

## Germinación y vigor de morfotipos de semillas de *Crotalaria juncea* L. (Fabaceae)

### Germination and vigour of *Crotalaria juncea* L. (Fabaceae) seed morphotypes

Pascualides AL y NS Ateca

**Resumen.** *Crotalaria juncea* L. (Fabaceae) es una especie herbácea anual originaria de la India. Sus semillas presentan polimorfismo en el color de la cubierta seminal y en el tamaño. Con la finalidad de evaluar el vigor de los morfotipos de semillas de *C. juncea*, éstas se agruparon según el color del episperma en uniformes (gris oscuro) y variegadas (con manchas marrones); a su vez se clasificaron en pequeñas (<5 mm de longitud) y grandes (>5 mm de longitud). Se evaluaron el peso de 1000 semillas, el porcentaje de germinación, la longitud y el peso seco de las plántulas, la conductividad eléctrica y la emergencia a campo. Los resultados mostraron que las semillas uniformes fueron más pesadas que las variegadas del mismo morfotipo de tamaño y aunque originaron plántulas de mayor longitud, el peso seco estuvo relacionado además con el tamaño de las semillas. Si bien, ambos morfotipos de color tuvieron altos porcentajes de germinación, las semillas uniformes presentaron menor conductividad eléctrica y mayor porcentaje de emergencia en el campo que las variegadas. Estas diferencias revelan que los morfotipos de color de episperma presentan distinto vigor, y que el tamaño de las semillas por sí sólo no tuvo efecto en las variables estudiadas. El peso de 1000 semillas presentó una correlación positiva con la longitud del eje hipocótilo radicular ( $r=0,68^{**}$ ) y el peso seco de las plántulas ( $r=0,75^{***}$ ), y una correlación negativa con la conductividad eléctrica ( $r=-0,56^{**}$ ); mientras que la emergencia en el campo, se correlacionó con la longitud y el peso seco de las plántulas ( $r=0,67^{***}$  y  $r=0,66^{**}$ , respectivamente). Se concluye que es importante determinar la proporción de semillas variegadas en una muestra representativa del lote para establecer la adecuada densidad de siembra de *C. juncea*.

**Palabras clave:** *Crotalaria juncea*; Tamaño de semilla; Color de cubierta seminal; Germinación; Vigor.

**Abstract.** *Crotalaria juncea* L. (Fabaceae) is an annual herbaceous species native to India. Their seeds have polymorphism in the seed coat color and different seed sizes. Seeds were grouped according to their seed coat color into uniform (dark gray seeds) and variegated (brown mottled seeds), to evaluate the vigour of *C. juncea* seed morphotypes. They were also classified into small (< 5mm length) and big seeds (>5 mm length). The 1000 seed weight, germination percentage, length and seedling dry weight, electrical conductivity and field emergence were evaluated. The results showed that uniform seeds had greater weight than those variegated of the same size morphotype; although they produced longer seedlings, seedling dry weight was associated with seed size too. Both morphotypes of seed coat had high percentages of germination. However, uniform seeds presented lower electrical conductivity and greater field emergence percentage than those variegated. These differences reveal that the two morphotypes of seed coat color have different vigour, and that seed size had no effect by itself on the variables studied. The 1000 seed weight showed a positive correlation with the (1) hypocotyl radicular axis length ( $r=0.68^{**}$ ) and (2) seedling dry weight ( $r=0.75^{***}$ ). However, it showed a negative correlation with the electrical conductivity ( $r=-0.56^{**}$ ). Field emergence correlated with seedling both length and dry weight ( $r=0.67^{***}$  and  $r=0.66^{**}$ , respectively). It is important to determine the proportion of variegated seeds in a representative sample of the seed lot to define the appropriate seeding density of *C. juncea*.

**Keywords:** *Crotalaria juncea*; Seed size; Seed coat color; Germination; Vigour.

## INTRODUCCIÓN

*Crotalaria juncea* L. es una especie herbácea anual perteneciente a la familia Fabaceae, originaria de la India donde es cultivada desde tiempos prehistóricos (Montgomery, 1954; Chaudhury et al., 1978; Treadwell y Alligood, 2008). Actualmente se siembra en regiones tropicales y subtropicales como cultivo de múltiples propósitos para fijar nitrógeno en suelos empobrecidos, reducir las poblaciones de malezas y nemátodos, como abono verde, forraje y fibra para pulpa de papel y cordaje (White y Haun, 1965; Yost y Evans, 1988; Cook y White, 1996). Si bien se están realizando trabajos de investigación en Argentina desde hace muchas décadas (Daguere, 1949; Pascualides et al., 1999, 2000; Piccolo, 2002; Pascualides et al., 2003; Pascualides, 2004; Pascualides y Planchuelo, 2007; Rinaldi et al., 2011), todavía *C. juncea* no se incorporó como cultivo comercial. La expansión de esta especie depende no sólo de las condiciones ambientales durante el ciclo del cultivo, sino también de la calidad de la semilla para asegurar una buena emergencia en el campo y altos rendimientos (Cook y White, 1996).

La relación entre el tamaño y la calidad de semillas de fabáceas es controvertida. En ese sentido, algunos autores (Dalianis, 1980; Gáspár et al., 1981; Ramadevi y Rama Rao, 2005) sostienen que las semillas grandes presentan mayor porcentaje de germinación que las pequeñas. Por el contrario, Sung (1992) afirma que las semillas pequeñas son más vigorosas que las grandes. Más aún, Hoy y Gamble (1985) e Illipronti et al. (1997, 1999, 2000) no encontraron diferencias en la viabilidad y vigor en relación al tamaño de las semillas. Por otro lado, se conoce ampliamente la importancia de las características morfológicas de la cubierta seminal tanto en la integridad como en la germinación de las semillas (Duke y Kakefuda, 1981; McDonald et al., 1988). Numerosos estudios determinaron relaciones entre el color de las semillas de fabáceas con la viabilidad y el vigor (Gunn, 1972; Oliveira et al., 1984; Powell et al., 1986; Abdullah et al., 1991; Legesse y Powell, 1996; Balkaya y Odabas, 2002; Peksen et al., 2004; Borji et al., 2007; Ertekin y Kırdar, 2010) como así también con la composición química de la cubierta seminal (Kantar et al., 1996). De igual manera, en especies de *Crotalaria* se observó polimorfismo en el color de las cubiertas seminales que fue relacionado con la dureza de las semillas (Egley, 1979; Saha y Takahasi, 1981; Buth y Narayan, 1987; Carreras et al., 2001), los patrones de imbibición durante la germinación (Pascualides, 2004; Pascualides y Planchuelo, 2007) y expresiones de vigor de las semillas (Silva et al., 1988). Dada la escasa información disponible sobre las semillas de *C. juncea* resulta necesario conocer el comportamiento de los distintos morfotipos de color y tamaño. Estos estudios aportarán criterios para la selección de semillas a fin de reducir fallas en la emergencia del cultivo, y así promover la incorporación de *C. juncea* a los sistemas agrícolas de Argentina.

Teniendo en cuenta los antecedentes mencionados, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la germinación y el vigor de diferentes morfotipos de color y tamaño encontrados en semillas de *C. juncea*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Material vegetal y determinación de los morfotipos.** Las semillas de *C. juncea* provienen de la colección de germoplasma de la Cátedra de Cultivos Industriales de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, Argentina. Se sembró una muestra inicial de 500 g de semillas para su multiplicación en un suelo Haplustol típico en el Cinturón Verde de Córdoba, Argentina (31° 25' S y 64° 11' O). Para asegurar la obtención de semillas maduras se cosecharon sólo las vainas de color amarillo con semillas libres en su interior y se trillaron manualmente (Cook y White, 1996). Las semillas limpias y con 9% de humedad (ISTA, 2005) se almacenaron en bolsas de papel a temperatura ambiente hasta su evaluación. La totalidad de las semillas obtenidas en los ensayos de multiplicación (2500 g) se separaron en dos grandes grupos de acuerdo al color de la cubierta conformando dos morfotipos: semillas uniformes (semillas gris oscuro) y semillas variegadas (semillas con manchas marrones), en base a la tabla y las descripciones de Stearn (1966). El morfotipo variegado representó el 20% del total de las semillas cosechadas. Estos dos grandes grupos de color se clasificaron a su vez en semillas pequeñas (4-5,4 x 3-3,9 mm) y grandes (5,5-7 x 4-5 mm) con la ayuda de un calibre digital.

**Peso de 1000 semillas.** El peso de 1000 semillas de cada morfotipo de color y tamaño se determinó según las Normas ISTA (2005).

**Ensayo de germinación y crecimiento de las plántulas.** El ensayo de germinación consistió de 4 repeticiones con 25 semillas de cada morfotipo de color y tamaño. Las semillas se sembraron en rollos de papel humedecidos con agua destilada ubicados en bolsas de polietileno dispuestos en cámara de germinación a 20 °C durante 16 horas en oscuridad, y 30 °C por 8 horas de luz. La germinación se evaluó diariamente durante 10 días (ISTA, 2005) y al finalizar el ensayo se registró la longitud de la raíz principal e hipocótilo. Para la determinación del peso seco de las plántulas se removieron los cotiledones según las indicaciones de Edje y Burris (1970), y el eje hipocótilo-radicular de cada plántula se llevó a estufa con aire forzado a 80 °C hasta peso constante (Illipronti et al., 1999; ISTA, 2005).

**Ensayo de conductividad eléctrica (CE).** El ensayo de conductividad eléctrica se llevó a cabo con 4 repeticiones de 25 semillas de los cuatro morfotipos establecidos. Las semillas se colocaron previamente entre dos capas de pa-

peles de germinación humedecidos con agua destilada a 20 °C durante 2 horas para obtener su imbibición. Luego se ubicaron en los recipientes del conductímetro tipo SAD 2007 con 10 mL de agua deionizada a 20–23 °C por 16 horas. Los valores de conductividad se expresaron en micro Siemens por cm ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

**Ensayo de Emergencia en el campo.** El ensayo a campo se llevó a cabo en una parcela experimental en Villa del Totoral, al norte de la Provincia de Córdoba, Argentina (30° 49' S y 63° 43' O; 233 msnm) en un suelo tipo Molisol. En octubre de 2006 después de un periodo de lluvia, se sembraron tres repeticiones de 100 semillas de los cuatro morfotipos en un diseño completamente aleatorizado. La parcela consistió de cuatro hileras de 4 m de longitud, espaciadas a 30 cm entre sí. Las semillas se sembraron en forma manual a 2 cm de profundidad aproximadamente, y espaciadas a 15 cm una de otras (8 semillas/m). Se consideró plántula emergida a la que presentó los cotiledones completamente expandidos sobre la superficie del suelo. Las evaluaciones se realizaron cada 5 días hasta los 21 días de la siembra cuando se registró el porcentaje de emergencia final.

**Análisis estadístico.** Los datos se sometieron al análisis de la varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey para la comparación de medias entre los cuatro morfotipos de color y tamaño de semillas de *C. juncea*. Además, se efectuaron un análisis de componentes principales (ACP) y coeficientes de correlación de Pearson a través del programa InfoStat (2008).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Peso de 1000 semillas.** Se encontró interacción significativa ( $p < 0,0054$ ) entre los morfotipos de color de episperma y tamaño para el peso de 1000 semillas. Las semillas con episperma uniforme fueron más pesadas que las variegadas del mismo morfotipo de tamaño (Tabla 1). Teniendo en cuenta los resultados de Pascualides y Planchuelo (2007) en *C. juncea*, es posible considerar que las semillas uniformes son más pesadas que las variegadas del mismo tamaño porque presentan mayor cantidad de reservas en los cotiledones. En cambio, Silva et al. (1988) observaron diferencias en el peso de 1000 semillas en relación al color de las cubiertas seminales en *C. lanceolata*.

**Ensayo de germinación y crecimiento de las plántulas.** Aunque se observaron diferencias altamente significativas ( $p < 0,0001$ ) en el porcentaje de germinación en laboratorio entre las semillas uniformes y variegadas, ambos morfotipos presentaron altos valores de germinación lo que refleja el grado de viabilidad de las semillas analizadas (Tabla 1). Estos resultados difieren con los de Carreras et al. (2001) quienes encontraron que el porcentaje de germinación en los morfotipos de color de *C. incana* estuvo relacionado con el grado de permeabilidad de las cubiertas, similarmente a lo informado por Eglely (1979) y Saha y Takahasi (1981) para otras especies del género.

Asimismo, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,0001$ ) para la longitud de las plántulas entre los dos morfotipos de color de las cubiertas. En cambio, el peso seco de las

**Tabla 1.** Valores promedios  $\pm$  Error Estándar para peso de 1000 semillas, porcentaje de germinación, longitud de radícula e hipocótilo, peso seco de plántulas, conductividad eléctrica y emergencia en el campo de los morfotipos de color de cubierta seminal y tamaño de las semillas de *Crotalaria juncea*.

**Table 1.** Mean values  $\pm$  standard error for 1000 seed weight, germination percentage, root and hypocotyl length, seedling dry weight, electrical conductivity and field emergence of the seed coat color and size morphotypes of *Crotalaria juncea* seeds.

Morfotipo de semillas		Peso de 1000	Poder	Longitud	Longitud de	Peso Seco	Conductivi-	Emergencia
Color de las	Tamaño de	semillas	Germinativo	de Radícula	Hipocótilo	de Plántula	dad Eléctrica	de Plántulas
semillas	las semillas	(gr)	(%)	(cm)	(cm)	(mg)	( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).	(%)
Semillas Uniformes	Semillas	47,29 $\pm$	96,5 $\pm$	7,72 $\pm$	12,53 $\pm$	4,53 $\pm$	4,53 $\pm$	83,0 $\pm$
	Grandes	0,17 d	1,3 b	0,15 b	0,20 b	0,24 a	0,24 a	0,6 b
Semillas Pequeñas	Semillas	40,07 $\pm$	94,0 $\pm$	7,70 $\pm$	10,06 $\pm$	4,53 $\pm$	4,53 $\pm$	78,5 $\pm$
	Pequeñas	0,27 b	1,5 b	0,32 b	0,30 b	0,33 a	0,33 a	5,0 b
Semillas Variegadas	Semillas	42,46 $\pm$	80,0 $\pm$	5,10 $\pm$	8,50 $\pm$	6,42 $\pm$	6,42 $\pm$	62,5 $\pm$
	Grandes	0,35 c	4,14 a	0,41 a	0,60 a	0,63 b	0,63 b	4,1 a
Semillas Pequeñas	Semillas	37,35 $\pm$	80,7 $\pm$	5,53 $\pm$	8,00 $\pm$	5,76 $\pm$	5,76 $\pm$	65,5 $\pm$
	Pequeñas	0,31 a	2,2 a	0,26 a	0,31 a	0,41 b	0,41 b	3,5 a

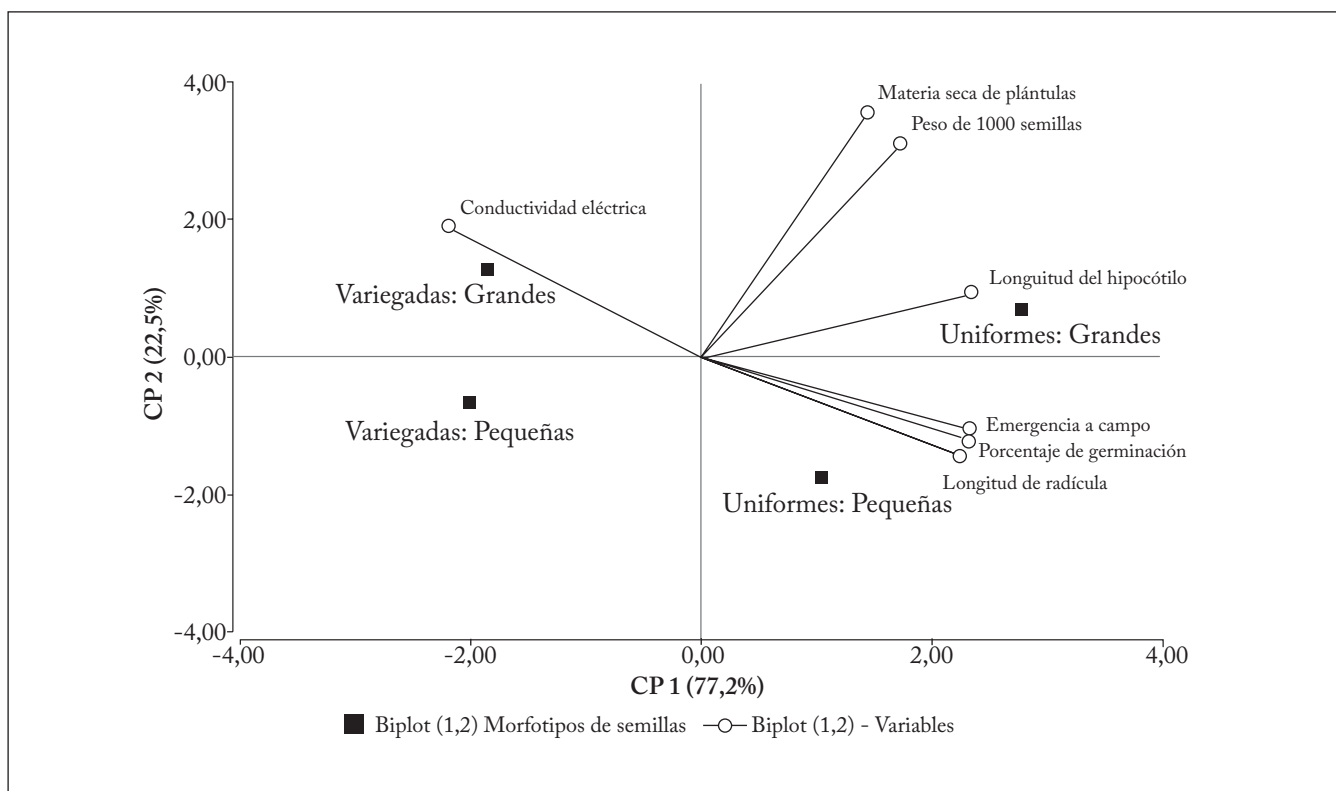
Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas a  $p < 0.01$  (test de Tukey).

Different letters within each column indicate significant differences at  $p < 0.01$  (Tukey's test).

plántulas estuvo relacionado tanto con el color de episperma como con el tamaño de las semillas (Tabla 1). Las plántulas provenientes de semillas uniformes grandes y pequeñas presentaron radícula e hipocótilo más largos que las de las variegadas del mismo tamaño. Sin embargo, sólo las semillas grandes de los dos morfotipos de color de episperma produjeron plántulas de mayor peso seco. Esto significa que la materia seca de las plántulas no depende de la longitud total del eje hipocótilo radicular. El hecho de que las semillas grandes, tanto uniformes como variegadas, originaron plántulas de mayor peso seco puede atribuirse a que el tamaño de las semillas está asociado al tamaño del embrión y por consiguiente, al peso de 1000 semillas. Del mismo modo, Dalianis (1989) determinó la importancia del tamaño de las semillas de *Trifolium alexandrinum* y *T. resupinatum* para mejorar el vigor y la emergencia a campo, al igual que Ramadevi y Rama Rao (2005) en *Arachis hypogaea*. Sin embargo, Gáspár et al. (1981) afirmaron que la capacidad de germinación se incrementó hasta un determinado peso en semillas de fabáceas. Sung (1992) observó que las semillas pequeñas de *Glycine max* emergieron más rápidamente al producir un mayor sistema radicular probablemente porque necesitan menor cantidad de agua para germinar. Por

otro lado, Hoy y Gamble (1985) e Illipronti et al. (1997, 1999, 2000) no encontraron efecto del tamaño de las semillas de *Glycine max* sobre la viabilidad y el vigor.

**Ensayo de Conductividad eléctrica.** Las semillas uniformes presentaron valores promedio significativamente más bajos ( $p < 0,0003$ ) de CE que las variegadas (Tabla 1). El comportamiento de las semillas variegadas puede estar relacionado con la presencia de una cubierta seminal más delgada (Pascualides y Planchuelo, 2007). Esto implica una mayor permeabilidad e incremento en la pérdida de solutos desde el embrión de las semillas del mismo modo que lo sostienen Legesse y Powell (1996), Peksen et al. (2004) y Borji et al. (2007). Además, los altos valores de CE implican una rápida captación de agua durante la primera fase del proceso de germinación que provocan daños al embrión por imbibición violenta (Pascualides, 2004; Pascualides y Planchuelo, 2007). Similares resultados se observaron en semillas blancas y moteadas de *Vigna sesquipedalis* (Abdullah et al., 1991) y en semillas blancas de *Phaseolus vulgaris* (Balkaya y Odabas, 2002). Por el contrario, Illipronti et al. (1997) encontraron relación entre la conductividad eléctrica y el tamaño de las semillas, y no con el color de



las cubiertas. En cambio, Powell et al. (1986) atribuyeron este comportamiento a la falta de adherencia entre los cotiledones y la cubierta seminal, mientras que Oliveira et al. (1984) e Illipronti et al. (1999) lo relacionaron con la presencia de grietas en la testa.

**Ensayo de emergencia en el campo.** Si bien los cuatro morfotipos de semillas mostraron porcentajes de germinación en laboratorio superiores al 80%, los resultados de emergencia a campo demostraron distintos comportamientos entre las semillas uniformes y variegadas. Las uniformes presentaron un porcentaje de emergencia a campo significativamente más alto ( $p < 0,0001$ ) que las variegadas (Tabla 1).

Las diferencias significativas observadas en la conductividad eléctrica y la emergencia a campo relacionadas con el color de las cubiertas revelan diferencias en el vigor de las semillas de *C. juncea*, del mismo modo que se encontró en muchas especies de fabáceas (Powell et al., 1986; Abdullah et al., 1991; Peksen et al., 2004; Borji et al., 2007; Ertekin y Kirdar, 2010).

La importancia de ciertos atributos físicos en el comportamiento de las semillas también depende de las condiciones ambientales en las que se realizan los experimentos y puede ser que un atributo adquiera mayor relevancia que otro. En este trabajo el color del episperma estuvo correlacionado con la conductividad eléctrica y la emergencia a campo, del mismo modo que lo determinaron Abdullah et al. (1991) en *Vigna sesquipedalis*, mientras que el tamaño por sí sólo no tuvo efecto en ninguna de las variables estudiadas. Esto resultados difieren con lo observado por Illipronti et al. (1999, 2000). Las discrepancias entre los resultados de las investigaciones puede ser atribuida al hecho de que las características físicas pueden estar relacionadas entre sí, como se observó con respecto al peso de 1000 semillas y al peso seco de las plántulas de *C. juncea*.

El Análisis Multivariado de los Componentes Principales (ACP) permite caracterizar los grupos de color y tamaño de semillas de *C. juncea* (Fig. 1).

Según los resultados, el CP1 separa las semillas por color de la cubierta seminal, mientras que el CP2 lo hace por el tamaño. Las semillas uniformes se caracterizaron por tener el mayor peso de 1000 semillas y peso seco de las plántulas, el más alto porcentaje de germinación y emergencia a campo, ejes hipocótilo radicular más largos; y los valores más bajos de conductividad eléctrica en comparación con las semillas variegadas. Los valores altos de conductividad eléctrica caracterizaron al morfotipo variegado.

Con respecto a los Coeficientes de Correlación de Pearson se observó una alta correlación entre el peso de 1000 semillas, con la longitud del eje hipocótilo radicular ( $r=0,68^{**}$ ) y el peso seco de las plántulas ( $r=0,75^{***}$ ); la emergencia a campo con la longitud y el peso seco de las plántulas ( $r=0,67^{***}$ ,  $r=0,66^{**}$  respectivamente), y una correlación negativa entre el peso de 1000 semillas y la conductividad eléctrica ( $r=-0,56^{**}$ ) (Tabla 2).

**Tabla 2.** Coeficientes de Correlación de Pearson entre peso de 1000 semillas, conductividad eléctrica, longitud hipocótilo radicular, peso seco de plántulas y emergencia campo de semillas de *Crotalaria juncea*.

**Table 2.** Pearson Correlation Coefficients between 1000 seeds weight, electrical conductivity, hypocotyl root axis length, seedling dry weight and field emergence of *Crotalaria juncea* seeds.

	Peso de 1000 semillas	Peso Seco de Plántula	Emergencia en el campo
Conductividad Eléctrica	-0,56 **		
Longitud de eje hipocótilo radicular	0,68**	0,54***	0,67***
Peso Seco de Plántula	0,75***		0,66**

\*\* , \*\*\* Significativos a  $p < 0,01$  y  $0,001$ , respectivamente.

\*\* , \*\*\* Significant at  $p < 0.01$  y  $0.001$ , respectively.

La correlación negativa entre la conductividad eléctrica y el peso de 1000 semillas coincide con lo registrado por Kantar et al. (1996), Balkaya y Odabas (2002), Peksen et al. (2004), Ramadevi y Rama Rao (2005) y Borji et al. (2007). Sin embargo, Hoy y Gamble (1985) e Illipronti et al. (1997) encontraron correlación entre la conductividad eléctrica tanto con el peso como así también con el tamaño de las semillas.

Los valores de conductividad eléctrica y emergencia a campo demostraron que las semillas uniformes se comportaron mejor que las variegadas. Esto puede deberse a que presentan cubierta seminal de mayor espesor (Pascualides, 2004; Pascualides y Planchuelo, 2007) que protege la integridad de las semillas, tal como lo sostienen Duke y Kakefuda (1981), Powell et al. (1986), McDonald et al. (1988) y Legesse y Powell (1996) para otras especies de fabáceas.

## CONCLUSIONES

Los lotes de semillas de *C. juncea* generalmente contienen una mezcla de diferentes colores y tamaños. Las evaluaciones sobre los diversos aspectos del vigor de las semillas de *C. juncea* demostraron que el comportamiento de los morfotipos no se debe exclusivamente a un atributo en particular. Las variables evaluadas permitieron determinar diferencias en el comportamiento entre los morfotipos de color de las semillas de *C. juncea* y establecer que el tamaño por sí sólo no constituye un factor que tenga mayor incidencia sobre la calidad de las semillas. Los resultados permiten afirmar que las semillas uniformes grandes son las de mayor calidad, y que las fallas en la emergencia a campo pueden relacionarse con un alto porcentaje de semillas variegadas en el lote de semillas. Por estas razones, es importante determinar la proporción de semillas variegadas en una muestra representativa del lote que permita establecer la adecuada densidad de siembra de *C. juncea*.

Los aspectos que se deben tener en cuenta para evaluar la calidad de semillas de *C. juncea* son la coloración del episperma y el peso de 1000 semillas, que debe ser mayor a 40 gramos, la conductividad eléctrica, la emergencia a campo y la materia seca de las plántulas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dra. Ana María Planchuelo por la revisión del manuscrito y los aportes realizados, y a los Ings. Agrs. Raúl Alberto Nobile y Graciela Edreira por el asesoramiento técnico en las tareas de campo. Este trabajo contó con el financiamiento de la Secretaria de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Córdoba.

## REFERENCIAS

- Abdullah, W.D., A.A. Powell y S. Matthews (1991). Association of differences in seed vigour in long bean (*Vigna sesquipedalis*) with testa color and imbibition damage. *Journal of Agricultural Science* 116: 259-264.
- Balkaya A. y M.S. Odabas (2002). Determination of seed characteristics in some significant snap bean varieties grown in Samsun, Turkey. *Pakistan Journal of Biological Science* 5: 382-387.
- Borji M., M. Ghorbanli y M. Sarlak (2007). Some seed traits and their relationship to seed germination, emergence rate, and electrical conductivity in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Asian Journal of Plant Science* 6: 781-787.
- Buth, G.M. y A. Narayan (1987). Seed and seed coat anatomy of some members of *Crotalaria* (Papilionaceae). *Journal of the Indian Botanical Society* 66: 317-324.
- Carreras, M.E., A.L. Pascualides y A.M. Planchuelo (2001). Comportamiento germinativo de las semillas de *Crotalaria incana* L. (Leguminosae) en relación a la permeabilidad de la cubierta seminal. *AgriScientia* 18: 45-50.
- Chaudhury, J., D.P. Singh y S.K. Hazra (1978). Sunn hemp. Central Research Institute for jute and allied fibres (ICAR). <http://assamagribusiness.nic.in/Sunnhemp.pdf>
- Cook, C.G. y G.A. White (1996). *Crotalaria juncea*: A potential multi-purpose fiber crop. En: J. Janick (ed.), pp. 389-394. Progress in new crops. ASHS Press, Arlington, VA. <http://www.hort.purdue.edu>.
- Daguerre, R.O (1949). *Crotalaria juncea* L. Una leguminosa de provenir por sus múltiples aplicaciones. *Ediciones Almanaque del Ministerio de Agricultura* 24: 265-267.
- Dalianis, C.D (1980). Effect of temperature and seed size on speed of germination, seedling elongation and emergence of berseem and Persian clover (*Trifolium alexandrinum* and *T. resupinatum*). *Seed Science and Technology* 8: 323-331.
- Duke, S.H. y G. Kakefuda (1981). Role of testa in preventing cellular rupture during imbibition of legume seeds. *Plant Physiology* 67: 449-456.
- Edje, O.T. y J.S. Burris (1970). Seedling vigour in soybean. *Proceedings of the Association of Official Seed Analysts* 59: 73-157.
- Egley, G.H. (1979). Seed coat impermeability and germination of showy *Crotalaria* (*Crotalaria spectabilis*) seeds. *Weed Science* 27: 355-361.
- Ertekin, M. y E. Kirdar (2010). Effects of seed coat colour on seed characteristics of honeylocust (*Gleditsia triacanthos*). *African Journal of Agricultural Research* 5: 2434-2438.
- Gáspár, S., A. Bus y J. Banyai (1981). Relationship between 1000-seed weight and germination capacity and seed longevity in small seeded Fabaceae. *Seed Science and Technology* 9: 457-467.
- Gunn, C.R. (1972). Características de la semilla. Ciencia y Tecnología de la Alfalfa. Hanson, C. H. Ed. Hemisferio Sur. pp. 815 - 825.
- Hoy, D.J. y E.E. Gamble (1985). The effects of seed size and seed density on germination and vigor in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Canadian Journal of Plant Science* 65: 1-8.
- Illipronti Jr., R.A., C.J. Langerak y W.J.M. Lommen (1997). Variation in relationships between physical and physiological seed attributes within a soybean seed lot. *Seed Science and Technology* 25: 215-231.
- Illipronti Jr., R.A., C.J. Langerak y W.J.M. Lommen (1999). Variation in physical seed attributes relates to variation in growth of soybean seedlings within a seed lot. *Seed Science and Technology* 27: 339-357.
- Illipronti Jr., R.A., C.J. Langerak, W.J.M. Lommen y P.C. Struik (2000). Uniformity performance and seed quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) seed crops grown from sub-samples of one seed lot obtained after selection for physical seed attributes. *Journal of Agronomy and Crop Science* 183: 81-88.
- InfoStat (2008). GrupoInfoStat, F.C.A. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- ISTA, International Seed Testing Association (2005). Rules for seed testing. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- Kantar F., C.J. Pilbeam y P.D. Hebblethwaite (1996). Effect of tannin content of faba bean (*Vicia faba*) seed on seed vigour, germination and field emergence. *Annals Applied Biology* 128: 85-93.
- Legesse, N. y A.A. Powell (1996). Relationship between the development of seed coat pigmentation, seed coat adherence to the cotyledons and the rate of imbibition during the maturation of grain legumes. *Seed Science and Technology* 24: 23-32.
- McDonald, M.B. Jr., C.W. Vertucci y E.E. Ross (1988). Seed coat regulation of soybean imbibition. *Crop Science* 28: 993-997
- Montgomery, B. (1954). Sunn fiber. En: H.R. Mauersberger (ed.), Mathew's textile fibers. pp. 323-327. 6th ed. Wiley, New York.
- Oliveira, M. de A., S. Matthews y A.A. Powell (1984). The role of split seed coat in determining seed vigour in commercial seed lots of soybean, as measured by the electrical conductivity test. *Seed Science and Technology* 12: 659-669.
- Pascualides A.L., G.E. Edreira, R.A. Nobile y A.M. Planchuelo (1999). Evaluación preliminar de la adaptación de *Crotalaria juncea* L. como cultivo alternativo. XIX Reunión Argentina de Ecología. Asociación Argentina de Ecología y Laboratorio de Investigaciones Ecológicas de las Yungas. Tucumán, 21-23 de abril. p. 73.
- Pascualides, A.L., G.E. Edreira, A.M. Planchuelo, R.A. Nobile y L. Baghin (2000). Evaluación de semillas y plántulas de *Crotalaria juncea* L. para su introducción como cultivo alternativo en Córdoba. Actas VIII Reunión Argentina de Agrometeorología. Mendoza, Argentina. pp. 110-111.
- Pascualides A.L., A.M. Planchuelo, A.M. Aiazzi. y M.V. Simón (2003). Caracterización morfológica de semillas de *Crotalaria juncea* L. (Fabaceae) y su relación con la germinación. *Boletín Sociedad Argentina de Botánica* 38: 102.
- Pascualides, A.L. (2004). Caracterización morfológica de las semillas de *Crotalaria juncea* L. y su relación con la calidad fisiológica. Tesis Magister en Tecnología de Semillas. Universidad Nacional de Córdoba. 98 p.

- Pascualides, A.L. y A.M. Planchuelo (2007). Seed morphology and imbibition pattern of *Crotalaria juncea* L. (Fabaceae). *Seed Science and Technology* 35: 760-764.
- Peksen, A., E. Peksen y H. Bozoglu (2004). Relationships among some seed traits, laboratory germination and field emergence in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] genotypes. *Pakistan Journal of Botany* 36: 311-320.
- Piccolo, G.A. (2002). Aptitud de leguminosas tropicales para ser utilizadas como cubiertas verdes. Misiones, Argentina [http://www.inta.gov.ar/ceroazul/Investiga/suelos\\_anuales](http://www.inta.gov.ar/ceroazul/Investiga/suelos_anuales)
- Powell, A.A., S.M. de A. Oliveira y S. Matthews (1986). Seed vigour in cultivars of dwarf French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in relation to the colour of the testa. *The Journal of Agricultural Science* 106: 419-425.
- Ramadevi, J. y G. Rama Rao (2005). Seed size on crop growth and pod yield in groundnut. *The Madras Agricultural Journal* 92: 584-588.
- Rinaldi, G., M.N. Buffa Menghi, A.L. Pascualides, M. del C. Baigorria, J. Serena, A. Bornand y A. Malpiedi (2011). Análisis de los componentes del rendimiento de fibra y su incidencia económica para dos densidades de siembra en *Hibiscus cannabinus* L. "kenaf" y *Crotalaria juncea* L "crotalaria de fibra" en la provincia de Córdoba". Actas VII Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales. Buenos Aires, Argentina, en CD, pp. 1-16.
- Saha, P.K. y N. Takahashi (1981). Seed dormancy and water uptake in *Crotalaria sericea* Retz. *Annals of Botany* 47: 423-425.
- Silva, A.A., S.M. Carmello y J. Nakagawa (1988). Germinação e vigor sementes de *Crotalaria lanceolata* E. Mey. I. Influência da cor do tegumento e da posição dos frutos na infrutescência. *Revista Brasileira de Sementes* 10: 67-73.
- Stearn, W. T (1966). Botanical Latin. Hafner Publishing Company. New York. 566 p.
- Sung, F.J.M. (1992). Field emergence of edible soybean seeds differing in seed size and emergence strength. *Seed Science and Technology* 20: 527-532.
- Treadwell, D. y M. Alligood (2008). Sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.): A summer cover crop for Florida vegetable producers. HS1126, Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. EDIS <http://edis.ifas.ufl.edu>.
- White, G.A. y J.R. Haun (1965). Growing *Crotalaria juncea*, a multi-purpose fiber legume, for paper pulp. *Economic Botany* 19: 175-183.
- Yost, R. y D. Evans (1988). Green manures and legume covers in the tropics."Hawaii Agricultural Experiment Station. HITAGR College of Tropical Agriculture and Human Resources. Research Series 055. pp. 16-17.