

¿Es posible aumentar la eficiencia de la temperatura en la germinación de semillas

por: J.M. Durán, G.B. Bruno y R.L. Alcántara*

INTRODUCCION

Vaya por delante que la respuesta a la pregunta que sirve de título al presente artículo, y que analizaremos en varios apartados, será finalmente afirmativa. No obstante, parece lógico justificar la pregunta y situar el entorno en el cual tiene cabida. Admitiendo que la respuesta a esta pregunta es afirmativa, inmediatamente formularemos otras preguntas, como las siguientes: 1) ¿Cómo conseguirlo?; 2) ¿a qué precio?; 3) ¿puedo utilizar las mismas instalaciones con las que ahorauento?; 4) ¿necesitaré mano de obra auxiliar?; 5) ¿tendré que usar productos químicos o técnicas contaminantes?. A todas estas preguntas y probablemente a algunas más intentaremos dar respuesta a lo largo del presente artículo. Para ello, nos serviremos fundamentalmente de la experiencia adquirida en el Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia, de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid, durante los últimos años, en los ensayos de germinación de semillas de especies consideradas tradicionalmente como hortícolas (lechuga) y otras denominadas, también tradicionalmente, como especies de gran cultivo o especies extensivas (girasol). Hemos elegido estas dos especies por la importancia que ambas representan en la economía nacional española.

TEMPERATURAS OPTIMAS PARA LA GERMINACION

Diversos tratados de Biología, Fisi-

ología y Ecología de Semillas, cuando hablan de la importancia que tiene la temperatura sobre la germinación de semillas se refieren casi siempre al término de temperatura óptima. No obstante, pocas veces indican qué entienden por temperatura óptima y de ahí algunas de las sorpresas que muchas veces se consiguen cuando uno intenta hacer germinar las semillas de una especie en las supuestas condiciones óptimas de temperatura. Con cierta frecuencia sucede que, la temperatura que es óptima para una variedad comercial (cultivar) no lo es

óptimas de germinación no coinciden, podemos explicar este hecho acudiendo a múltiples razones: 1) Genéticamente son materiales distintos y teniendo en cuenta que en muchos casos se trata de híbridos (F_1) los parentales que dieron lugar a las semillas de uno u otro lote pueden ser muy diferentes entre sí; 2) las condiciones de todo tipo (medioambientales, técnicas de cultivo, almacenamiento, manipulación, etc.), pueden contribuir a modificar el comportamiento de las semillas en pruebas de germinación; 3) en algunos casos la respuesta de las semillas depende del sustrato utilizado o de la técnica seguida en las pruebas de germinación; 4) determinados cultivares pueden presentar distintos problemas de dormición/latencia, que en algunos casos pueden impedir la comercialización de un lote de semillas y 5) requerimiento de condiciones específicas, principalmente de luz u oscuridad como ocurre por ejemplo con las semillas fotosensibles de lechuga.

Las oscilaciones de germinación que con el paso del tiempo presentan algunas semillas, por lo general suelen ser más difíciles de explicar y lo que es peor, casi siempre imposibles de predecir lo que, normalmente conduce a la inhabilitación del lote de semillas que así se comporta. Este tipo de problemas suele recibir el nombre dormición o latencia inducida y las causas que lo desencadenan -no siempre bien conocidas- suelen estar asociadas al manejo de las semillas durante las operaciones de recolección, transporte, limpieza, calibración y almacenamiento. Las semillas de algunos cultivares de lechuga son especialmente sensibles a este tipo de problemas.

Es lógico pensar que, en ambos casos, la temperatura puede jugar un papel diferente y de ahí que la temperatura que

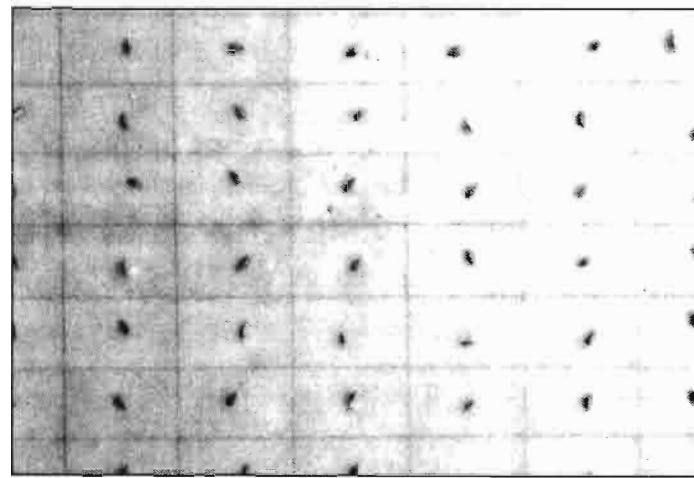
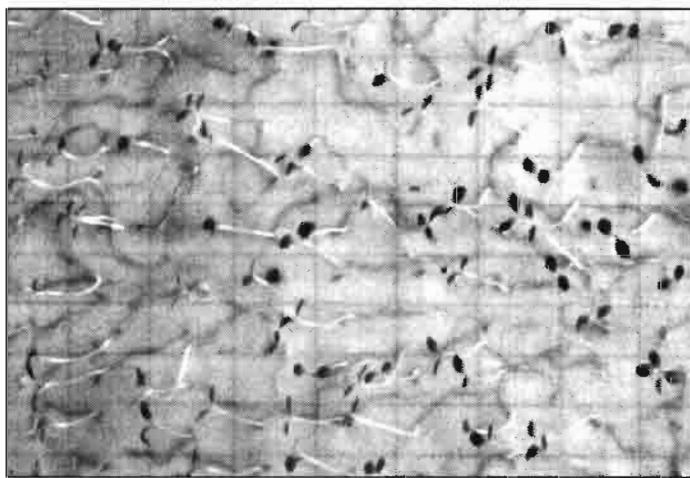
Métodos de aportación de calor a las semillas

Ensayos en lechuga y girasol

para otra de la misma especie. A veces también podemos encontrar que, semillas del mismo cultivar que muestran un porcentaje de germinación aceptable (80-90 %) en un momento dado, pocos días después de haber realizado los primeros ensayos de germinación -sin saber por qué- ven reducida su capacidad germinativa hasta límites que impiden cualquier procesamiento y comercialización posterior.

En el primer caso, cuando hablábamos de cultivares cuyas temperaturas

(*) Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos
Universidad Politécnica de Madrid



Germinación de semillas de lechuga en condiciones favorables (20-25°C) y desfavorables (30°C) a los siete días de germinación.

resulta óptima para una especie o cultivar no lo sea para otro, aunque en principio pudieramos pensar que por el aspecto de la planta o de la propia semilla fuese muy similar.

Desde hace ya varios años es bien conocido el hecho de que las semillas de algunas especies cultivadas, entre las que se encuentran muchas de las hortícolas, muestran menores necesidades de calor cuando han sido previamente acondicionadas con determinadas sales minerales como nitrato potásico (KNO_3) o compuestos orgánicos como polietilenoglicol (PEG). Un ejemplo clásico de lo que acabamos de señalar lo ofrecen las semillas de lechuga pre-acondicionadas con KNO_3 . La Fig. 1 nos muestra claramente que, entre 10 y 30°C, las semillas pre-acondicionadas de lechuga requieren menos temperatura/calor para germinar que las consideradas como control.

TEMPERATURAS ESTANDAR DE GERMINACION

Los organismos internacionales encargados de controlar la calidad de las semillas, como la ISTA (*International Seed Testing Association*) a la que España pertenece, o la AOSA (*Association of Official Seed Analysts*), tras numerosos ensayos de laboratorio realizados en diversos países y celebración de varias reuniones de trabajo y congresos especializados, han propuesto lo que normalmente se conoce con el nombre de «Normas Internacionales para los Ensayos de Germinación de Semillas». En ellas se encuentran las condiciones normalizadas de sustrato (papel, arena, mantillo, etc.), humedad (cámaras especiales), aireación (entre papel, sobre papel, etc.), iluminación (con o sin luz y número de horas en el segundo caso) y

temperatura que se recomiendan para llevar a cabo los ensayos de germinación. Estas condiciones son las que normalmente utilizan todas las Estaciones Oficiales de Ensayo de Semillas (nacionales y autonómicas) y Empresas de Semillas.

Para la lechuga, las recomendaciones de la ISTA sugieren las siguientes condiciones:

1. Sustrato. Papel de filtro normalizado, pudiendo disponerse las semillas en-

tre papel (BP = Between paper) o sobre (TP = Top of paper) discos o láminas del mismo material.

2. Temperatura. Constante, a 20°C, durante 7 días.

3. Iluminación. Con o sin luz. La luz favorece el desarrollo de plántulas normales (no etioladas) y por ello se recomienda. Cuando se utiliza luz ésta debe proporcionarse durante un mínimo de 8 h cada 24 h.

4. Pre-tratamientos. Para eliminar posibles problemas de dormición/latencia

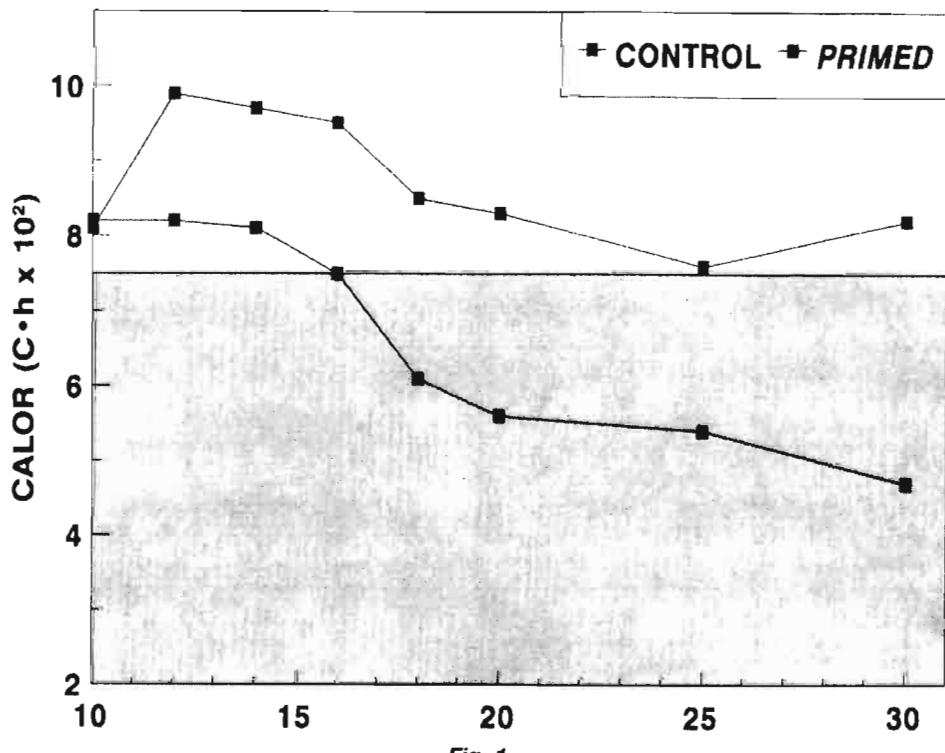


Fig. 1.
Comparación de las necesidades de calor en semillas pre-acondicionadas (KNO_3 , 0.3 M) de lechuga (*Lactuca sativa*).

SEMILLAS

se recomienda un pre-enfriamiento (5-10° C) durante 7 días.

¿POR QUÉ INTENTAR MEJORAR LA EFICIENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS?

En los apartados anteriores hemos visto cómo algunas semillas, aún hallándose en condiciones supuestamente favorables para la germinación (humedad, temperatura, aireación y en algunos casos iluminación), no germinan o lo hacen de forma poco satisfactoria. En principio, la temperatura es uno de los factores que más fácilmente puede ser modificado y controlado. No obstante, también ha quedado claro que para algunas especies no es fácil encontrar un óptimo de temperatura.

A las razones anteriormente expuestas, de por sí importantes, hay que unir alguna más de tipo económico. Según ASEHOR, la primera Asociación Española de Semilleros Hortícolas, fundada en 1.993, tan sólo en la provincia de Almería se cultivan más de 15.000 ha de cultivos hortícolas extra-tempranos bajo abrigo. La mayor parte de plantas que cubren estos invernaderos proceden de la germinación de una semilla. De ahí la importancia que adquiere el optimizar cada uno de los parámetros que influyen en la germinación de las semillas y de un modo especial la temperatura, por ser uno de los que, en la mayor parte de los casos, presenta mayor incidencia.

¿COMO MEJORAR LA EFICIENCIA DE LA TEMPERATURA SOBRE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS?

En principio, la eficiencia de la temperatura sobre el proceso germinativo de una semilla puede mejorarse desde tres puntos de vista diferentes: 1) Determinando la temperatura constante óptima a la que debe colocarse un lote de semillas para lograr el porcentaje de germinación más favorable; 2) encontrando la combinación de temperaturas alternas (T_1/T_2) más conveniente para desencadenar o estimular la germinación y 3) estudiando la temperatura óptima que el proceso germinativo requiere en cada etapa.

Durante muchos años, la atención de numerosos investigadores y especialistas en el ámbito de las semillas se ha dirigido fundamentalmente hacia la determinación de los dos objetivos señalados en primer lugar. La dificultad que entraña conocer las sucesivas etapas por las que pasa una semilla, desde que inicia la

germinación con la absorción de agua hasta que emerge la radícula o deja asomar los cotiledones, ha impedido que los óptimos de temperatura de cada una de estas etapas pueda ser conocido.

En nuestro trabajo, sin pretender determinar cuáles son estas etapas, ni mucho menos establecer la temperatura óptima de cada una de ellas, hemos tratado de hallar una solución a este problema. La solución que ofrecemos pasa por comparar la respuesta que, desde el punto de vista de la germinación, se alcanza cuando se aporta una determinada cantidad de calor, bajo diferentes modalidades. Dado que las modalidades que pueden ensayarse son prácticamente infinitas, en este artículo vamos a comparar tan sólo tres de ellas. Para ello hemos utilizado dos especies: Lechuga (*Lactuca sativa*) y girasol (*Helianthus annuus*). Los métodos que vamos a comparar son los siguientes: **Método A**, Temperatura constante según las recomendaciones de la ISTA (20° C para lechuga y 25° C para girasol); **Método B**, Temperatura ascendente entre 15 y 30° C, durante las 48 primeras horas de germinación y constante (20° C) a partir de las 48 h y **Método C**, Temperatura descendente entre 30 y 15° C, durante las 48 primeras horas de germinación y cons-

tante (20° C) a partir de las 48 h. Las variaciones de temperatura, así como una estimación del calor total acumulado durante las primeras horas de germinación, según cada modelo, puede verse en la Fig. 2 para las semillas de lechuga.

RESULTADOS

En la Fig. 3 se ha representado cómo influye la cantidad de calor aportado durante las primeras etapas sobre el porcentaje de germinación que alcanzan las semillas de lechuga, según el método utilizado: A, temperatura constante; B, temperatura ascendente y C, temperatura descendente. Los resultados son espectaculares. Tomando como referencia lo que sucede a las 48 h de germinación, vemos que las semillas germinadas a temperatura constante (A) apenas han alcanzado el 20 % de germinación, mientras que las que han germinado con temperatura ascendente (B) superan el 90 % y las que lo hicieron a temperatura descendente superan el 50 %. La Fig. 4 nos permite comparar en términos de igualdad de calor los mismos resultados, que nos llevan de nuevo a idénticas conclusiones. La superposición de líneas punteadas sobre los resultados que se exponen en la Fig. 4 nos permite conocer cuánto tiempo tiene que transcurrir para que un método deje de ser más ventajoso que otro. En el caso que nos ocupa (semillas de lechuga), el método C (temperatura descendente) deja de ser más ventajoso que el A (temperatura constante) a partir de aproximadamente 60 horas después de haber iniciado la germinación.

La Tabla 1 resume los resultados obtenidos con cada uno de los tres métodos, tanto para semillas de lechuga como de girasol y nos permite comparar las ventajas o desventajas que, desde el punto de vista de la germinación, presenta un método sobre otro. Para facilitar su comprensión, se han resaltado aquellos porcentajes de germinación en los que la diferencia respecto al método de la ISTA (A) es superior a 10 unidades. Este criterio, que ciertamente es arbitrario, aunque de gran utilidad y sencillez, nos lleva fácilmente a la siguiente conclusión: Para semillas de lechuga y girasol y para un aporte de calor comprendido entre 600 y 1000 C·h, el método que hemos denominado de temperatura ascendente (Fig. 2.B) es mucho mejor que el método de temperatura constante recomendado por la ISTA (Fig. 2.A). El método de temperatura descendente (Fig. 2.C) es mejor que el método de temperatura constante recomendado por la ISTA (Fig. 2.A) tan sólo a partir de 800 C·h. A

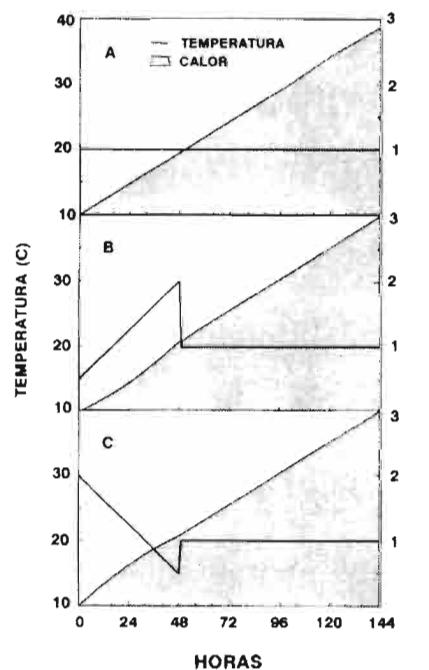


Fig. 2.
Programación de temperatura y cantidad de calor acumulado según diferentes métodos, durante la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*).

partir 1000 C·h, las diferencias entre métodos son menos manifiestas o dependen del tipo de semilla en cada caso.

¿QUE REQUERIMIENTOS SE PRECISAN PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DE LA TEMPERATURA SOBRE LA GERMINACION DE SEMILLAS?

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, si se dispone de una cámara en

la que se hacen germinar semillas a temperatura constante, el único equipo adicional que se precisa es un controlador de temperatura que permita programar una rampa ascendente o descendente de temperatura. Estos equipos, conocidos normalmente como controladores, programadores o autómatas, son fáciles de encontrar en el mercado nacional y su coste, contando con una configuración mínima, es totalmente compatible con el coste que normalmente represen-

ta una cámara provista de una unidad de control fiable de temperatura constante. La instalación del equipo, si bien es sencilla, es recomendable que se lleve a cabo por personal especializado. La programación puede ser muy simple, si se utilizan funciones/teclas predefinidas, o llegar a ser bastante complicada, cuando se intenta utilizar por primera vez algunas de las múltiples posibilidades de control que ofrecen los autómatas más modernos.

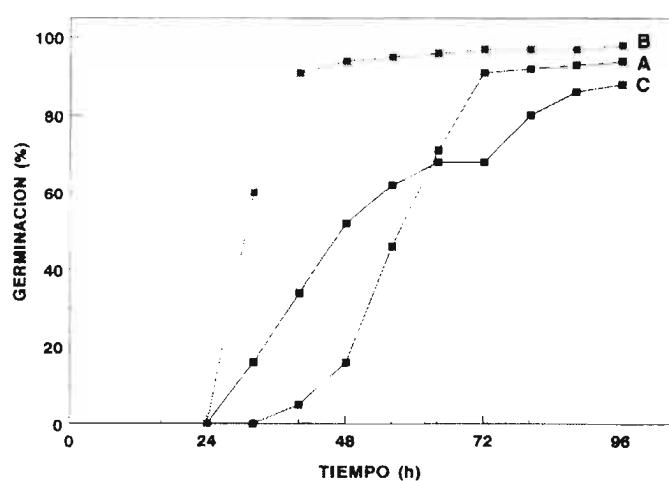


Fig. 3.

Porcentaje de germinación en semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) según diferentes métodos de germinación: A, Temperatura constante (20 C); B, temperatura ascendente (15-30 C) durante 48 h y constante (20 C) y método C, temperatura descendente (30-15 C) durante 48 h y constante (20 C).

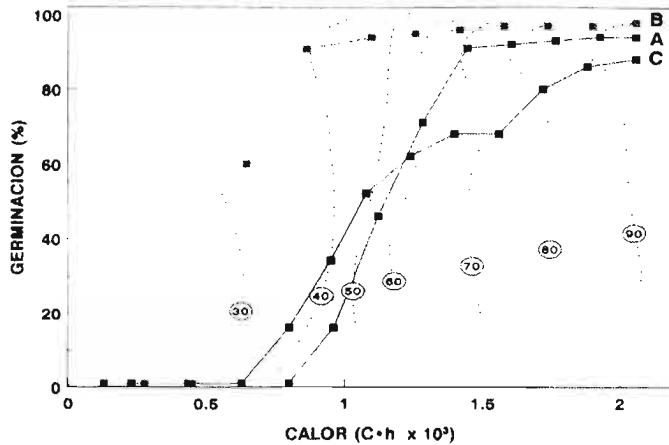
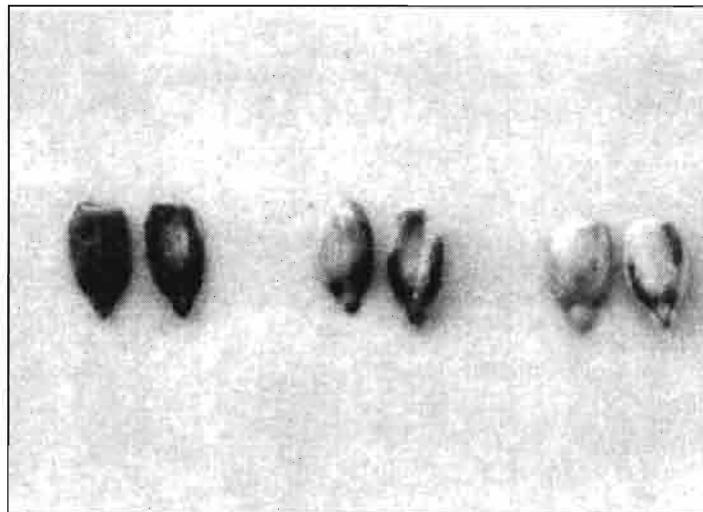


Fig. 4.

Porcentaje de germinación en semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) para diferentes cantidades de calor aportado, según diferentes métodos de germinación: A, Temperatura constante (20 C); B, temperatura ascendente (15-30 C) durante 48 h y constante (20 C) y método C, temperatura descendente (30-15 C) durante 48 h y constante (20 C). Las líneas con puntos indican el número de horas necesario para alcanzar una determinada cantidad de calor.



Aspectos de los aquenios de girasol al test Topográfico de Tetrazolio.

CALOR (C·h)	LECHUGA			GIRASOL		
	A	B	C	A	B	C
500	0	7	0	0	3	0
600	0	37	0	0	15	0
700	1	63	6	0	26	5
800	5	79	16	0	35	14
900	11	91	27	10	44	27
1000	23	92	40	21	50	48
1500	91	96	68	66	74	93
2000	94	97	87	96	96	98

Tabla 1.

Porcentajes de germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) y aquenios de girasol (*Helianthus annuus*) según distintos métodos de aporte de calor: Método A, Temperatura constante a 20 C (lechuga) y 25 C (girasol), según las recomendaciones de la ISTA; Método B, Temperatura ascendente (15-30 C), durante las 24 primeras horas de germinación y temperatura constante (20 C) y Método C, Temperatura descendente (30-15 C), durante las 24 primeras horas de germinación y constante (20 C). Los porcentajes de germinación sombreados presentan diferencias superiores al 10 % respecto al Método A.