitará menor cantidad de tiempo para que la germinación ocurra y en consecuencia la emergencia será más rápida.



Los resultados obtenidos en esta tesis coinciden con los obtenidos por Dorado et al (1996), según los cuales *S. alba* posee un mayor grado de rusticidad y gran adaptación al medio. También resulta interesante saber el origen de estas especies que seguramente es uno de los factores que más afectó para que estas dos especies tengan cada una sus características distintivas. Según Rollins (1993), *S. alba* proviene del Mediterráneo y *B. juncea* del centro de India. El clima Mediterráneo se caracteriza por veranos cálidos, secos y soleados, e inviernos suaves y húmedos. Las temperaturas medias anuales varían entre los 12 °C y los 18 °C, y la oscilación térmica anual está comprendida entre los 10° y los 15° por lo general. El promedio de precipitaciones se sitúa entre los 400 y los 700 mm, concentradas en el invierno. El clima del centro de la India se caracteriza por uno del tipo monzónico con altas lluvias en verano y más escasas en invierno con un régimen de 1200mm anuales. Las temperaturas en invierno oscilan entre los 10° a 27°C y en verano de 19°C a 30°C.

Es menester destacar que la temperatura óptima de germinación según Mayer y Poljakoff - Mayber (1975), tiene en cuenta tanto el porcentaje como la velocidad de germinación. Esto se observó en *S. alba* en donde se llega a casi el mismo porcentaje de germinación para 20°C como para 25°C, 96,5% y 96% respectivamente, pero a 25°C las semillas germinaron más rápido, teniendo aproximadamente una tasa de desarrollo 20% mayor. Por lo que se afirma que 25°C sería la temperatura óptima para los dos cultivares.

Cuando a las semillas de las dos especies se las puso a germinar a 30°C, se notó una disminución en el porcentaje de semillas germinadas, aproximadamente un 13% menos de germinadas para *B. juncea* y un 18% para *S. alba*, con respecto al tratamiento de 25°C. Por lo que podríamos afirmar que ya a partir de 25°C las temperaturas son supraóptimas y comenzaría a disminuir la tasa de desarrollo para las dos variedades de mostaza.

Asumiendo que la disminución de esta tasa de desarrollo es lineal obtuvimos las temperaturas máximas, estas temperaturas son 38°C para *Sinapis alba* y de 31°C para *Brassica juncea*.

Es interesante observar lo que sucede con la dinámica y el porcentaje final de germinación de las dos especies cuando son incubadas a 20 y 30°C. Si bien se observa que a 30°C las semillas de las dos especies comienzan a germinar antes que a 20°C, rápidamente se desacelera el ritmo de germinación para las semillas a 30°C, llegando a tener un porcentaje final de germinación mayor a 20°C que a 30°C, siendo mucho mayor la diferencia en *S.alba* que en *B. juncea*. Esto podría estar sugiriendo que temperaturas por encima de 25°C inducen a dormición secundaria de las semillas de las dos especies de mostaza. Más investigación es necesaria para poder comprobar esta manifestación de dormición en esta especies



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Conclusión:

Este trabajo representa un aporte hacia la obtención de herramientas que puedan ser utilizadas en el desarrollo de cultivos de grano para su uso como biocombustible, especialmente orientados hacia zonas consideradas marginales, no sólo para optimizar la explotación de nuestros recursos y la economía de éstas zonas, sino para contribuir también, en revertir la tendencia a la reducción del número de especies cultivables.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Bibliografía:

- Alcocer-Ruthling, M. Thill, D. y Shafll, B. (1992) Differential competitiveness of sulfonylurea resistant and susceptible prickly lettuce (*Lactuca serriola*). Weed Technology. 6 (1): 303-309.
- Bierhuizen, J.F, Wagenvoort, W.A. (1974) Some aspects of seed germination- in vegetables. Scientia Horticulturae. 3 (2): 213-219.
- Carballo, S.
www.inta.gov.ar/invest/proyectos/bioenergia_PNEG1411.pdf. Septiembre, 2011
- Cheng y Bradford. (2002) Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. Weed Science. 50 (1): 248-260.
- Dorado, M., Amores, A. y Vázquez, A. (1996) Tres cultivos para aprovechamiento energético. Revista del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 27 (1): 740-770.
- De Haro, A. www.globalenergy.es/index.php?page=programa&id=20. Julio, 2011.
- Falasca, S. www.biodiesel.com.ar/download/cinea_plaganacional.pdf. Agosto, 2011.
- Finch-Savage, W. The Use of population-Based Threshold models to describe and predict the effects of seedbed environment on germination and seedling emergence of crops. En: Benech-Arnold, R. y Sanchez, R.(eds.). Handbook of seed physiology. Nueva York, Food Products Press, 1era edición, 2004, pág. 51-84.
- García Huidobro, J. (1982) Time, temperature, and germination of pearl millet (*Pennisetum typhoides* S. & H.). Journal of Experimental Botany. 33: 288-296.



- International Seed Testing Association .International rules for seed testing, www.seedtest.org/en/home.html Agosto, 2011.
- Lascarro, J.
www.copimerainternacional.org/publicaciones/revista_techno/ener_re/8_potencial.pdf. Septiembre, 2011.
- Matilla Á. Germinación y dormición de semillas. En: Azcon-Bieto, J. y Talón, M.(eds.) Fundamentos de Fisiología Vegetal. Barcelona, Edicions Universitat de Barcelona, 1ª edición, 2000, pág. 445.
- Mayer, A. Poljakoff, M. *The Germination of Seeds*, Estados Unidos de América, General Editors, 2ª edición, 1975, Volumen 5, pág. 21-45.
- Miralles, D. Windauer, L. Gomez, N. Qué factores regulan el desarrollo?. En: Satorre, E. Benech Arnold, L. Slafer, G. De la Fuente, E. Miralles, D. Otegui, M. Savin, R.(eds.). Producción de Granos. Base funcionales para su manejo. Buenos Aires Argentina, Editorial facultad de Agronomía. 1ª edición, 2003, pág. 65-71.
- Moreno González, A. *La Energía*. Madrid, Editorial Acento, 1ª edición, 1997. Pág. 96.
- Paunero, I. www.inta.gob.ar/noticias/delfina-inta-la-primera-mostaza-argentina/. Mayo, 2012
- Perez Bueno, M. *La Mostaza, cultivo, enfermedades, rendimientos e industrialización*. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa, 1ª edición, 1994, pág. 31.
- Ploschuck, E.L. y Windauer, L.B. *Bioenergía 2006: Avances y perspectiva*. Buenos Aires, Editorial Facultad de Agronomía (UBA), 1ª edición, 2006, pág. 69.
- Puga, N. (2011) Temperaturas cardinales de desarrollo en la etapa siembra-emergencia de 11 pastos forrajeros. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 2 (3): 347-357.
- Ritchie, J.T. Nesmith, D. Modeling Plant and Soil Systems. En: Hanks, M. y Ritchie, J.T. (eds.) *Temperature and Crop Development*. Estados Unidos de América, Editorial Hanks and Ritchie, 1ª edición, 1991, pág 22.
- Roberts, E y Ellis, R. (1989). An intermediate category of seed storage behavior. Journal experiment of botany. 41: 1167-1174.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

- Rollins, R. The Cruciferae of Continental North America. Universidad de Stanford, California. (1993)
- Schuster-Gajzágó, I., Kiszter, A. K., Tóth-Márkus, M., Baráth, A., Márks-Bednarik, Z. y Czukor, B. The effect of radio frequency heat treatment on nutritional and colloid-chemical properties of different white mustard (*Sinapis alba* L.) varieties. Universidad de Budapest (2006).
- Welbaum, G.E. y Bradford, K.J. Water relations of seed development and germination in muskmelon (*Cucumis melo* L.).Universidad de California (1991).
- Windauer L., Altuna A, Benech-Arnold RL. (2007) Hydrottime analysis of *Lesquerella fendleri* seed germination responses to priming treatments. Industrial Crops and Products. 25:70-74.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Anexos:

Tablas de germinación diaria

Mostaza Marrón, <i>Brassica juncea</i>												
	Diarias				Acumulado				Porcentajes			
10°C	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
Día 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Día 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Día 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Día 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Día 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Día 6	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0
Día 7	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	2	2
Día 8	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	2
Día 9	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	2
Día 10	0	1	0	0	0	1	1	1	0	2	2	2
Día 11	0	0	0	0	0	1	1	1	0	2	2	2
Día 12	0	1	0	0	0	2	1	1	0	4	2	2
Día 13	0	0	0	0	0	2	1	1	0	4	2	2
Día 14	0	0	0	0	0	2	1	1	0	4	2	2
Día 15	0	0	2	0	0	2	3	1	0	4	6	2
Día 16	0	0	3	0	0	2	6	1	0	4	12	2
Día 17	0	0	0	0	0	2	6	1	0	4	12	2
Día 18	1	0	0	1	1	2	6	2	2	4	12	4
Día 19	0	0	0	0	1	2	6	2	2	4	12	4



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Mostaza Marrón, <i>Brassica juncea</i>												
	Diarias				Acumulado				Porcentajes			
15°C	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
Día 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Día 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Día 3	18	2	16	2	18	2	16	2	36	4	32	4
Día 4	5	8	9	2	23	10	25	4	46	20	50	8
Día 5	0	1	2	2	23	11	27	6	46	22	54	12
Día 6	0	0	1	1	23	11	28	7	46	22	56	14
Día 7	0	0	0	0	23	11	28	7	46	22	56	14
Día 8	0	0	0	0	23	11	28	7	46	22	56	14
Día 9	0	0	0	0	23	11	28	7	46	22	56	14
Día 10	0	0	0	0	23	11	28	7	46	22	56	14
Día 11	0	0	0	0	23	11	28	7	46	22	56	14
Día 12	0	0	0	0	23	11	28	7	46	22	56	14
Día 13	0	0	0	0	23	11	28	7	46	22	56	14
Día 14	0	0	0	0	23	11	28	7	46	22	56	14
Día 15	1	0	0	0	24	11	28	7	48	22	56	14
Día 16	0	0	0	0	24	11	28	7	48	22	56	14
Día 17	0	0	0	0	24	11	28	7	48	22	56	14
Día 18	0	0	0	0	24	11	28	7	48	22	56	14
Día 19	0	0	0	0	24	11	28	7	48	22	56	14



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Mostaza Marrón, <i>Brassica juncea</i>												
	Diarias				Acumulado			Porcentajes				
20°C	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R4	R1	R2	R3	R4	
Día 1	0	1	1	0	0	1	0	0	2	2	0	
Día 2	22	39	34	28	22	40	28	44	80	70	56	
Día 3	17	5	11	10	39	45	38	78	90	92	76	
Día 4	0	0	1	1	39	45	39	78	90	94	78	
Día 5	2	0	0	0	41	45	39	82	90	94	78	
Día 6	0	0	0	2	41	45	41	82	90	94	82	
Día 7	0	0	0	0	41	45	41	82	90	94	82	
Día 8	0	0	0	0	41	45	41	82	90	94	82	
Día 9	0	0	0	0	41	45	41	82	90	94	82	
Día 10	0	0	0	0	41	45	41	82	90	94	82	
Día 11	0	0	0	0	41	45	41	82	90	94	82	
Día 12	0	0	0	0	41	45	41	82	90	94	82	
Día 13	0	0	0	0	41	45	41	82	90	94	82	
Día 14	0	0	0	0	41	45	41	82	90	94	82	
Día 15	0	0	0	0	41	45	41	82	90	94	82	



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Mostaza Marrón, <i>Brassica juncea</i>												
	Diarias				Acumulado				Porcentajes			
25°C	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
Día 1	31	42	40	42	31	42	40	42	62	84	80	84
Día 2	11	4	6	6	42	46	46	48	84	92	92	96
Día 3	2	1	2	0	44	47	48	48	88	94	96	96
Día 4	4	3	0	1	48	50	48	49	96	100	96	98
Día 5	0	0	0	0	48	50	48	49	96	100	96	98
Día 6	0	0	0	0	48	50	48	49	96	100	96	98
Día 7	0	0	0	0	48	50	48	49	96	100	96	98
Día 8	1	0	0	0	49	50	48	49	98	100	96	98
Día 9	0	0	0	0	49	50	48	49	98	100	96	98
Día 10	0	0	0	0	49	50	48	49	98	100	96	98
Día 11	0	0	0	1	49	50	48	50	98	100	96	100
Día 12	0	0	0	0	49	50	48	50	98	100	96	100
Día 13	0	0	0	0	49	50	48	50	98	100	96	100
Día 14	0	0	0	0	49	50	48	50	98	100	96	100
Día 15	0	0	0	0	49	50	48	50	98	100	96	100



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Mostaza Marrón, <i>Brassica juncea</i>										
	Diarias				Acumulado		Porcentajes			
30°C	R1	R2	R3	R4	R1	R3	R1	R2	R3	R4
Día 1	6	10	8	10	6	8	12	20	16	20
Día 2	12	7	8	11	18	16	36	34	32	42
Día 3	1	7	7	5	19	23	38	48	46	52
Día 4	8	1	2	2	27	25	54	50	50	56
Día 5	4	4	16	6	31	41	62	58	82	68
Día 6	8	6	2	2	39	43	78	70	86	72
Día 7	5	5	3	2	44	46	88	80	92	76
Día 8	1	0	0	0	45	46	90	80	92	76
Día 9	1	0	0	0	46	46	92	80	92	76
Día 10	0	0	1	0	46	47	92	80	94	76
Día 11	0	0	0	0	46	47	92	80	94	76
Día 12	0	0	0	0	46	47	92	80	94	76
Día 13	0	0	0	0	46	47	92	80	94	76
Día 14	0	0	0	0	46	47	92	80	94	76
Día 15	0	0	0	0	46	47	92	80	94	76



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Mostaza Amarilla, <i>Sinapis alba</i>												
	Diarias				Acumulado				Porcentajes			
10°C	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
Día 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Día 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Día 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Día 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Día 5	0	2	5	0	0	2	5	0	0	4	10	0
Día 6	2	2	2	1	2	4	7	1	4	8	14	2
Día 7	1	1	2	1	3	5	9	2	6	10	18	4
Día 8	1	2	2	4	4	7	11	6	8	14	22	12
Día 9	1	2	0	3	5	9	11	9	10	18	22	18
Día 10	1	2	0	13	6	11	11	22	12	22	22	44
Día 11	0	0	5	6	6	11	16	28	12	22	32	56
Día 12	0	4	8	6	6	15	24	34	12	30	48	68
Día 13	1	1	1	4	7	16	25	38	14	32	50	76
Día 14	1	1	0	1	8	17	25	39	16	34	50	78
Día 15	0	0	0	0	8	17	25	39	16	34	50	78
Día 16	0	0	0	0	8	17	25	39	16	34	50	78
Día 17	0	2	0	2	8	19	25	41	16	38	50	82
Día 18	0	2	2	0	8	21	27	41	16	42	54	82
Día 19	1	1	1	1	9	22	28	42	18	44	56	84



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Mostaza Amarilla, <i>Sinapis alba</i>												
	Diarias				Acumulado				Porcentajes			
15°C	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
Día 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Día 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Día 3	0	2	4	9	0	2	4	9	0	4	8	18
Día 4	2	8	19	11	2	10	23	20	4	20	46	40
Día 5	0	2	1	7	2	12	24	27	4	24	48	54
Día 6	0	0	0	0	2	12	24	27	4	24	48	54
Día 7	0	1	1	1	2	13	25	28	4	26	50	56
Día 8	0	4	1	3	2	17	26	31	4	34	52	62
Día 9	0	0	2	1	2	17	28	32	4	34	56	64
Día 10	3	2	0	1	5	19	28	33	10	38	56	66
Día 11	7	2	0	0	12	21	28	33	24	42	56	66
Día 12	5	2	2	0	17	23	30	33	34	46	60	66
Día 13	1	1	2	0	18	24	32	33	36	48	64	66
Día 14	0	2	3	0	18	26	35	33	36	52	70	66
Día 15	2	2	1	2	20	28	36	35	40	56	72	70
Día 16	1	1	0	2	21	29	36	37	42	58	72	74
Día 17	3	1	0	2	24	30	36	39	48	60	72	78
Día 18	1	0	0	0	25	30	36	39	50	60	72	78
Día 19	1	0	0	0	26	30	36	39	52	60	72	78



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Mostaza Amarilla, <i>Sinapis alba</i>												
	Diarias				Acumulado				Porcentajes			
20°C	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
Día 1	0	1	2	0	0	1	2	0	0	2	4	0
Día 2	25	32	35	36	25	33	37	36	50	66	74	72
Día 3	11	9	6	6	36	42	43	42	72	84	86	84
Día 4	4	2	3	2	40	44	46	44	80	88	92	88
Día 5	1	3	0	0	41	47	46	44	82	94	92	88
Día 6	3	0	3	1	44	47	49	45	88	94	98	90
Día 7	0	0	1	3	44	47	50	48	88	94	100	96
Día 8	1	1	0	0	45	48	50	48	90	96	100	96
Día 9	0	1	0	0	45	49	50	48	90	98	100	96
Día 10	0	0	0	0	45	49	50	48	90	98	100	96
Día 11	0	0	0	0	45	49	50	48	90	98	100	96
Día 12	0	0	0	0	45	49	50	48	90	98	100	96
Día 13	0	0	0	0	45	49	50	48	90	98	100	96
Día 14	0	0	0	0	45	49	50	48	90	98	100	96
Día 15	1	0	0	0	46	49	50	48	92	98	100	96



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Mostaza Amarilla, <i>Sinapis alba</i>												
	Diarias				Acumulado				Porcentajes			
25°C	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
Día 1	15	19	27	27	15	19	27	27	30	38	54	54
Día 2	28	18	9	18	43	37	36	45	86	74	72	90
Día 3	2	2	7	2	45	39	43	47	90	78	86	94
Día 4	2	3	1	0	47	42	44	47	94	84	88	94
Día 5	0	2	0	0	47	44	44	47	94	88	88	94
Día 6	2	2	1	1	49	46	45	48	98	92	90	96
Día 7	0	0	0	0	49	46	45	48	98	92	90	96
Día 8	0	1	1	0	49	47	46	48	98	94	92	96
Día 9	0	0	1	0	49	47	47	48	98	94	94	96
Día 10	1	0	0	0	50	47	47	48	100	94	94	96
Día 11	0	0	0	0	50	47	47	48	100	94	94	96
Día 12	0	0	0	0	50	47	47	48	100	94	94	96
Día 13	0	0	0	0	50	47	47	48	100	94	94	96
Día 14	0	0	0	0	50	47	47	48	100	94	94	96
Día 15	0	0	0	0	50	47	47	48	100	94	94	96



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Mostaza Amarilla, <i>Sinapis alba</i>												
	Diarias				Acumulado				Porcentajes			
30°C	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
Día 1	18	13	18	13	18	13	18	13	36	26	36	26
Día 2	9	12	7	10	27	25	25	23	54	50	50	46
Día 3	6	8	8	11	33	33	33	34	66	66	66	68
Día 4	1	0	2	4	34	33	35	38	68	66	70	76
Día 5	1	2	3	1	35	35	38	39	70	70	76	78
Día 6	0	0	0	0	35	35	38	39	70	70	76	78
Día 7	0	0	1	2	35	35	39	41	70	70	78	82
Día 8	0	0	0	0	35	35	39	41	70	70	78	82
Día 9	0	0	0	0	35	35	39	41	70	70	78	82
Día 10	0	0	0	0	35	35	39	41	70	70	78	82
Día 11	0	0	0	0	35	35	39	41	70	70	78	82
Día 12	0	0	0	0	35	35	39	41	70	70	78	82
Día 13	0	0	0	0	35	35	39	41	70	70	78	82
Día 14	0	0	0	0	35	35	39	41	70	70	78	82
Día 15	0	0	0	0	35	35	39	41	70	70	78	82