

EFFECTO DE LA LUZ, TEMPERATURA Y ÁCIDO GIBERÉLICO SOBRE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE POBLACIONES DE CHILE SILVESTRE

Sergio Hernández Verdugo¹,

RESUMEN

Se analizaron los efectos de la luz, la temperatura y el ácido giberélico (GA) y la variación en la germinación de catorce poblaciones de chile (*Capsicum annuum*) silvestre del noroeste de México. La oscuridad con temperatura constante de 25 °C inhibió la germinación en todas las poblaciones estudiadas. La temperatura fluctuante y el AG rompieron la inhibición en la germinación de las semillas impuesta por la oscuridad. La luz y la temperatura presentaron una interacción positiva que se manifestó en un aumento considerable en el porcentaje de germinación de las semillas de *C. annuum* silvestre, mientras que la luz y el AG tuvieron un efecto aditivo sobre esta capacidad de germinación. Los requerimientos de luz y temperatura fluctuante para la germinación de las semillas de todas las poblaciones de chile silvestre, a diferencia de las semillas de la variedad de chiles cultivados, indicó que esta característica se perdió durante el proceso de domesticación. Las diferentes poblaciones mostraron una elevada variación en su capacidad de germinación. La falta de correlación entre la variación en la germinación de las diferentes poblaciones con los principales factores climáticos y geográficos de los sitios de colecta, no permite atribuirle a esta variación un valor adaptativo. La elevada variación en la capacidad de germinación entre las diferentes poblaciones de *C. annuum* silvestre aquí estudiadas, sugiere que los resultados de estudios de especies silvestres basados en una sola población, deben tomarse con precaución.

Palabras clave: luz, temperatura fluctuante, domesticación, germinación, variación.

INTRODUCCIÓN

La germinación de las semillas es un proceso de gran trascendencia para el establecimiento y sobrevivencia de las plantas en condiciones naturales. Después de que una semilla ha germinado, las plántulas son extremadamente vulnerables a los cambios ambientales y su destino depende de que las condiciones le sean propicias para llegar a la madurez. Por esto, normalmente se considera que la variación de los mecanismos que regulan la germinación de las semillas está bajo fuertes presiones selectivas, y la variabilidad dentro y entre las poblaciones de la misma especie constituyen adaptaciones locales o regionales al clima o a condiciones específicas de su hábitat (Meyer 1992). La luz y la temperatura son de los factores más importantes que regulan la latencia y la germinación de las semillas en condiciones naturales (Pons 1992). La temperatura fluctuante puede romper la latencia de las semillas de varias especies de plantas y puede sustituir los requerimientos de luz. En condiciones experimentales, las fluctuaciones en la temperatura puede aumentar la

¹Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa; Culiacán, Sinaloa, México.
Sergioh2002mx@yahoo.com.mx

capacidad de germinación de las semillas, tanto en luz, como en oscuridad (Naylor y Abdalla 1982). El ácido giberélico (AG) puede romper la latencia de las semillas y frecuentemente reemplaza la necesidad de estímulos ambientales, tales como la luz y la temperatura.

Capsicum annuum (Solanaceae) es la especie de chiles domesticados de mayor importancia económica. Se cultiva en todo el mundo y en las principales regiones agrícolas de México. Las poblaciones de chile silvestre (*C. annuum* var. *glabriusculum*), conocido comúnmente como “chile chiltepín” se distribuyen desde el sur de los Estados Unidos, hasta Perú. En México, las poblaciones de *C. annuum* silvestre se encuentran bajo los árboles de la selva baja caducifolia, a orillas de los caminos y alrededor de campos cultivados (Hernández-Verdugo *et al.* 1999). *C. annuum* silvestre es un importante recurso genético de nuestro país (Hernández-Verdugo *et al.* 1998 y 2001a). Sin embargo, se conoce muy poco sobre la germinación de sus semillas, un aspecto de gran importancia para su manejo y conservación. Por lo anterior, en este estudio se investigó la capacidad de germinación de las semillas de 14 poblaciones de chile silvestre bajo condiciones experimentales, con los objetivos de: i) estimar los efectos de diferentes condiciones de luz, temperatura fluctuante y ácido giberélico (AG) sobre la germinación de las semillas de *C. annuum* silvestre; ii) cuantificar la variabilidad entre diferentes poblaciones de *C. annuum* silvestre en la germinación sus semillas y ii) evaluar si esta variabilidad está correlacionada con los principales factores climáticos de los sitios de colecta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal. Se colectó semillas de plantas de catorce poblaciones de chile silvestre (*C. annuum*) del noroeste de México, distribuidas a lo largo de un gradiente latitudinal de aproximadamente 600 k. En cada población las semillas se colectaron de frutos maduros de alrededor de 20 plantas.

Experimentos de germinación. Se pusieron a germinar 100 semillas de cada población, en cada tratamiento, distribuidas en cuatro réplicas de 25 semillas cada una, en cajas de Petri de 5 cm de diámetro, con agar y agua destilada como sustrato. Con la intención de evaluar los efectos de la domesticación sobre la germinación de las semillas de *C. annuum* silvestre, en cada experimento de cada población, se pusieron a germinar semillas de chiles cultivados tipo “jalapeños”. En los experimentos de temperatura fluctuante, las semillas se pusieron a germinar en un ciclo de diario (12-12 h) de temperatura fluctuante 25-35 °C con un fotoperíodo de 12 h o bajo oscuridad continua. Los tratamientos con AG consistieron en sembrar las semillas en un medio de agar con 500 ppm de AG, a temperatura constante de 25 °C, en condiciones de un fotoperíodo de 12 h o en oscuridad continua. En cada tratamiento se incluyó una prueba que consistió en poner a germinar semillas incubadas a temperatura constante de 25 °C ya sea en un fotoperíodo de 12 h, o en oscuridad continua. Todos los experimentos se efectuaron en una cámara ambiental (Biotronette Lab-Line Instruments Inc. Melrose Park) (ver detalles en Hernández-Verdugo *et al.* 2001b).

Análisis de los datos. Los porcentajes de germinación se transformaron en sus valores arcosenos y se analizaron mediante análisis de varianza a diferentes niveles. Primero, se efectuó un análisis de varianza de dos vías con las poblaciones y los tratamientos como fuentes de variación, para detectar los patrones generales en la germinación. Para analizar los efectos y las interacción de la luz y la temperatura fluctuante y la luz y el AG, se hicieron dos análisis de varianza particulares. Se hicieron análisis de varianza de una vía para determinar las diferencias en los porcentajes de germinación entre los diferentes tratamientos y poblaciones. Cuando las diferencias fueron significativas ($P < 0.05$), se hizo un comparación múltiple de medias (prueba de Tukey-Kamer).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje de germinación final varió significativamente entre poblaciones, tratamientos y la interacción población por tratamiento (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resumen del análisis de varianza para los efectos de las poblaciones, tratamientos y sus interacciones sobre el porcentaje de germinación total de las semillas de *C. annuum* silvestre.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | F | P |
|-------------------------|--------------------|-------------------|----------|---------|
| Población | 13 | 21830.1 | 30.3609 | <0.0001 |
| Tratamientos | 5 | 92358.5 | 333.9707 | <0.0001 |
| Población X Tratamiento | 65 | 34051.2 | 9.4716 | <0.0001 |
| Error | | 13937.95 | | |

Efectos de la luz, la temperatura y el ácido giberélico.

Las semillas de todas las poblaciones presentaron una nula germinación en el tratamiento de luz y temperatura constante (Fig. 1), mientras que las semillas de la variedad de chiles domesticados germinó cerca del 100 % (datos no mostrados). La luz y la temperatura fluctuante tuvieron un efecto pequeño pero significativo sobre la germinación de las semillas de Chile silvestre cuando actuaron de manera independiente (Fig. 1). En el tratamiento de oscuridad con temperatura fluctuante, el promedio de germinación de todas las poblaciones fue 10.14 %, mientras que en el tratamiento de luz y temperatura constantes el promedio de germinación fue 14.86 %. En cambio, cuando estos dos factores actuaron juntos, la capacidad de germinación promedio de todas las poblaciones aumentó significativa y considerablemente. El promedio de germinación de todas las poblaciones en el tratamiento de luz con temperatura fluctuante fue 57.30 %. Esto significa que la luz y la temperatura fluctuante interactúan de manera positiva para aumentar la capacidad de germinación de las semillas de Chile silvestre. Este valor fue más dos veces la suma de los promedios de germinación de las semillas de Chile silvestre cuando la luz y temperatura fluctuante actuaron de manera independiente.

El análisis de varianza particular corroboró lo anterior, al mostrar una interacción altamente significativa ($F = 127.3907$; $P < 0.001$) entre la luz y la temperatura fluctuante. El AG produjo un efecto importante y significativo sobre la capacidad de germinación de las semillas de Chile silvestre (Fig. 1). El porcentaje de germinación promedio de todas las poblaciones en el tratamiento de oscuridad más AG fue 30.50 %, mientras que en el tratamiento de luz más AG el promedio de germinación fue 45.43 %. Si consideramos

que el porcentaje promedio de germinación de todas las poblaciones bajo condiciones de luz y temperatura constante fue 14.86, significa que la luz y el AG presentaron un efecto aditivo sobre la germinación de las semillas de chile de las poblaciones aquí estudiadas. La interacción ente Luz y AG no fue significativa ($F = 0.4212$; $P = 0.5172$) en el análisis de varianza particular.

La incapacidad de germinar en condiciones de oscuridad y temperatura constante de las semillas de chile silvestre, mientras que las semillas de la variedad domesticada si germinaron bajo estas condiciones, indica que las semillas de esta especie requieren de luz temperaturas fluctuantes para germinar. Estos requerimientos para la germinación son características de los parientes silvestres de las plantas cultivadas, que han sido perdidos durante el proceso de domesticación (Ladizinsky 1987), como es en el caso de *Carica papaya* (Paz y Vázquez-Yanes 1998).

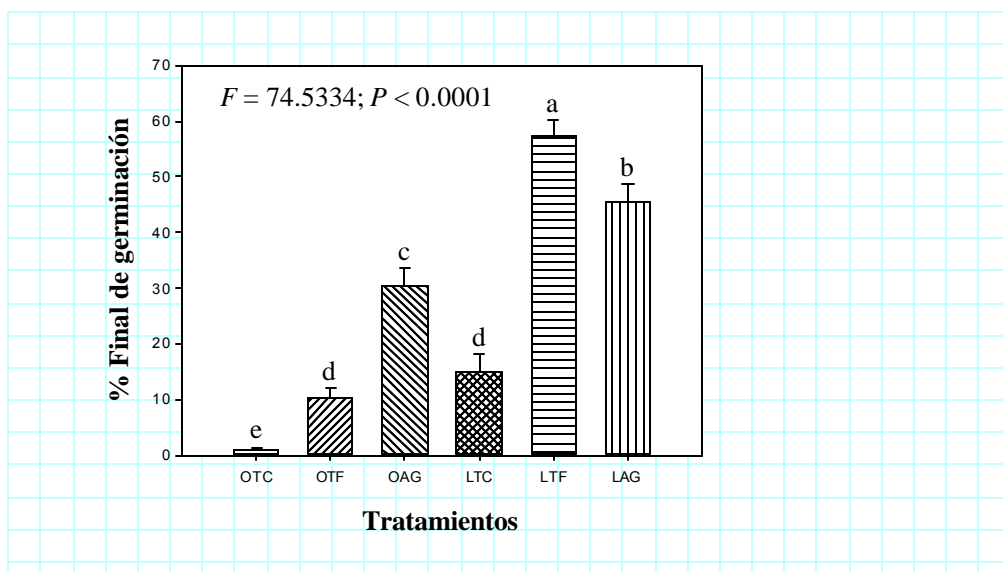


Figura 1. Porcentaje promedio de germinación final de las catorce poblaciones de chile silvestre (*C. annuum*) en en los tratamientos oscuridad con temperatura constante (OTC), oscuridad con temperatura fluctuante (OTF), oscuridad más AG (OAG), luz con temperatura constante (LTC), luz con temperatura fluctuante (LTF) y luz con AG (LAG). Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

La luz y la temperatura fluctuante son de los factores más importantes que participan en la regulación de la germinación de las semillas de plantas que crecen en condiciones naturales (Pons 1992). Se considera que la regulación en la germinación de las semillas por estos factores tiene un valor adaptativo en el establecimiento de bancos de semillas permanentes (Pons 1992). En este estudio, se rompió la inhibición de la germinación de las semillas de *C. annuum* silvestre por las temperaturas fluctuantes de 20-35 °C (Fig. 1). Se ha demostrado que las fluctuaciones de la temperatura son mayores cerca o sobre la

superficie del suelo y en los claros de la vegetación (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia 1982). Las poblaciones silvestres del noroeste de México están sujetas a fluctuaciones diarias en las temperaturas entre el día y la noche, cercanas a los 30 °C. Por lo tanto, es probable que la germinación de las semillas de esta especie esté regulada por la luz y las fluctuaciones en de la temperatura.

El efecto positivo del AG en promover la germinación de las semillas de *C. annuum* silvestre está de acuerdo con otros estudios que mostraron que la aplicación endógena de AG es un método efectivo en promover la germinación de varias especies de plantas (Khan y Ungar 1998).

Variación entre poblaciones.

Las diferentes poblaciones de *C. annuum* estudiadas en el presente estudio, variaron significativamente en sus porcentajes promedio de germinación obtenidos a través de todos los tratamientos (Fig. 2). La media de germinación de todas las poblaciones fue 26.52 %, con un intervalo de 10.83 (población 1) a 55.50 % (población 8) de germinación (Fig. 2).

Se ha considerado que la variación en la germinación entre poblaciones de la misma especie es una adaptación correlacionada con las características de los hábitats, particularmente con los factores climáticos locales (Meyer y Kitchen 1994). Sin embargo, debido a la falta de correlación entre la capacidad de germinación de las semillas de las poblaciones de chile silvestre estudiadas, con las características climáticas y geográficas de los sitios de colecta, no fue posible interpretar tales diferencias como adaptaciones a las condiciones ecológicas locales. Esto no excluye la posibilidad de que las condiciones microclimáticas de los diferentes sitios de colecta, tales como temperatura, fotoperíodo, calidad de luz y disponibilidad de nutrientes, puedan ser lo suficientemente distintas como para haber causado las diferencias en la capacidad de germinación de las semillas de las poblaciones de *C. annuum* silvestre.

La elevada variación en la capacidad de germinación de las semillas de chile silvestre del noroeste de México coincide con los elevados niveles de variación morfológica y genética de estas poblaciones (Hernández-Verdugo *et al.* 1998, 2001c). Las diferencias observadas en la germinación de las semillas de *C. annuum* silvestre de las poblaciones estudiadas, junto con la capacidad de responder a las fluctuaciones de la temperatura, aún en ausencia de luz, pueden ser parte de los mecanismos que le permiten a la especie colonizar diferentes hábitats, que van desde sitios bajo la sombra de la vegetación de la selva baja caducifolia, hasta sitios con elevada perturbación, como son las orillas de los caminos. Adicionalmente, esta elevada variabilidad puede haber contribuido para que *C. annuum* silvestre alcanzara el amplio rango de distribución geográfica que actualmente ocupa, que es desde el sur de los Estados Unidos hasta Perú. Finalmente, la elevada variación en la capacidad de germinación observada entre las poblaciones de *C. annuum* silvestre, nos indica que los resultados obtenidos con una sola población de una misma especie deben tomarse con precaución.

REFERENCIAS

- Hernández-Verdugo S., R.G. Guevara-González, R.F. Rivera-Bustamante, C. Vázquez-Yanes, K. Oyama. 1998. Los parientes silvestres del chile (*Capsicum* spp.) como recursos genéticos. Boletín de la Sociedad Botánica de México 62:171-181.
- Hernández-Verdugo S., P. Dávila, K. Oyama. 1999 Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. Boletín de la Sociedad Botánica de México 64:65-84
- Hernández-Verdugo S., R.G. Guevara-González, R.F. Rivera-Bustamante, K. Oyama. 2001a. Screening wild plants of *Capsicum annuum* for resistance to pepper huasteco virus: presence of viral DNA and differentiation among populations. Euphytica 22:31-36.
- Hernández-Verdugo S., K. Oyama y C. Vázquez-Yanes. 2001b. Differentiation in seed germination among populations of *Capsicum annuum* along a latitudinal gradient in México. Plant Ecology 155: 245-257.
- Hernández-Verdugo S., R. Luna-Reyes, K. Oyama. 2001c. Genetic structure and differentiation of wild and domesticated populations of *Capsicum annuum* from Mexico. Plant Systematics and Evolution 226:129-142.
- Meyer S.E. 1992. Habitat correlated variation in firecracker penstemon (*Panstemon eatonii* Gray: Scrophulariaceae) seed germination response. Bulletin of the Torrey Botanical Club 119: 268-279.
- Meyer S.E. y S.G. Kitchen. 1994. Life history variation in blue flax (*Linum perenne*: Linneaceae) seed germination phenology. American Journal of Botany 76: 981-991.
- Naylor R.E.L. y A. F. Abdalla. Variation in germination behaviour. Seed Science and Technology 10: 67-76.
- Khan M. A. y Ungar I.A. 1998. Seed germination and dormancy of *Polygonum aviculare* L. as influenced by salinity, temperature, and gibberellic acid. Seed Science and Technology 26:107-117.
- Ladizinsky G. 1987. Pulse domestication before cultivation. Economic Botany. 41: 60:65.
- Paz I. y C. Vázquez-Yanes. 1998. Comparative seed ecophysiology of wild and cultivated *Carica papaya* trees from a tropical rain forest region in Mexico. Tree Physiology 18: 277-280.
- Pons T.L. 1992. Seed responses to light. En: Fenner M. (Ed.). Seeds, The Ecology of Regeneration in Plant Communities. CAB. International, Wallingford, pp. 258-284.
- Vázquez-Yanes C. y A. Orozco-Segovia. 1982. Seed germination in a tropical rain forest pioneer tree (*Heliocarpus donnellsmithii*) in response to diurnal fluctuations of temperature. Physiologia Plantarum 56: 295-298.