

LONGEVIDAD DE SEMILLAS DE VARIEDADES DE ARROZ Y DE BIOTIPOS DE ARROZ ROJO Y NEGRO EN EL SUELO

Gonzalo Zorrilla^{1/}; Ana Laura Pereira^{2/}; Mabel Oxley^{2/}; Antonio Acevedo^{3/}

INTRODUCCIÓN

La mezcla varietal debido a la existencia de plantas oriundas de semillas que persisten en el suelo de años anteriores es un problema que há sido observado en chacras de arroz. La longevidad de la semilla de variedades es un problema serio a nivel de cambio de variedades de un año para el otro y para planificar el uso de suelos de retorno con fines de producción de semilla. En la práctica se há visto una mayor longevidad de semillas en el suelo de la variedad El Paso 144 con respecto a otras variedades que permanecen de una siembra para otra, pero no se tiene una Idea clara de cuanto se tiene que esperar para evitar plantas guachas.

El arroz rojo genera pérdidas importantes de productividad en las chacras de arroz, siendo de difícil control por tratar-se de la misma especie del arroz cultivado. El arroz rojo se caracteriza por la gran rusticidad, donde la mayoría de los tipos es del mismo ciclo o más precoz que las cultivares más representativas de cada región productora. La gran dormancia, que puede mantener viables las semillas por varios años en el suelo asociado al alto de grano, son características de sobrevivencia de esta planta que permiten acumular densos bancos de semillas en el suelo, lo que contribuye decisivamente para la infestación creciente en cultivos subsecuentes en la misma área y la dificultad de control.

El conocimiento de las características del banco de semillas del suelo, como la longevidad de las semillas, es esencial en la elección de los métodos de control, tanto en el caso de especies malezas como el arroz rojo cuanto el de mezcla varietal, en el caso de otras variedades de arroz cultivado.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la longevidad de semillas en el suelo de variedades de arroz y de biotipos de arroz rojo y negro sobre las condiciones de suelo y clima de la región este de Uruguay.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo consto de dos experimentos, donde fueron evaluadas la longevidad de variedades de arroz (experimento 1) y biotipos de arroz rojo y negro (experimento 2) en el período de abril de 1993 a setiembre de 2005.

Los experimentos fueron conducidos en la Estación Experimental de Paso de la Laguna de INIA Treinta y Tres en un suelo Solod Melánico L.

En el experimento 1 fueron utilizadas semillas de las variedades Bluebelle, El Paso 144, El Paso 48, EEA 404 e INIA Tacuarí, cosechadas manualmente em abril de 1993 en los experimentos de cultivares Del Programa de Mejoramiento Genético de Arroz de INIA. Las semillas fueron trilladas manualmente, siendo posteriormente secadas al sol. La limpieza de las semillas se realizo en laboratorio, donde permanecieron almacenadas en bolsas de papel hasta la instalación del experimento.

El cuadro 1 caracteriza las muestras de semillas utilizadas cuanto a su porcentaje de germinación y el peso de mil semillas en gramos.

Cuadro 1. Valores de germinación y peso de mil semillas de las cultivares de arroz EEA 404, El Paso 144 e INIA Tacuarí utilizadas en el experimento 1.

Variedad	Germinación (%)	Peso de mil semillas (g)
EEA 404	89	34,6
El Paso 144	96	28,5
INIA Tacuarí	95	22,8

En el experimento 2 se utilizaron semillas de dos biotipos de arroz, uno rojo y el otro negro que fueron colectadas en áreas de rastrojo de arroz del año anterior (1992). Luego de la colecta las semillas fueron trilladas manualmente siendo secadas al sol para ser enterradas con humedad semejante a la que ocurre en el proceso natural de desgrane de las semillas.

Los biotipos de arroz utilizados fueron los comúnmente encontrados en Uruguay: arroz negro y arroz rojo. El arroz negro, denominado así por presentar coloración de las glumas negras, posee aristas resistentes y largas (4-5 cm) y el otro denominado arroz rojo por presenta coloración de las glumas ocre con aristas cortas. Ambos tipos son de cariopses cortas, gruesas y pubescentes.

La germinación inicial del arroz rojo y negro fueron de 94,5% y 97,5% respectivamente. Las semillas enterradas se encontraban con ausencia de dormancia para las cultivares y 100% de dormancia para las semillas de los biotipos de arroz rojo y negro.

Tratamientos y delineamiento experimental

Para ambos experimentos, los tratamientos estaban constituidos de la combinación de los siguientes factores:

Experimento 1

- profundidad: 5,0 e 15,0 cm;
- genotipos: EEA-404, El Paso 144, INIA Tacuarí, El Paso 144 y Bluebelle

^{1/} INIA Treinta y Tres hasta 2005

^{2/} INIA Treinta y Tres

^{3/} INIA Treinta y Tres hasta 2008

- longevidad: - 5 años para EEA 404 e INIA Tacuarí
- 10 años para El Paso 144

Experimento 2

- profundidad: 5,0 e 15,0 cm;
- genotipos: biotipos de arroz rojo y negro.

En base a la revisión bibliográfica, se establecieron tratamientos nominativos por el desconocimiento previo de la longevidad de la semilla, o sea, el número de años que las semillas podrían permanecer viables en el suelo. Así se definió un número de 20 años que asegurara la continuidad del experimento.

Los experimentos constaron de un delineamiento experimental factorial, dispuesto en parcelas divididas,

siendo la parcela principal la profundidad, la subparcela la longevidad y la sub-subparcela los genotipos para el experimento 1 y para el experimento 2 la parcela principal fue la profundidad y la subparcela el genotipo. Fueron utilizada tres repeticiones estadísticas.

Las semillas fueron enterradas en el suelo en junio de 1993. Para la obtención de las profundidades fueron retirados panes de tierra con vegetación hasta la profundidad deseada (5 y 15 cm). Cada tratamiento fue conducido en un tubo de PVC con diametro de 10 cm y altura de 4 cm abiertos en las extremidades (figura 1). Los tubos fueron dispuestos lado a lado, siendo distanciados aproximadamente 6 cm entre años y 4 cm entre genotipos (distribuidos al azar).



Figura 1 – Disposición de las semillas de las variedades de arroz y de los biotipo de arroz rojo y negro en los cilindros de PVC..

Las muestras estaban constituidas por 200 semillas de cada genotipo distribuidas en los cilindros correspondientes en una capa uniforme y sin superposición. Finalmente, el suelo fue repuesto permaneciendo la superficie prácticamente inalterada, obedeciendo, a la profundidad de los tratamientos dispuestos en las subparcelas (5 y 15 cm) en los dos experimentos.

La primera extracción de semillas fue realizada en setiembre de 1993, tres meses después de haber sido enterradas. En los años siguientes, en los meses de setiembre-octubre fueron realizadas las extracciones, con remoción de los cilindros correspondientes a cada genotipo.

Los cilindros fueron llevados al laboratorio y las semillas removidas cuidadosamente del suelo. Las semillas que no se presentaban visualmente deterioradas fueron sometidas al test de germinación. Las plántulas normales fueron contadas y registradas como semillas viables quiescentes (no dormantes). A este resultado se le agrego el número determinado de plántulas que habían germinado en el suelo (cilindro). Las semillas que no estaban deterioradas al final del test de germinación fueron analizadas por el test de tetrazolio. Las semillas viables detectadas por el test de tetrazolio

fueron registradas como viables dormantes. El total de viabilidad fue obtenido por la suma del número de semillas quiescentes y de semillas dormantes y los resultados fueron expresados como porcentaje del total de semillas viables enterradas en el suelo. Para efecto de evaluación de los datos, todos los tratamientos fueron ajustados al 100% de viabilidad.

Germinación - El test de germinación fue conducido con el número de semillas recuperadas de las muestras contenidas en cada cilindro que no se encontraban visualmente deterioradas. Las semillas fueron colocadas en sustrato de rollos de papel y llevadas a la cámara de germinación a una temperatura de 25 °C. El primer conteo se realizó a los cinco días y el conteo final a los catorce días de la instalación del test. Los resultados fueron expresados en porcentaje.

Tetrazolio – Las semillas que no germinaron al final del test de germinación fueron sometidas al test de tetrazolio para verificar su viabilidad. Se realizó corte longitudinal de las semillas siendo sumergidas en solución de sal de tetrazolio a 0,5% por un periodo de 3 h a temperatura de 30 °C. Las semillas fueron clasificadas en viables y no viables expresándose los resultados en porcentajes

Análisis estadístico

Las variables evaluadas en cada experimento fueron analizadas a través del programa PROC GLM (SAS, 2003), realizándose el análisis de varianza y para la comparación de medias fue utilizado el test de Tukey ($\alpha = 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Varietades de arroz

La dinámica de la viabilidad de las variedades de arroz desde que fueron enterradas en junio de 1993, hasta la fecha en que fueron encontradas las últimas semillas viables, en setiembre de 1996, para las profundidades de 5 y 15 cm puede ser observada en la figura 2.

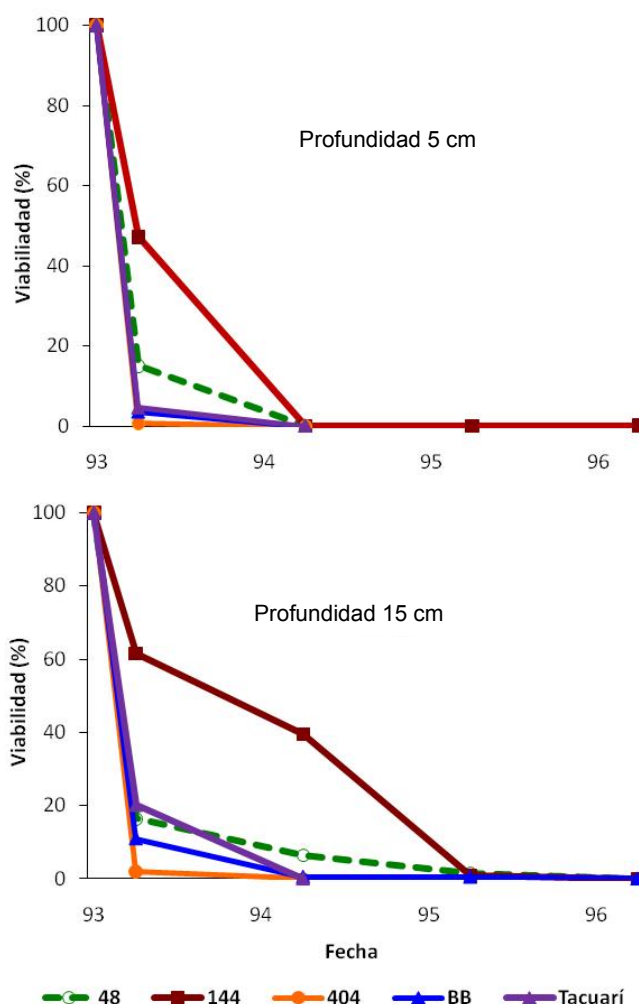


Figura 2. Dinámica de la viabilidad de las variedades El Paso 48, El Paso 144, EEA 404, Bluebelle y Tacuarí enterradas en el suelo a 5 e 15 cm de profundidad en el periodo de junio de 1993 a setiembre de 1996.

Se observa una caída acentuada en la viabilidad de las semillas tres meses después de enterradas para las variedades japónicas El Paso 48, EEA 404, Bluebelle, y Tacuarí, presentando menos de 20% de semillas viables. La variedad índica El Paso 144 también presentó reducción de viabilidad de sus semillas, sin embargo bastante menos pronunciada que para las otras variedades, manteniendo porcentajes de semillas viables de 47 y 62 para las profundidades de 5 y 15 cm, respectivamente, en setiembre de 1993. Ocurrió por lo tanto, una respuesta diferencial de las semillas cuanto al origen, pues la cultivar índica mantuvo una viabilidad

superior a las cultivares japónicas a lo largo de todo el periodo.

Dentro de las variedades japónicas El Paso 48 no difirió de Tacuarí y ambas tuvieron mayor viabilidad que Bluebelle y EEA 404 en el periodo de 1993 hasta 1996. En estudios realizados en Texas por Noldin (2006), enterrando semillas de las variedades de tipo japonico Lemont y Mars por cinco meses a 5 y 25 cm de profundidad, no encontró semillas viables independientemente de la localización em el suelo. Estos resultados son similares a los obtenidos en este

trabajo donde las variedades japónicas tuvieron una caída superior a 80% en la viabilidad a los tres meses de enterradas.

A los tres meses de enterradas (setiembre de 1993) el porcentaje de semillas viables fue en promedio de las dos profundidades y para todas las variedades de 18%, siendo significativamente superior al valor de 5% de viabilidad encontrada en la primavera siguiente, a los 15 meses de enterradas. En extracciones posteriores la viabilidad de las semillas fue menor a 1%.

Menos del 0,2% de las semillas enterradas a 15 cm de El Paso 48, El Paso 144 y Bluebelle presentaron semillas viables hasta 28 meses (setiembre de 1995). Al tercer año, a los 40 meses de enterradas, solamente permanecían viables 0,2 % de semillas de la variedad de El Paso 144 a 5 cm de profundidad.

En trabajos similares realizados en Brasil (Peske et al., 1997) y Estados Unidos (Noldin, 2006) se confirma la variabilidad existente en la longevidad de las semillas de arroz conforme el genotipo. Otros factores como el suelo y el clima pueden influir en la longevidad de las semillas (Bekker et al., 1998). Sin embargo, según Fenner y Thompson (2005), esta influencia no es determinante pues la persistencia es sobretodo una característica de la semilla, que puede ser o no modificada por las condiciones ambientales.

Considerándose la profundidad a la que fueron enterradas las semillas, se observaron diferencias de viabilidad entre las mismas. A 15 cm todas las cultivares presentaron mayor viabilidad en todas las fechas de extracción que a 5 cm. El Paso 144 presentó a una profundidad de 5 cm, a los tres meses de enterrado 47,2% de viabilidad, no encontrando-se más semillas viables hasta la última extracción (0,2%) a los 40 meses. Por otro lado, a 15 cm de profundidad, presentó respectivamente 62%, 40% y menos de 1% de semillas viables en las sucesivas extracciones.

Los valores de viabilidad encontrados para la cultivar El Paso 144 indican que si un importante número de semillas de esta variedad cae al suelo luego de las cosecha, estas podrían germinar en la cosecha siguiente. La utilización de esta área para la siembra de otras variedades comerciales podría implicar en la presencia de plantas no deseadas. En el caso de productores de semillas se puede evitar la multiplicación de las semillas del banco de semillas utilizando manejos adecuados. El tiempo mínimo de descanso requerido para retornar a la misma área de producción de semillas, según la legislación, es de 4 años para la categoría de semilla comercial y certificada II y de seis años para las categorías de semillas certificada I y básica. Por los resultados obtenidos en este trabajo, parecería ser este un período suficiente para asegurar

la ausencia de plantas guachas de otras variedades en las chacras.

En cuanto a la dormancia, las semillas de ninguna de las cultivares se encontraban en este estado cuando fueron enterradas, estando todas en estado de quiescencia. Entretanto, El Paso 144 presentó una pequeña porción de semillas dormantes a los tres meses de enterradas y también en la primavera siguiente en setiembre de 1994. En esta última fecha se encontraron también la presencia de semillas dormantes en las cultivares El Paso 48 y Bluebelle. En 1995 se repitieron algunas semillas dormantes y en 1996 apenas ocurrió la dormancia en El Paso 144.

Es probable que hubiera ocurrido el fenómeno de la dormancia secundaria, la cual se instala en una semilla quiescente, luego de la dispersión, cuando esta encuentra un ambiente desfavorable o estresante para la germinación, principalmente cuanto a los factores agua, temperatura, luz y oxígeno (Cardoso, 2004). Entretanto, los porcentajes de dormancia secundaria fueron muy bajos no encontrándose diferencias entre variedades. La mayor capacidad de sobrevivencia de las semillas de El Paso 144, por consiguiente es debido a otro factor del de la dormancia, posiblemente por alguna condición fisiológica o por la estructura física de la semilla. La protección de las estructuras que recubren la semilla podrían ser consideradas como un factor que le otorga mayor viabilidad.

ARROZ ROJO Y NEGRO

La dinámica de la composición de las muestras de semillas de arroz rojo durante el período que permanecieron enterradas es presentada en la figura 3. Puede observarse que la proporción de semillas cuyas pérdidas no pudieron ser identificadas es mayor para las enterradas a 5 cm. A esta profundidad las semillas quedan más expuestas a la predación. Las pérdidas en los bancos de semillas del suelo están determinadas por la muerte, predación y germinación de las semillas. Las pérdidas y las ganancias son influenciadas por el ambiente y prácticas de manejo comunes y estos interactúan con la presencia de especies (Harper, 1977).

La sobrevivencia de la semilla y el tamaño del banco de semillas del suelo pueden depender de las condiciones en que fueron enterradas y del hábitat, edad de la semilla, densidad y predación, además de otros factores como la herbivoría, que afecta el flujo de entrada de semillas en el suelo (Alexander e Scharag, 2003). Una vez que las semillas hayan sido enterradas y formen un banco de semillas del suelo persistente, el mayor desafío a ser enfrentado parece ser el ataque por hongos y bacterias patogénicas (Leishman et al, 2000; Blaney & Kotanen, 2002).

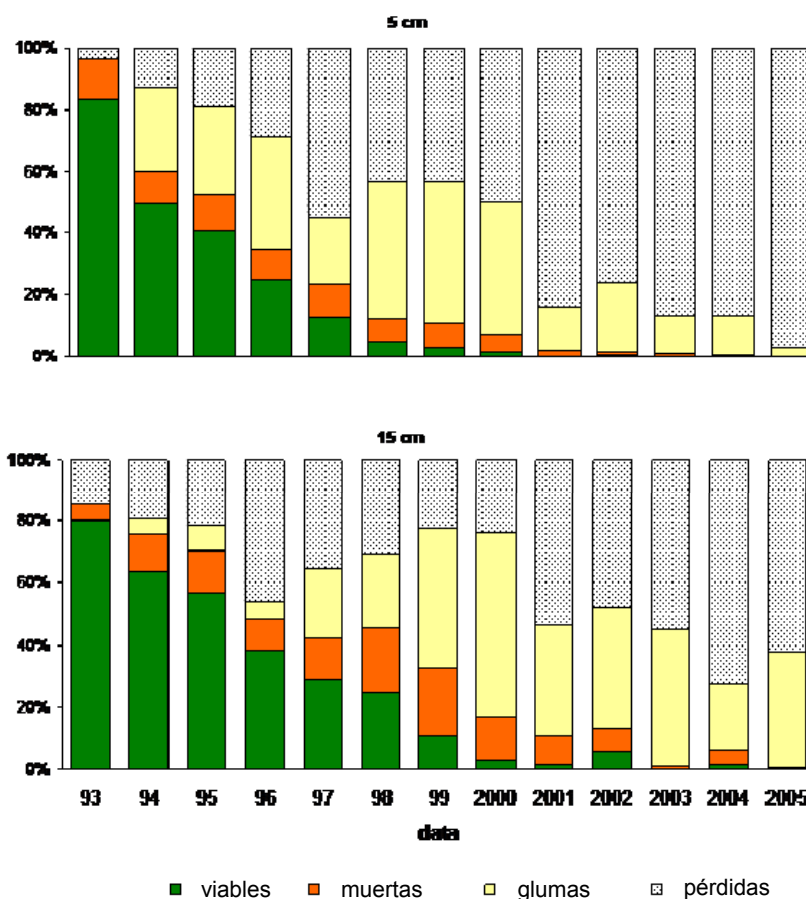


Figura 3. Dinámica de la composición porcentual de las muestras de semillas de los biotipos de arroz rojo y negro enterradas en el suelo a 5 y 15 cm en el periodo de 1993 até 2005.

Es interesante resaltar la gran cantidad de semillas recuperadas a lo largo de los años, que fueron obtenidas en este trabajo. En el caso de las semillas enterradas a 15 cm, luego de un período de ocho años de permanencia en el suelo, se obtuvieron valores próximos a 80% de recuperación de semillas. Esto se debe probablemente, además de la cantidad de semillas viables encontradas, a la permanencia de las estructuras externas de las semillas (glumas) por la presencia en sus tejidos de sustancias que le atribuyen gran resistencia como lignina, sílice y celulosa.

La evolución de la viabilidad de las semillas de los biotipos de arroz rojo y negro en las diferentes fechas de extracción son presentadas en la figura 4. La viabilidad máxima de semillas encontradas en este

estudio fue de 12 años para el arroz rojo y 11 años para el arroz negro en las condiciones de suelo y clima de esta región. No fueron encontradas semillas viables para ninguno de los biotipos de arroz posterior al año 2005, apenas las glumas de las semillas.

Resultados similares fueron obtenidos por Goss y Brown (1939) y Diarra et al. (1985), donde algunas semillas de arroz rojo mantuvieron germinación hasta después de diez y doce años de enterradas respectivamente. Por otro lado, Noldin et al. (2006) mostraron la permanencia de biotipos de arroz rojo al sur de Estados Unidos con un lapso de vida mucho más corto, ocurriendo pérdida de casi toda viabilidad después de tres años de enterradas.

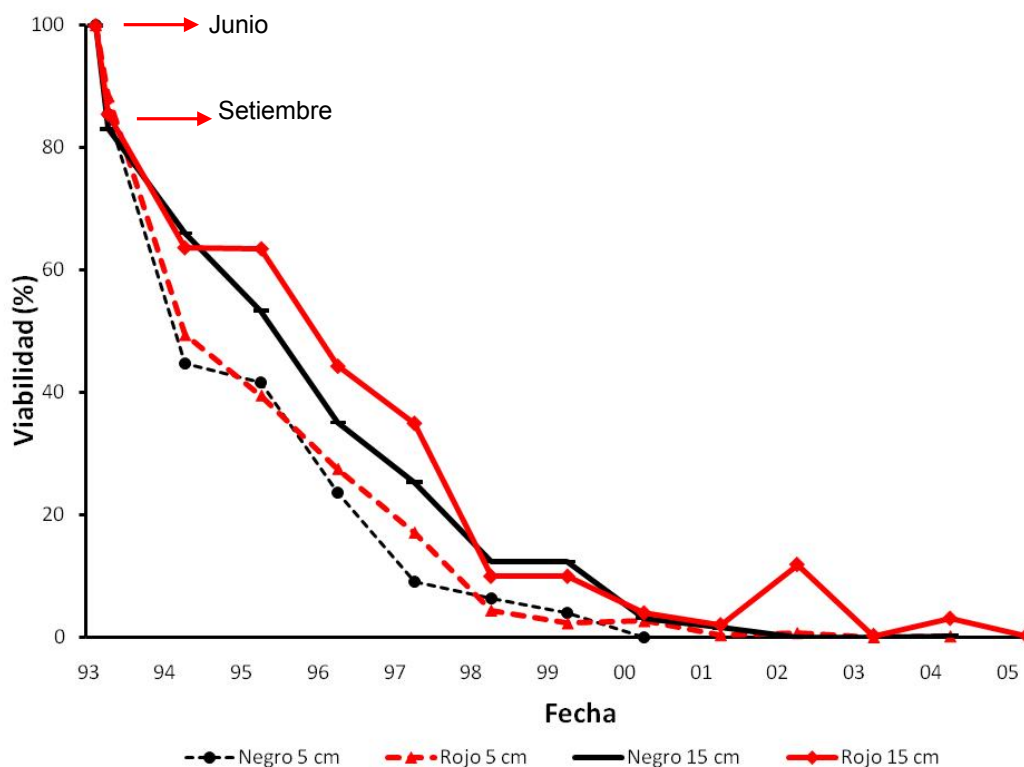


Figura 4. Dinámica de la viabilidad de semillas (%) de biotipo de arroz negro y rojo enterrados a 5 y 15 cm de profundidad en el suelo.

Esta gran diferencia en la longevidad de las semillas encontradas en estos abajos pueden ser atribuidas a las diferencias de suelo y clima de las regiones en que fueron realizadas, además de diferencias en los genotipos utilizados.

Al analizar la viabilidad de las semillas de los biotipos de arroz se observan reducciones significativas hasta seis años después de enterradas en 1999. Luego de esta fecha los porcentajes de semillas viables fueron inferiores a 4%.

Para la mayoría de los años, se observó mayor viabilidad en las semillas de arroz rojo en relación a las semillas de arroz negro, en ambas profundidades. Entretanto, esta diferencia es más acentuada a 15 cm de profundidad, donde las diferencias entre los biotipos son significativas.

En la profundidad de 15 cm, tanto el arroz rojo como el arroz negro presentaron mayor cantidad de semillas viables a lo largo de los años cuando comparada con la

profundidad de 5 cm, con una diferencia promedio de 8% de viabilidad.

En general, la longevidad de las semillas es mayor si estas se encuentran a mayores profundidades en el suelo (Miller e Nalewaja, 1990). Además de la mayor profundidad de enterradas, bajas temperaturas y humedades son factores que favorecen la mantención de la viabilidad y, Roberts (1972) afirma que disminuyendo la presión de oxígeno también se aumenta la longevidad.

Las semillas viables del arroz rojo y negro cuando fueron enterradas, en junio de 1993, se encontraban en su totalidad en estado de dormancia primaria. En la figura 5 se presenta la dinámica de la viabilidad de las semillas a lo largo del período que permanecieron enterradas. En la primera extracción, en setiembre de 1993, tres meses después de enterradas, ocurrió una alta superación de la dormancia de las semillas, pasando a valores de apenas 9% para el arroz negro y 35% para el arroz rojo en promedio de las dos profundidades.

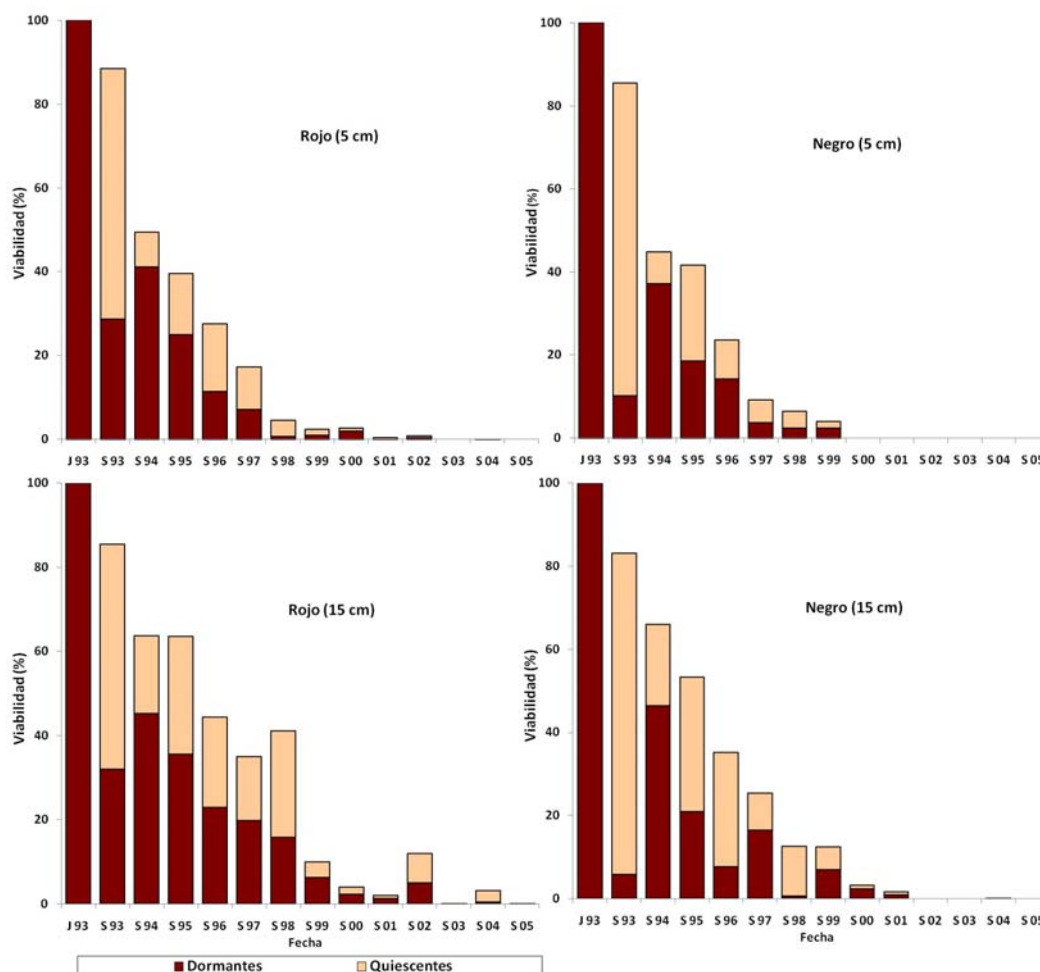


Figura 4. Dinámica de la viabilidad de las semillas de arroz rojo y negro enterradas en el suelo a las profundidades de 5 y 15 cm en porcentaje de semillas dormantes y quiescentes.

Al compararse el porcentaje de semillas quiescentes en estos primeros tres meses de enterradas, se observó valores mayores para el arroz negro en las dos profundidades. Para las semillas de arroz rojo se obtuvieron valores de 60 y 54 % de viabilidad para las profundidades de 5 y 15 cm respectivamente, mientras que para el arroz negro fueron de 88% a los 5 cm y 93% a los 15 cm. Este elevado número de semillas de arroz negro con capacidad de germinar ya en el primer año podría en parte explicar la menor sobrevivencia de este biotipo, ya que el periodo de extinción del banco de semillas ocurriría más rápidamente. Entretanto, en los años siguientes se observaron mayores proporciones de semillas dormantes para los dos biotipos y variables en función del año. Esta variación en la composición entre semillas dormantes y quiescentes puede deberse a la entrada y salida de semillas en dormancia secundaria.

Fluctuaciones en la dormancia de las semillas durante el año son encontradas para muchas especies que forman bancos de semillas en el suelo. Los ciclos de dormancia y germinación son atribuidos a condiciones del ambiente que inducen a las semillas a entrar en dormancia secundaria o a la superación de la misma,

permitiendo la germinación. Cuanto a esto, Benech-Arnold et al. (2000) mencionan que dentro de los factores que controlan la desactivación de la dormancia pueden diferenciarse los que modifican su nivel o intensidad en la población de semillas (temperatura y condiciones hídricas del suelo), de los que terminan o eliminan las últimas restricciones para la germinación de la semilla, una vez que el grado de dormancia es suficientemente bajo (luz, fluctuaciones de temperatura, concentraciones de nitratos).

Para la mayoría de las especies, el papel de la dormancia en la persistencia de las semillas es solamente el de regular la época del año en la cual la semilla puede responder a estímulos de la germinación o inhibir la germinación durante el periodo que le sigue inmediatamente luego de la dispersión (Fenner e Thompson, 2005).

Según la clasificación de Fenner (1995) de los bancos de semillas del suelo por el grado de persistencia de sus semillas en el suelo, los bancos de semillas de arroz rojo pueden ser clasificados como persistentes, pues estas mantienen viabilidad por largos periodos, presentando elevada proporción de semillas dormantes.

DISCUSIÓN

Las semillas de arroz rojo, arroz negro y El Paso 144 mostraron diferentes estrategias de sobrevivencia. Las semillas de arroz rojo y negro se encontraban dormantes cuando fueron enterradas, y luego mantuvieron equilibrio fluctuante entre semillas quiescentes y dormantes a lo largo de los años. Los resultados evidencian que las semillas estaban entrando y saliendo en dormancia secundaria, probablemente inducida por cambios ambientales.

Por otro lado, las semillas de El Paso 144 se encontraban sin dormancia al ser enterradas, y en los años siguientes, se detectó ausencia de dormancia en casi todas las semillas. La capacidad de sobrevivencia de estas semillas fue probablemente sostenida solamente por su estructura física.

En estudio donde se discute longevidad y dormancia Takahashi (1995), concluye que la dormancia tuvo un importante papel en la longevidad de las semillas de plantas salvajes, entretanto no hay correlación entre dormancia y longevidad en semillas de plantas cultivadas.

Sin embargo, Thompson (2000) afirma que muchas especies persisten en el suelo por años o décadas en estado no dormante. Mismo en especies que pasan por diversos ciclos de dormancia, la persistencia es debida no a la dormancia, pero a la ausencia de condiciones apropiadas para la germinación durante la parte del ciclo que las semillas no están dormantes, principalmente luz. Segundo Baskin y Baskin (2001), el único tipo de dormancia que puede ser fuertemente responsable por la persistencia de las semillas es la dormancia física (semillas duras), especialmente en el caso de las leguminosas.

De estos resultados es posible realizar algunas recomendaciones sobre el manejo del banco de semillas de arroz en el suelo. Realizar rotaciones de cultivares de un año a otro puede ser posible tratándose de variedades japónicas, pero al utilizar el cultivar El Paso 144 por lo menos dos años sin arroz sería lo adecuado para evitar plantas de esta variedad en la próxima chacra. En este caso, repetir movimiento del suelo superficial puede efectivamente reducir el banco de semillas, debido a la poca dormancia secundaria en esta variedad.

Una larga sobrevivencia de semillas de arroz rojo y negro fueron confirmados en este estudio para suelos en Uruguay. Rotaciones cortas con pasturas no son suficientes para el control de campos infestados de arroz rojo por la alta sobrevivencia encontrada y serán necesarios incluir otros factores de manejo.

Estudiando la distribución vertical del banco de semillas de arroz rojo del suelo en dos sistemas de siembra, Ortega y Avarado (2005) verificaron que en sistemas de siembra directa más de 66% de las semillas que germinaban se encontraban en los primeros 5 cm del perfil del suelo. Es importante, por lo tanto, como afirma Swanton et al. (2001) realizar trabajos del suelo superficialmente para no incorporar las semillas en

profundidad en el suelo que favorece su dormancia. Mantener las semillas cerca de la superficie reduce la dormancia, promueve la germinación y permite aplicar estrategias de manejo de plantas competitivas más eficientes. En suelos no arados, un adecuado control de plantas competitivas emergidas durante varios años puede disminuir el banco de semillas en la capa superficial del suelo. Enterrar la semilla profundamente en el suelo complica esfuerzos futuros de control de malezas.

Los resultados del presente trabajo sugieren una reflexión cuanto a la intensificación del cultivo de arroz. El problema de las infestaciones de arroz rojo son proveniente en parte por la reducción del tiempo de utilización de áreas con pasturas.

CONCLUSIONES

- Semillas de variedades de arroz presentan longevidades diferentes en el banco de semillas del suelo.
- Semillas de la variedad índica El Paso 144 mantienen viabilidad en el suelo por hasta tres años siendo superior a las variedades japónicas
- Hay una relación directa entre longevidad y profundidad a la que son enterradas las semillas de arroz rojo y arroz negro en el banco de semillas del suelo.
- El arroz rojo presenta mayor persistencia en el banco de semillas del suelo que el arroz negro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, H.M.; SCHARAG, A.M. Role of soil seed banks and newly dispersed seeds in population dynamics of the annual sunflower, *Helianthus annuus*. **Journal of Ecology**. v. 91, p. 987-998, 2003.
- BENECH-ARNOLD, R.L.; SANCHEZ, R.A., FORCELLA, B.F.; KRUKA, B.C., GHERSAA, C.M. Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. **Field Crops Research**, v. 67, Issue 2.. p.105-122, 2000.
- CARDOSO, V.J.M. Dormência: estabelecimento do processo. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (orgs.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 95-108.
- DIARRA, A.R.J.; SMITH, R.J.; TALBERT, R.E. Interference of red rice (*Oryza sativa*) with rice (*O. Sativa*) **Weed Science**. v. 33, p. 644-649, 1985.
- FENNER, M. (ed.). **Seed Ecology**. Londres: Chapman e Hall, 1985. 151p.
- FENNER, M., THOMPSON, K. The ecology of seeds. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 250 p.
- GOSS, W.L.; BROWN, L. Buried red rice seed. **Journal American Society Agronomy**. v.31, p.633-637, 1939.
- HARPER, J.L. Population biology of plants. Londres: Academic Press, 1977. p. 33-11.

NOLDIN, J.A.; CHANDLER, J.M.; MCCAULEY, G.N. Seed longevity of red rice ecotypes buried in soil. **Planta Daninha**, v.24, n.4, p. 611-620, 2006.

ORTEGA, Y.M.; ALVARADO, R.A. Efectos de dos sistemas de labranza sobre poblaciones de arroz rojo (*Oryza sativa* L.) en un agroecosistema arrocero

inundado. **Agronomia Mesoamericana**, v.16, n.1, p.63-75, 2005.

PESKE, S. T.; BARROS, A.C.S.A; NUNES, M.M; FERREIRA, L.H. Sobrevivência de sementes de arroz vermelho depositadas no solo. **Revista Brasileira de Agrocência**, v.3, n.1, p.17-22, 1997.