

Efecto de la temperatura sobre la germinación de diferentes variedades de "quinoa" (*Chenopodium quinoa* Willd.)

C. BOERO*; J. A. GONZÁLEZ* Y F. E. PRADO**

*Fundación Miguel Lillo - Botánica (Instituto de Ecología) - Miguel Lillo 251
(4000) Tucumán - Argentina.

**Facultad de Ciencias Naturales e IML. Cátedra de Fisiología Vegetal, UNT. Miguel Lillo 205
(4000) Tucumán - Argentina.

RESUMEN:

La quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el campo exhibe bajos porcentajes de germinación. Si bien algunos autores relacionan estos bajos valores de germinación a condiciones químicas y/o climáticas estas hipótesis nunca fueron testeadas. Es por esto, que en este trabajo se estudió el efecto de la temperatura sobre la germinación de cuatro variedades de *Ch. quinoa*. Además se registró un elevado número de germinación anormal por arriba y por debajo de la temperatura óptima de germinación. Nuestros datos y otros obtenidos por González y Prado (1992) nos llevan a concluir que en ausencia de estrés hídrico, la quinoa presenta una baja germinación por efecto de la oscilación en la temperatura y la combinación de alta/baja temperatura con el sodio. Así, la zonificación del campo para el cultivo de la quinoa considerando a estos dos factores se los podría considerar, como un complemento para las mejoras en las variedades.

Palabras clave: Quinoa - Germinación-Temperatura.

Summary

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) exhibits low germination percentages in the field. Although diverse authors related these low values to chemical and/or climatic conditions in mountain areas, these hypothesis were never tested. In this sense, in this paper the effect of temperature on germination in four varieties of *Ch. quinoa* were studied. Furthermore, a great number of abnormal germination was recorded above or below the optimum temperature. Our data and others obtained by González and Prado (1992) allows us to conclude that in absence of water stress, quinoa present a low germination by the effect of oscillation temperature and the combination of low/high temperature with sodium. Thus, the zoning of the land used for quinoa growing considering these two factors in advisable, as a complement to variety improvement.

Key words: Quinoa - Germination - Temperature.

Introducción

La "quinoa" (*Chenopodium quinoa* Willd.) junto a otras especies de la familia Chenopodiaceae y algunas de la Amaranthaceae, presenta una extraordinaria resistencia a la salinidad y sequía además de un excelente balance en aminoácidos (González y Prado, 1992; Cardozo y Tapia, 1979). En virtud de esto, esta especie ha comenzado a ser considerada como un posible cultivo alternativo; en especial para aquellas regiones del mundo que exhiben suelos poco aptos para los cultivos tradicionales (Jacobsen, 1993). La quinoa a diferencia de otros cultivos puede crecer en un amplio rango altitudinal (300 - 4000 msnm) y con temperaturas ambientales extremas que pueden oscilar entre -1°C y 35°C (National Research Council, 1989). El grado de adaptación térmica de esta especie es amplio y varía según los genotipos, existiendo variedades con distintos grados de tolerancia, especialmente a las bajas temperaturas. Es evidente que en las fases de germinación y emergencia de las plántulas tanto la temperatura del suelo como la del aire circundante, son los factores de mayor influencia en el establecimiento de las mismas. En ese sentido, se conoce desde hace bastante tiempo que los efectos de la temperatura sobre las plantas son substanciales y a menudo, pueden provocar variaciones en la germinación, crecimiento y/o rendimiento del cultivo (White y Montes, 1993; Mahan et al., 1995; Craufurd et al., 1996; Cony y Trione, 1996; Boyer, 1982).

No obstante la existencia de diversos trabajos relativos a las prácticas agronómicas de la quinoa (rendimientos, necesidades culturales, variedades, plagas, etc.), son muy escasos los tendientes a dilucidar los mecanismos fisiológicos operantes en el proceso germinativo. En la actualidad, como práctica agrícola habitual, resulta imprescindible la necesidad de utilizar un elevado número de semillas de quinoa para lograr una supervivencia de sólo 10 - 15 %, a diferencia de lo que ocurre con otros cultivos donde la tasa de germinación y supervivencia superan

holgadamente estos valores. González y Prado (1992) encontraron que en *Ch. quinoa* Willd. variedad Sajama la baja tasa de germinación observada podía explicarse tanto por bajas temperaturas como por los niveles de sodio presentes. Sin embargo, el efecto de la temperatura por sí misma permanece aún sin dilucidarse. Por lo tanto, en este primer trabajo, se estudia el efecto de la temperatura sobre la germinación de diferentes variedades de quinoa con el objeto de lograr una explicación sobre la baja germinación que presenta la quinoa.

Materiales y Métodos

Se utilizaron semillas de *Chenopodium quinoa* Willd. de las variedades Kamiri, Robura, Sajama y Samaranti provenientes de la Estación Experimental de Patacamaya (Oruro, Bolivia). Las semillas luego de esterilizadas durante 2 min en hipoclorito de sodio al 2% se colocaron a germinar en cajas de Petri de 9 cm de diámetro (50 semillas por caja) sobre papeles de filtro humedecidos con agua destilada. Las incubaciones se realizaron en una cámara controlada electrónicamente, utilizándose las siguientes temperaturas: 8, 15, 20, 25, 30, 35, 40 y $45 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Todas las pruebas se realizaron por quintuplicado y los resultados expresados corresponden al promedio de tres experimentos distintos. Como germinadas fueron consideradas todas aquellas semillas con una radícula ≥ 2 mm. Semillas abortadas (germinación anormal) se consideraron todas aquellas que sólo mostraron emisión de cotiledones o hipocótilo. El número de semillas germinadas y/o abortadas se registró cada 2 horas durante 12 hs, tiempo en el cual la mayor parte de las germinaciones tienden a estabilizarse y a alcanzar sus máximos.

Las temperaturas óptimas de germinación (T_o) se determinaron tanto por observación directa como por cálculo a partir de modelos de simulación (curva logística). La temperaturas de base (T_b) y límite (T_l) fueron establecidas a partir de los modelos

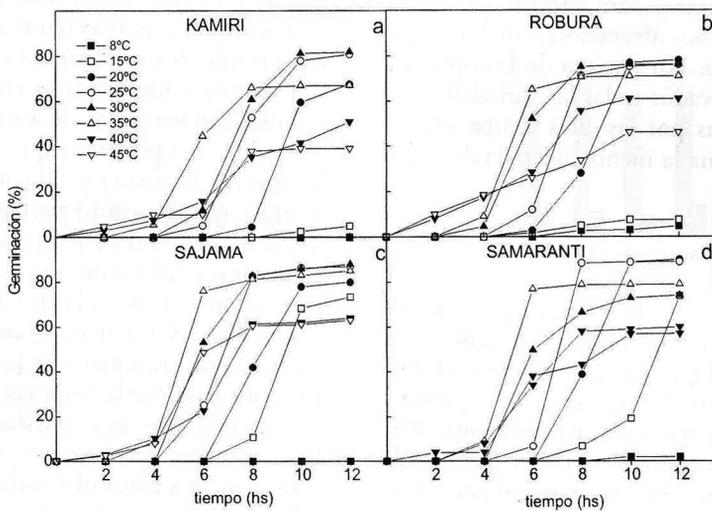
de simulación en base a polinomios de orden n . La T_o se define como la temperatura a la cual se registra el máximo porcentaje de germinación; la T_b se define como la temperatura por debajo de la cual el proceso germinativo no tiene lugar; en tanto que, la T_L se define como la temperatura por arriba de la cual la germinación no se produce.

Resultados

DEPENDENCIA DE LA GERMINACIÓN CON LA TEMPERATURA

Las curvas de germinación de las distintas variedades de quinoa a diferentes temperaturas son mostradas en la Fig. 1 (a,b,c,d). En general, la tendencia muestra que las

cuatro variedades son afectadas tanto por temperaturas bajas como altas. Entre las 4 - 10 h la germinación para la mayor parte de las temperaturas ensayadas presenta un crecimiento de tipo exponencial que luego tiende a estabilizarse. Los óptimos de germinación observados oscilaron entre 20 y 30 °C, en tanto que los valores deducidos de los modelos matemáticos se ubicaron en un rango bastante más estrecho, oscilando entre los 28 y 30 °C. Estos resultados muestran que si bien se logra una correlación alta entre los valores observados y calculados para la germinación no ocurre lo mismo con los valores respectivos de temperatura (Tabla 1). En ese sentido, los óptimos de temperatura observados y calculados muestra-



Variedad	Temperatura óptima de germinación (°C)		Germinación máxima (%)	
	Observada	Calculada	Observada	Calculada
Kamiri	27,5	28,3	81,2	80
Robura	25	30,0	75,2	85
Sajama	27,5	30,0	86,4	90
Samaranti	22,5	28,6	89,0	90

Fig. 1.- Germinación de diferentes variedades de quinoa en función de la temperatura de incubación. Los valores graficados corresponden a los observados.

Tabla 1.- Temperatura óptima y porcentajes máximos de germinación observados y deducidos por los modelos matemáticos para distintas variedades de quinoa.

ron diferencias significativas ($p < 0,05$) en tres de las cuatro variedades estudiadas, mientras que el mismo análisis para los porcentajes de germinación mostró diferencias significativas ($p < 0,01$) en sólo dos variedades. Estos resultados son de suma importancia por cuanto los mismos imponen una cierta limitación al uso de determinados modelos matemáticos.

ÓPTIMOS VARIETALES

Desde el punto de vista varietal pueden distinguirse dos grupos: uno representado por las variedades Kamiri y Robura que presenta una baja germinación a valores térmicos bajos (8 - 15 °C) y otro formado por las variedades Sajama y Samaranti y que resultan mucho menos afectadas en dicho rango de temperatura. Por encima de los óptimos térmicos observados todas las variedades resultan afectadas por las altas temperaturas; siendo la Sajama la menos afectada de todas (Fig. 1)

GERMINACIÓN Y SEMILLAS ABORTADAS

La Fig. 2 muestra los porcentajes de semillas abortadas y germinadas. En general, se observa que el número de semillas con germinación anormal (abortadas) se incrementa casi de manera lineal con el aumento de la temperatura; siendo la variedad Robura la que muestra los mayores porcentajes de semillas abortadas en todo el rango térmico, llegando a la situación de que a 45°C el porcentaje de semillas abortadas supere al de germinadas.

La relación semillas abortadas/germinadas, demuestra que tanto en temperaturas bajas (8 -15 °C) como en altas (40 - 45 °C) la pérdida de semillas por germinación anormal es elevada (Datos no mostrados).

PARÁMETROS TÉRMICOS

En relación a las temperaturas base (Tb) y límite (TL), las variedades Kamiri, Ratuqui y Sajama exhiben una Tb similar, en tanto

que la variedad Samaranti presenta una Tb significativamente más baja que las anteriores (Tabla 2). Con respecto a la TL, a diferencia de lo que ocurre con la Tb, se distinguen dos grupos: uno formado por las variedades Kamiri y Ratuqui con valores de 50 y 51,7 °C respectivamente y otro integrado por las variedades Sajama y Samaranti con valores de 53,9 y 54 °C respectivamente.

Discusión

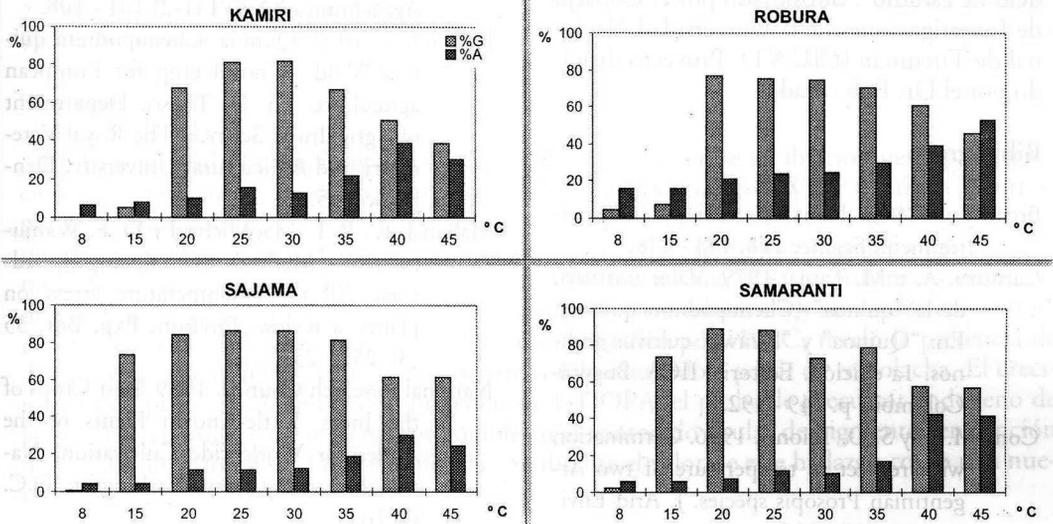
Los resultados obtenidos (Fig. 1 y Fig. 2), muestran claramente la influencia de la temperatura sobre la velocidad, porcentaje de germinación y número de semillas abortadas en distintas variedades de quinoa (*Ch. Quinoa Willd.*). Los datos muestran que tanto las bajas como las altas temperaturas, producen no sólo disminución en la germinación, sino también un aumento en el número de semillas con germinación anormal. Se conoce que las temperaturas que se registran en los suelos de media y alta montaña (entre 2.000 y 4.000 msnm) oscilan entre valores cercanos al punto de congelación en la mañana (antes del amanecer) y valores por encima de los 50 °C en las horas del mediodía (González, 1991). Esta gran amplitud térmica, lleva a suponer que las semillas al sufrir tan fuerte oscilación presenten alteraciones metabólicas que puedan influir en la baja tasa de germinación observada. Por otra parte, los datos obtenidos por González y Prado (1992), en los que se demuestra que la temperatura y la salinidad se sinergizan para producir una disminución en la germinación de la quinoa; contribuirían a explicar la baja germinación observada en el campo.

Los datos obtenidos muestran diferencias varietales en cuanto a los óptimos de temperatura y porcentajes máximos de germinación. Así por ejemplo resulta evidente que la variedad Sajama es la que exhibe un mejor comportamiento en un rango amplio de temperaturas. En tanto que en un orden decreciente se ubicarían las variedades Samaranti, Robura y Kamiri. En relación a las pérdidas por semillas abortadas, la misma

Variedad	T _b (°C)	(T _l) (°C)
Kamiri	7,5	50
Ratuqui	6,7	51,7
Sajama	7,5	53,9
Samaranti	5,4	54

Tabla 2.- Temperatura base (T_b) y límite (T_l) de germinación para distintas variedades de quinoa calculadas a partir de un polinomio de orden 2.

Figura 2.- Porcentajes de semillas germinadas y abortadas durante 12 hs de incubación en las diferentes temperaturas (G: germinadas; A: abortadas).



resulta muy grande en la variedad Robura y bastante menor en la Sajama; con valores intermedios para las variedades Samaranti y Kamiri. Esto nos indica que estas observaciones deberían ser tenidos en cuenta por los cultivadores a fin de lograr una menor pérdida de semillas y por ende un mayor rinde en la producción.

Por otro lado, en un análisis de costo/beneficio, los resultados obtenidos nos estarían indicando que sería preferible tender a una zonificación ecológica, de los distintos pisos altitudinales y usar la/las variedades más adecuadas al régimen térmico que se detecte en la zona; en vez de usar la/las variedades que por distintos motivos se promocionen al momento de la siembra. Asimismo también puede resultar de interés el procurar adaptar alguna o varias variedades a las condiciones ecológicas de la región donde se desarrollará el cultivo. A partir de esto surge la

necesidad de establecer las características térmicas para cada variedad de quinoa a utilizar, y en base a ello planificar su siembra en los distintos ambientes de montaña. Sin embargo, dada la diferente tolerancia que la quinoa exhibe frente a la salinidad, también debería tenerse en cuenta este aspecto; por cuanto la baja germinación que se registra en las prácticas culturales habituales no podría de ningún modo ser explicada controlándose únicamente el aspecto térmico.

A partir de esto, surge como una necesidad futura la realización de estudios integra-dores, que involucren a otras variedades de quinoa con diferentes orígenes, lo que unido al estudio de la influencia de los distintos factores (bióticos y abióticos) que pueden afectar la germinación, nos permitirá una mejor comprensión de la problemática detectada en la germinabilidad de la quinoa.

Agradecimientos

Al personal del Instituto de Ecología Vegetal de la Fundación Miguel Lillo, lugar donde se desarrolló este trabajo y al proyecto "Mecanismos de resistencia al stress en plantas de interés agronómico: la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), como modelo de estudio". Subsidiado por el Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán (CIUNT). Proyecto dirigido por el Dr. F. E. Prado.

Bibliografía

- Boyer J. S. 1982. Plant Productivity and environment. *Science* 218: 443 - 448.
- Cardozo, A. y M. Tapia. 1979. Valor nutritivo de la "quinoa" (*Chenopodium quinoa*). En: "Quinoa" y "kañiwa" cultivos andinos. 1a edición. Editorial IICA. Bogotá-Colombia. p. 149 - 192.
- Cony M. A. y S. O. Trione . 1996. Germination with respect to temperature of two Argentinian *Prosopis* species. *J. Arid Environ.* 33: 225 - 236.
- Craufurd P. Q., R. H. Ellis, R. J. Summerfield y L. Menin. 1996. Development in cowpea (*Vigna unguiculata*). I. The influence of temperature on seed germination and seedling emergence. *Expl. Agric.* 32: 1 - 12.
- González, J. A. 1991. Ecofisiología en plantas de altura con especial referencia al intercambio de gases". Facultad de Ciencias Naturales e IML, UNT. Tesis Doctoral (Inédito). 231 pp.
- González, J. A. y F. E. Prado. 1992. Germination in relation to salinity and temperature in *Chenopodium quinoa* (Willd.). *Agrochimica* XXXVI (1-2) 101 - 108.
- Jacobsen S., 1993. Quinoa. *Chenopodium quinoa* Willd. A novel crop for European agriculture. Ph. D. Thesis. Department of Agricultural Science. The Royal Veterinary and Agricultural University. Denmark. 145 pp.
- Mahan J. R., B. L. MacMichael y D. F. Wanjura. 1995. Methods for reducing the adverse effects of temperature stress on plants: a review. *Environ. Exp. Bot.* 35 (3): 251 - 258.
- National Research Council. 1989. Lost Crops of the Incas: Little-Known Plants of the Andes for Worldwide Cultivation. National Academy Press, Washington, D.C. pp 161.
- White, J. W. y R. C. Montes. 1993. The influence of temperature on seed germination in cultivars of common bean. *Journ. Exp. Bot* 44: 1795 - 1800.