

Efecto de la temperatura y de la luz sobre la germinación de *Nicotiana longiflora* Cavaniles y *Oenothera indecora* Camb.

Faccini, D. y E. Puricelli

RESUMEN

Nicotiana longiflora y *Oenothera indecora* son especies de reciente difusión en lotes agrícolas de la región pampeana argentina y se desconocen los factores ambientales que afectan su germinación. El objetivo de este trabajo fue determinar la influencia de la temperatura y de la luz sobre la germinación de ambas especies. Con temperaturas constantes la germinación fue mayor con luz entre los 20 y 35 °C para *N. longiflora* y entre 10 y 20 °C para *O. indecora*. Con temperaturas alternadas, *N. longiflora* presentó mayor germinación en un rango amplio con luz, y en oscuridad fue mayor sólo con 10-20 °C. *O. indecora* germinó sólo con luz en un amplio rango de temperaturas alternadas. La temperatura base en luz y en oscuridad fue de aproximadamente 14 °C para *N. longiflora* y de aproximadamente 6 °C para *O. indecora*. A partir de la temperatura base se puede inferir que *N. longiflora* es una especie con un ciclo de crecimiento primavero-estival y *O. indecora* otoño-primavero-estival.

Palabras clave: germinación, temperatura, luz, *Nicotiana longiflora*, *Oenothera indecora*.

Faccini, D. and E. Puricelli, 2006. Effect of temperature and the light on germination of *Nicotiana longiflora* Cavaniles and *Oenothera indecora* Camb. Agriscientia XXIII (1): 15-21

SUMMARY

Nicotiana longiflora and *Oenothera indecora* are species of recent appearance in croplands in the Argentine humid pampa zone and there is a lack of knowledge about the environmental factors affecting their germination. The temperature and light requirements for germination and the base temperature of both species were determined. Under constant temperatures, germination was higher between 20 and 35 °C for *N. longiflora* and between 10 and 20 °C for *O. indecora*. Under fluctuating temperatures, *N. longiflora* showed higher germination rates in a wide range of temperatures with light. In darkness, germination was higher only between 10-20 °C for *N. longiflora*, whereas *O. indecora* germinated only with light, within a wide range of fluctuating temperatures. Base temperature under

Fecha de presentación: 29/07/05; fecha de aceptación: 28/06/06

light and darkness conditions was approximately 14 °C for *N. longiflora* and approximately 6 °C for *O. indecora*. Base temperature indicates that *N. longiflora* is a species with a spring-summer growing season and *O. indecora* shows an autumn-spring-summer growing season.

Key words: germination, temperature, light, *Nicotiana longiflora*, *Oenothera indecora*.

D. Faccini y E. Puricelli, Cátedra de Malezas, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario. S 2125 ZAA - CC 14, Zavalla, Santa Fe, Argentina. dfaccini@arnet.com.ar

INTRODUCCIÓN

Las prácticas agrícolas cambian constantemente y las nuevas tecnologías son capaces de afectar la presencia y la densidad de especies de malezas al modificar las características del hábitat y sus oportunidades para dispersarse (Cousens & Mortimer, 1995). Los disturbios originados por cambios en la modalidad de una explotación agrícola, son seguidos inmediatamente por una disminución en el número de especies, pero algunas son potencialmente nuevas colonizadoras (Madga, 1998). *Nicotiana longiflora* Cavanilles y *Oenothera indecora* Camb. estuvieron históricamente presentes en la comunidad de malezas de los lotes agrícolas de la región pampeana, con baja abundancia y generalmente en bordes de los lotes (Marzoca, 1976). En los últimos años en la Argentina se ha observado un importante cambio en el sistema de labranza utilizado, ya que se ha abandonado la labranza convencional con arado de reja y vertedera y se ha incrementado la siembra directa (Vitta *et al.*, 2000). Los lotes agrícolas de la región de este estudio son altamente dependientes del banco de semillas, el cual está principalmente compuesto por semillas de especies de malezas anuales (Tuesca *et al.*, 2004). Actualmente, dos de éstas malezas anuales, *N. longiflora* y *O. indecora* podrían aprovechar las nuevas condiciones impuestas por la siembra directa expresando su habilidad para prosperar en el nuevo hábitat. La dispersión de este tipo de especies puede ser explosiva como respuesta a cambios drásticos del ambiente. El conocimiento de su respuesta a los factores del hábitat, contribuye a comprender su ciclo de crecimiento y su dinámica poblacional (Madga, 1998).

La temperatura es a menudo el principal factor

que controla la germinación (García Huidobro *et al.*, 1982; Shafii & Price, 2001). La temperatura actúa sobre las enzimas que intervienen en el proceso de germinación, afectando tanto la tasa como el porcentaje final de germinación (Bewley & Black, 1994). La tasa de germinación —definida como la inversa del tiempo requerido para alcanzar un determinado porcentaje de germinación— aumenta generalmente en forma lineal con la temperatura hasta llegar a un valor definido como temperatura óptima (T_o). La temperatura por debajo de la cual el desarrollo fenológico cesa para cada especie se conoce como temperatura base (T_b) (García Huidobro *et al.*, 1982). 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 y de malezas (Ritchie & Nesmith, 1991). En el caso de *N. longiflora* y *O. indecora* no existe información sobre la influencia de la temperatura sobre la germinación.

El proceso de colonización por una especie invasora es más dependiente de factores biológicos, como el tamaño de la semilla, que de factores ambientales (Radosevich *et al.*, 2003). A menor tamaño de semilla el proceso de invasión se ve facilitado (Rejmánek, 2000). El tamaño y el peso de las semillas varía considerablemente entre especies (Baker, 1972; Michaels *et al.*, 1988) y puede afectar aspectos demográficos como la emergencia (Limbach & Call, 1996), la predación (Alexander *et al.*, 2001) y la dispersión de una especie (Westoby *et al.*, 1990). El conocimiento del peso de las semillas de *N. longiflora* y *O. indecora* puede contribuir a explicar el proceso de colonización de ambas especies.

El objetivo de este trabajo fue determinar la influencia de la temperatura y de la luz sobre la germinación de *N. longiflora* y *O. indecora*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante diciembre de 2004, las semillas de *N. longiflora* y *O. indecora* se cosecharon de plantas presentes en un lote agrícola del Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias, en la localidad de Zavalla (Lat. 33° 01' S; Long. 60° 53' O), Santa Fe, Argentina. Las semillas de cada especie se guardaron en bolsas de papel a temperatura ambiente (20-25 °C) hasta el momento de su siembra en febrero de 2005.

Los experimentos se realizaron en cámaras de germinación en las que es posible establecer distintos regímenes de temperatura y fotoperíodo. La siembra se realizó en cajas de Petri, sobre cuya base se colocó algodón y una lámina de papel de filtro humedecido con una suspensión al 2% de producto formulado de Benomil (WP 50%). En cada caja se colocaron cien semillas y se realizaron tres repeticiones. El diseño del experimento fue completamente al azar con un arreglo de tratamientos que combinó los siguientes factores y niveles:

Especie: *N. longiflora* y *O. indecora*

Temperatura: alternadas (5-15, 10-20, 15-25, 20-30, 25-35, 30-40 y 35-45 °C) y constantes (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 °C).

Fotoperíodo: oscuridad (10 horas)/luz (14 horas) y oscuridad (24 horas).

El período de luz corresponde a la temperatura más elevada en los tratamientos con temperatura alternada.

Se utilizaron siete incubadores. Los tratamientos de temperatura alternada se realizaron en los primeros 25 días y los tratamientos de temperatura constante durante los siguientes 25 días. En todos los tratamientos, el número de semillas germinadas se registró cada dos días, durante 25 días. Una semilla se consideró germinada cuando la radícula poseía

1 mm de longitud. El porcentaje de germinación se calculó como la proporción del total de semillas germinadas sobre el número total incubado en cada tratamiento.

Se realizó el análisis de la variancia del porcentaje de semillas germinadas; los valores medios de las temperaturas dentro de cada especie con luz y con oscuridad fueron comparados por el test LSD ($p=0,05$) o por prueba T-Student ($p=0,05$). Los datos fueron previamente transformados a arcoseno de la raíz cuadrada del porcentaje, de manera de homogeneizar su variancia.

Por otro lado, se estimaron las T_b y T_o como el tiempo en el que el 50% de las semillas germinaron ($t(G_{50})$), para cada especie en luz y en oscuridad. Se utilizó como índice la tasa de germinación de García-Huidobro *et al.* (1982) consistente en la recíproca del 50% de las semillas que germinaron ($1/t(G_{50})$). El otro índice usado fue el porcentaje de germinación de Steinmaus *et al.* (2000), consistente en la siguiente fórmula:

Porcentaje de germinación: $100/n [(G_1/t_1 \cdot G_n) + (G_2/t_2 \cdot G_n) + \dots + (G_{15}/t_{15} \cdot G_n)]$

donde n es el último día en que ocurrió germinación dentro de los 15 días en que se midió ésta y G es el número acumulado de semillas que germinaron en el tiempo t. Este índice es una variación de la germinación porcentual diaria de Wiese & Binning (1987).

Se calcularon T_b y T_o para cada índice a través de regresiones lineales entre los índices y las temperaturas constantes. T_b fue obtenida por extrapolación de la regresión mencionada.

Para cada índice por separado se realizaron pruebas T-Student ($p=0,05$) para comparar la T_b dentro de una misma especie entre luz y oscuridad y entre especies con luz y con oscuridad.

Tabla 1. Porcentaje de germinación de semillas de *N. longiflora* y *O. indecora* expuestas a temperatura constante con luz y oscuridad.

Temperatura °C	<i>N. longiflora</i>					<i>O. indecora</i>				
	Luz		Osc			Luz		Osc		
10	0,0	c	0,0	c	NS	62,7	a	4,7	ab	*
15	0,0	c	0,0	c	NS	77,7	a	4,7	ab	*
20	63,0	a	22,7	a	*	38,0	b	7,0	a	*
25	19,3	b	12,0	b	*	4,0	c	2,0	b	NS
30	16,0	b	3,3	c	*	2,3	cd	0,0	c	NS
35	16,3	b	1,3	c	*	0,0	d	0,0	c	NS
CV	2,9		4,7			1,7		1,8		

Letras distintas indican diferencias estadísticas ($p=0,05$) según la prueba de LSD dentro de cada columna de cada especie.

* indica diferencias estadísticas según la prueba T-Student ($p=0,05$) entre luz y oscuridad dentro de cada fila para cada especie

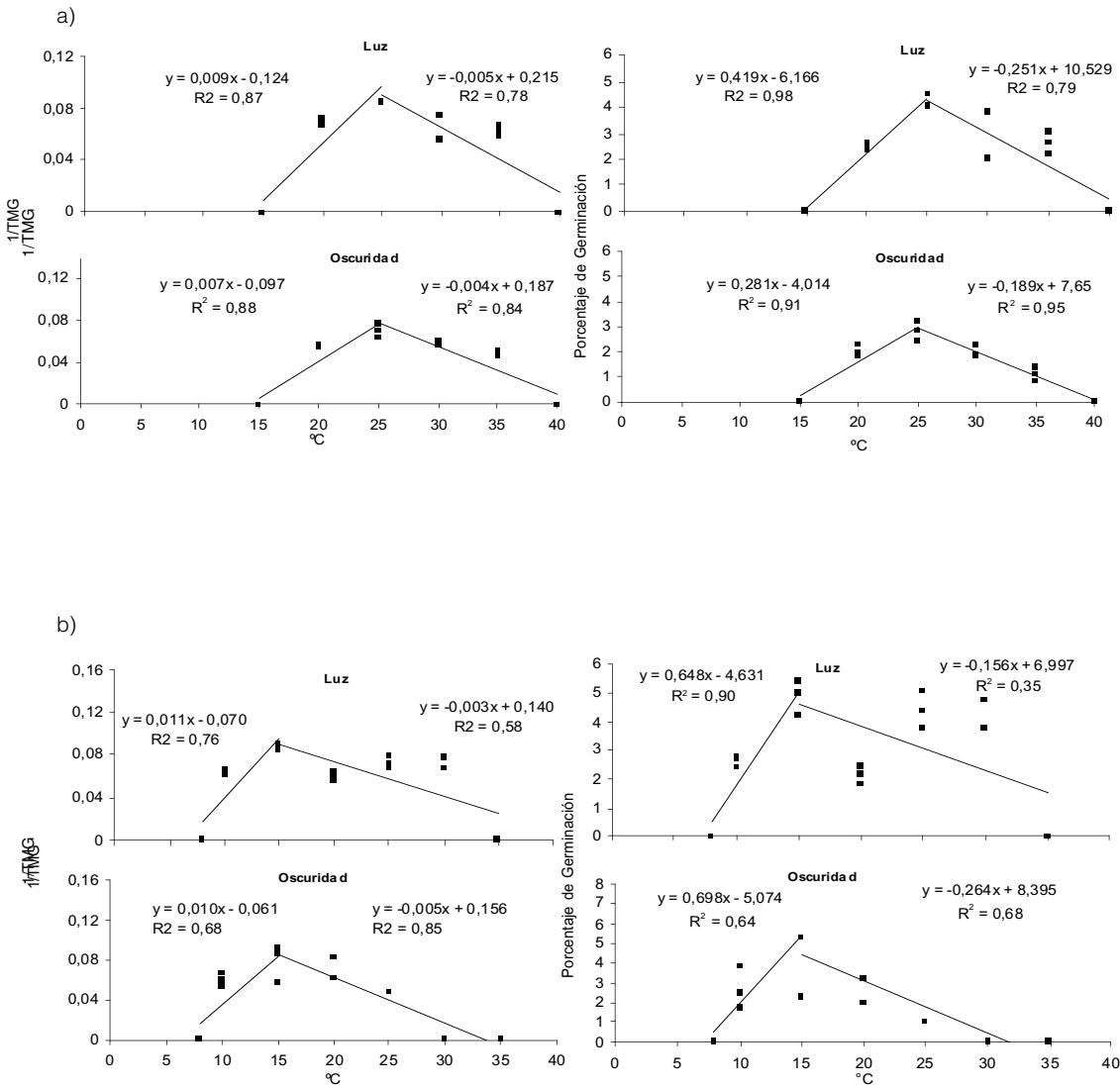


Figura 1. Relación entre las temperaturas constantes y la Inversa del tiempo medio de germinación (1/TMG) y el porcentaje de germinación para *N. longiflora* (a) y *O. indecora* (b).

El peso de 1000 semillas de ambas especies se determinó tomando 10 plantas al azar en el mismo momento indicado para las pruebas de germinación. Se separaron las semillas de las plantas y se constituyeron 5 grupos de 1000 unidades que se pesaron individualmente mediante una balanza Mettler H 80 con una precisión de lectura de 0,1 mg, con un campo de pesada de 160 g. Los pesos de ambas especies se compararon utilizando una prueba T-Student ($p=0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectó interacción para el porcentaje de germinación entre especies y en presencia de luz y oscuridad con temperaturas constantes, por lo que cada factor se analizó independientemente. La germinación fue mayor en presencia de luz que en oscuridad en el rango de 20 a 35 °C para *N. longiflora* y de 10 a 20 °C para *O. indecora*. Para ambas especies la germinación fue nula con 5 y 40 °C, tan-

to en luz como en oscuridad. La mayor germinación con la temperatura constante en presencia de luz fue de 77,7% para *O. indecora* y de 63,0% para *N. longiflora* (Tabla 1). En otras especies de malezas también se han observado diferentes niveles de germinación en presencia de luz u oscuridad (Scopel *et al.*, 1994).

La germinación con temperaturas alternadas mostró una interacción significativa entre ambas especies con respecto a los requerimientos de luz y oscuridad, por lo que cada factor fue analizado en forma individual. Para ambas especies la germinación fue nula con 5-15 y 35-45 °C, tanto en luz como en oscuridad. En *N. longiflora* la germinación fue mayor con las temperaturas alternadas de 10-20 que con 25-35 y 30-40 °C en presencia de luz. En oscuridad la germinación fue máxima con 10-20 °C. En *O. indecora* la germinación no difirió con 10-20, 15-25, 20-30 y 25-35 °C, mientras que en oscuridad no se registró germinación. Para ambas especies y para cada par de temperaturas, la germinación fue mayor en luz que en oscuridad. En condiciones de oscuridad los porcentajes de germinación fueron siempre menores (Tabla 2).

Las semillas de otras importantes especies de la región pampeana, como *Datura ferox* L., poseen requerimientos de luz para germinar (Ballaré *et al.*, 1998), mientras que otras como *Anoda cristata* (L.) Schlecht pueden hacerlo tanto en presencia de luz como de oscuridad (Solano *et al.*, 1976). En las especies estudiadas en este trabajo, no existe inhibición debido a la presencia de luz como ocurre con otras especies que solo germinan en oscuridad (Bewley & Black, 1994). Por otro lado, la mayor germinación de *N. longiflora* y *O. indecora* en presencia de luz respecto a oscuridad, se ha observado también en otras especies de malezas, particularmente aquéllas adaptadas a ambientes sin remoción del suelo (Andersson *et al.*, 1997).

Con ambos índices (tasa y porcentaje de germi-

nación), las dos especies germinan en un amplio rango de temperaturas constantes. Así, *N. longiflora* germina en temperaturas de alrededor de 20 a 35 °C tanto en luz como en oscuridad, mientras que *O. indecora* lo hace entre 10 y 30 °C en presencia de luz y 10 a 25 °C en oscuridad (Figura 1).

Asimismo, con ambos índices, la T_0 obtenida para *N. longiflora* tanto en luz como oscuridad fue de 25 °C y para *O. indecora* de 15 °C.

Los niveles de germinación con temperaturas constantes —superiores al 50%— indican un alto grado de germinación que permite un adecuado cálculo de las temperaturas bases (Steinmaus *et al.*, 2000). La T_b calculada con ambos índices en luz y en oscuridad fue de alrededor de 14 °C para *N. longiflora* y de alrededor de 6 °C para *O. indecora* (Figura 2).

N. longiflora posee T_b similares a las obtenidas para *A. retroflexus* L. (15,0 °C) y *A. albus* L. (15,2 °C) (Steinmaus *et al.*, 2000), que son especies de crecimiento primavero-estival. Por otro lado *O. indecora* tiene una T_b similar a la de *Parietaria debilis* (G.) Forster (Papa, 2005), que es una especie de crecimiento otoño-inverno-primaveral.

Si bien no se ha determinado el ciclo de crecimiento de *N. longiflora* y *O. indecora* a partir de sus T_b y T_0 , se puede inferir que *N. longiflora* es una especie de crecimiento primavero-estival, mientras que *O. indecora* tiene un crecimiento otoño-primavero-estival.

El peso de las semillas varía considerablemente entre especies (Baker, 1972; Michaels *et al.*, 1988). El peso de 1000 semillas de *N. longiflora* fue 0,04 g (ES = 0,003) mientras que el de *O. indecora* fue 0,099 g (ES = 0,003), según una prueba T-Student ($p=0,05$). A pesar de las diferencias de peso entre las dos especies, ambas son malezas de semilla pequeña según Froud-Williams *et al.* (1984). Estos autores consideran a *Plantago major* L. y *Stellaria me-*

Tabla 2. Porcentaje de germinación de semillas de *N. longiflora* y *O. indecora* expuestas a alternancia de temperatura con luz y oscuridad.

Temperatura °C	<i>N. longiflora</i>					<i>O. indecora</i>				
	Luz		Osc			Luz		Osc		
10-20	58,7	a	24,3	a	*	34,7	a	0,0		*
15-25	37,3	ab	8,7	b	*	18,7	a	0,0		*
20-30	49,3	ab	9,3	b	*	22,7	a	0,0		*
25-35	12,3	b	8,7	b	*	26,0	a	0,0		*
30-40	8,7	b	6,0	b	*	0,0	b	0,0		NS
CV	2,7		2,0			4,7		0,0		

Letras distintas indican diferencias estadísticas ($p=0,05$) según la prueba de LSD dentro de cada columna de cada especie.

* indica diferencias estadísticas según la prueba T-Student ($p=0,05$) entre luz y oscuridad dentro de cada fila para cada especie

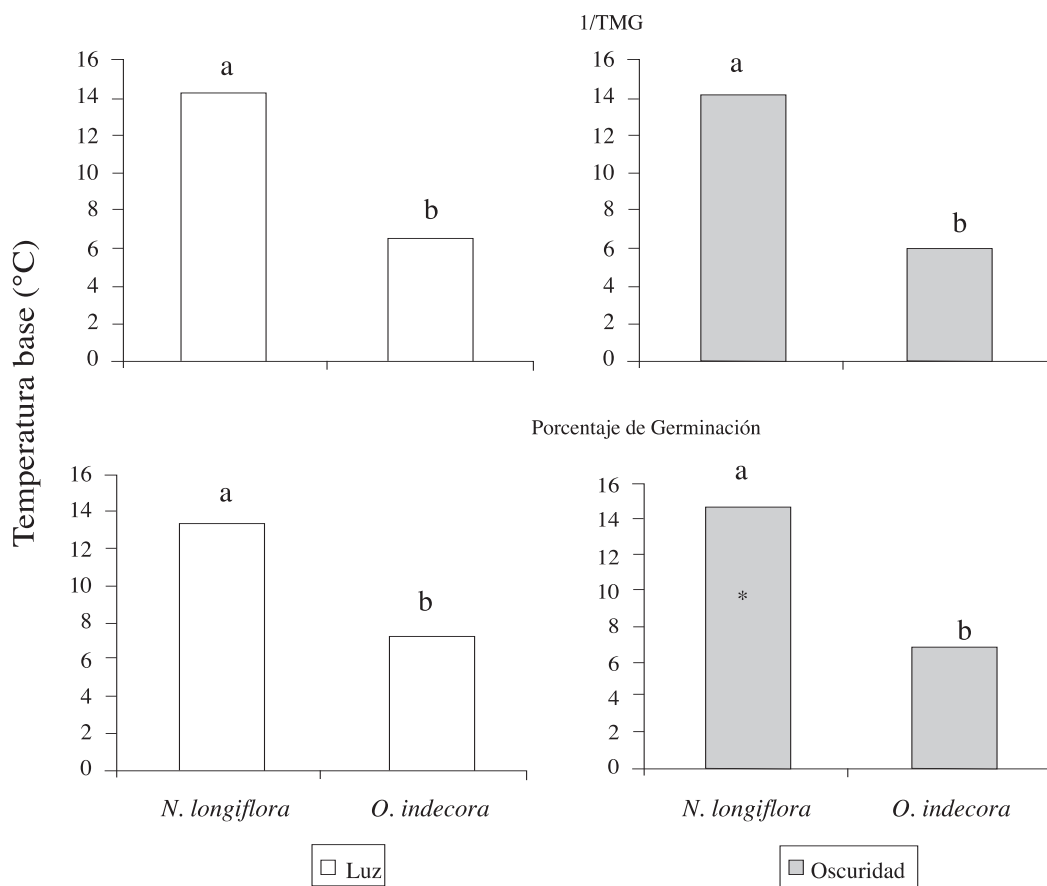


Figura 2. Temperatura base según 1/TMG y el porcentaje de germinación para *N. longiflora* y *O. indecora*. Para cada gráfico, distintas letras indican diferencias significativas entre especies en presencia de luz o de oscuridad según una prueba T-Student ($p=0,05$). Para cada especie y en cada gráfico * indica diferencias significativas en la temperatura base entre luz y oscuridad según una prueba T-Student ($p=0,05$).

dia (L.) Vill. especies que poseen un peso de 1000 frutos en el rango de *N. longiflora* y *O. indecora*, como malezas de semilla pequeña, mientras que ubican a *Avena fatua* L., con un peso de 1000 frutos de alrededor de 25 g, como una maleza de semilla grande. El tamaño de los frutos de una maleza puede ser importante en el proceso de invasión. En otro estudio se ha encontrado que las especies con semillas pequeñas poseen mayor facilidad para atravesar una capa densa de residuos vegetales (Grime & Jeffrey, 1964), como ocurre con el mantillo en sitios no perturbados o con el residuo de cultivos en lotes cultivados en siembra directa. En los últimos años una de las especies con mayor capacidad de invasión en la pampa húmeda argentina en siembra directa es *Parietaria debilis* (Puricelli & Papa, 2005), una especie con un tamaño de semilla pequeño equivalente a *O. indecora* y *N. longiflora*.

A temperatura constante, ambas especies germinan, tanto en luz como en oscuridad. Sin embar-

go, *O. indecora* presenta mayor valor de germinación a temperatura de 10-15°, mientras que *N. longiflora* lo hace a partir de los 20°.

A su vez poseen un tamaño pequeño lo que facilita el proceso de invasión. Estas características permiten considerarlas como potenciales malezas en sistemas de siembra directa, donde las semillas deben germinar desde la superficie del suelo luego de atravesar los residuos vegetales con diferentes niveles de radiación en superficie.

Los modelos de poblaciones de malezas tienen un poder cualitativamente predictivo y ayudan a conocer las tendencias del modo en que las poblaciones podrían cambiar y cómo diferentes factores pueden llevar a diferentes tipos de dinámica. La estimación de los factores que influyen sobre la germinación puede incorporarse a estos modelos predictivos para mejorar la toma de decisión en el manejo de malezas.

BIBLIOGRAFÍA

- Alexander, H.M., Cummings, C.L., L. Kahn and A.A. Snow. 2001. Seed size variation and predation of seeds produced by wild and crop-wild sunflowers. *American Journal of Botany* 88: 623-627.
- Andersson, L.; P. Milberg and A. Noronha, 1997. Germination response of weed seeds to light, light of short duration and darkness after stratification. *Swedish Journal of Agriculture* 27: 113-120.
- Baker, H. G., 1972. Seed weight in relation to environmental conditions in California. *Ecology* 53: 997-1010.
- Ballaré, C.L.; A.L. Scopel; C.H. Ghera and R.A. Sánchez, 1998. The fate of *Datura ferox* seeds in the soil as affected by cultivation, depth of burial and degree of maturity. *Annals of Applied Biology* 112: 337-345.
- Bewley, J.D. and M. Black, 1994. Dormancy and the control of germination. *Seeds. Physiology of development and germination*. Academic Press, New York. 199-267.
- Cousens, R. and M. Mortimer, 1995. *Dynamics of weed populations*, Cambridge University Press, UK.
- Froud-Williams, R.J.; R.J. Chancellor and D.S.H. Drennan, 1984. The effects of seed burial and soil disturbance on emergence and survival of arable weeds in relation to minimal cultivation. *Journal of Applied Ecology* 21: 629-641.
- García Huidobro, J.; J.L. Monteith and G.R. Squire, 1982. Time, temperature, and germination of pearl millet (*Pennisetum typhoides* S. & H.). *Journal of Experimental Botany* 33: 288-296.
- Grime, J.P. and D.W. Jeffrey, 1964. Seedling establishment in vertical gradients of sunlight. *Journal of Ecology* 53: 621-642.
- Limbach, W.E. and C.A. Call, 1996. Germination response of Russian wildrye to variations in seed mass at fluctuating temperatures. *Journal of Range Management* 49: 346-349.
- Madga, D., 1998. Effects of grassland extensification on the population dynamics of the invasive species *Chaerophyllum aureum*. *Journal of Vegetation Science* 9: 409-406.
- Marzoca, A., 1976. *Manual de Malezas*. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires. 564 pp.
- Michaels, H. J.; M. F. Willson, B. Benner, R. I. Bertin; A. P. Hartgerink; T. D. Lee and S. Rice, 1988. Seed size variation: magnitude, distribution, and ecological correlates. *Evolutionary Ecology* 2: 157-166.
- Papa, J.C., 2005. Tesis de Magister Facultad de Ciencias Agrarias UNRosario, Argentina. *Biología de Parietaria debilis* (G.) Forster en ambientes perturbados y no perturbados.
- Puricelli, E. and J.C. Papa, 2005. *Parietaria debilis* growth in fallow and undisturbed environments. *Weed Research* 46: 1-9.
- Radosevich, S.R., M.M. Stubbs and C.M. Ghera, 2003. Plant invasions—processes and patterns. *Weed Science* 51:254-259.
- Rejmánek, M., 2000. Invasive plants: approaches and predictions. *Australian Ecology* 25:497-506.
- Ritchie, J.T. and D.S. Nesmith, 1991. *Temperature and Crop Development*. Chapter 2. *Modeling Plant and Soil Systems*. Hanks and Ritchie, co-editors. Amer. Soc. Agron. Monograph 31. Madison, WI.
- Scopel, A.L.; C.L. Ballaré and S.R. Radosevich, 1994. Photostimulation of seed germination during soil tillage. *New Phytologist* 126: 145-152.
- Shafii, B. and W.J. Price, 2001. Estimation of cardinal temperatures in germination data analysis. *Journal of Agricultural Biological and Environmental Statistics* 6: 356-366.
- Solano, F.; J.W. Schrader and H.D. Coble, 1976. Germination, growth, and development of spurred anoda. *Weed Science* 24: 574-578.
- Steinmaus, S.J.; T.S. Prather and J.S. Holt, 2000. Estimation of base temperatures for nine weed species. *Journal of Experimental Botany* 51: 275-286.
- Tuesca, D.; L. Nisensohn; S. Boccanelli; P. Torres and P. Lewis, 2004. Weed seedbank and vegetation dynamics in summer crops under two contrasting regimes. *Community Ecology* 5: 247-255.
- Vitta, J.; D. Tuesca; E. Puricelli; L. Nisensohn; D. Faccini y G. Ferrari, 2000. Consideraciones acerca del Manejo de Malezas en Cultivares de Soja Resistentes a Glifosato. UNR Editora, Rosario, 15 pp.
- Westoby, M.; Rice, B. and J. Howell. 1990. Seed size and plant growth as factors in dispersal spectra. *Ecology* 71:1307-1315.
- Wiese, A.M. and L.K. Binning, 1987. Calculating the threshold temperature of development for weeds. *Weed Science* 35: 177-179.