



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

TESIS DE DOCTOR EN AGRONOMÍA

ANÁLISIS Y GENERACIÓN DE VARIABILIDAD GENÉTICA PARA EL
DESARROLLO DE VARIEDADES DE ALPISTE, Y EVALUACIÓN DE
HERBICIDAS PARA EL CONTROL DE TRIGOLLO Y AVENA NEGRA

Ing. Agr. (M. Sc.) Maximiliano Cogliatti

BAHÍA BLANCA

ARGENTINA

2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

Secretaria General de Posgrado y Educación Continua

La presente Tesis ha sido Aprobada el/...../....., mereciendo la calificación de (.....)

Dra. Lilia I. Lindström

Dr. Fernando D. Castaño

Dr. Marcelo Helguera

PREFACIO

Esta Tesis se presenta como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Doctor en Agronomía de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otra.

La misma se realizó bajo la dirección de la Dra. Viviana Echenique y contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el ámbito de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (FA-UNCPBA).



Ing. Agr. (M. Sc.) Maximiliano Cogliatti

DEDICATORIA

Ante todo, quiero dedicar el presente trabajo a mi familia.

También, quisiera dedicarlo a las autoridades de Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires y del Programa de Posgrado del Departamento de Agronomía de la Universidad del Sur, por darme la oportunidad de concretar esta instancia de formación.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a la Dra. Viviana Echenique por el compromiso, dedicación y paciencia en la dirección de la tesis.

Asimismo, agradecer la colaboración de mis compañeros de trabajo, docentes, investigadores y técnicos, de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (FA-UNCPBA)

A la Dra. Carmen Mateo, Dr. Ramiro Carciochi, Dr. Guillermo D. Manrique, Ing. Isabel Riccobene e Ing. (M.Sc.) Susana Nolasco, de la Facultad de Ingeniería (FIO-UNCPBA), por facilitar el espacio físico, equipamiento y ayuda para la realización de las determinaciones químicas incluidas en este trabajo.

También quiero expresar mi agradecimiento a las autoridades de Facultad de Agronomía (UNCPBA) y al directorio de la Empresa de comercialización de cereales y agroquímicos H. J. Navas & Co. S. A., quienes brindaron el apoyo financiero necesario para la ejecución de los trabajos experimentales.

Por último, agradecer a la Subsecretaría de Gestión y Políticas Universitarias del Ministerio de Educación, por el otorgamiento de la beca DOCTR@r.

CONTENIDO

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VII
RESUMEN	1
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN GENERAL	11
Ubicación taxonómica de la especie.....	11
Descripción de la planta	11
Usos de los granos de alpiste.....	13
Características del grano de alpiste	14
Situación del cultivo	19
Requerimientos del cultivo.....	21
Mejoramiento genético	23
HIPÓTESIS	29
OBJETIVO GENERAL.....	29
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ENTRADAS DE ALPISTE	31
CAPÍTULO II: SELECCIÓN DE LÍNEAS PARA LA OBTENCIÓN DE NUEVAS VARIETADES DE ALPISTE	53
CAPÍTULO III: GENERACIÓN DE VARIABILIDAD GENÉTICA EN ALPISTE POR MUTAGÉNESIS INDUCIDA	63
CAPÍTULO IV: VARIABILIDAD GENÉTICA PARA LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS GRANOS DE ALPISTE, ASOCIADA AL CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES Y TOCOFEROLES.....	74
CAPÍTULO V: EVALUACIÓN DE ILOXAN Y TOPIK PARA EL CONTROL DE TRIGOLLO Y AVENA NEGRA.....	87
CAPÍTULO FINAL.....	101
REFERENCIAS	105
ANEXO: PUBLICACIONES DERIVADAS DE LA TESIS	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ilustración de la planta de alpiste.	12
Figura 2. Tricomas silificados presentes en las glumelas del grano de alpiste comparado con las fibras de asbesto.	14
Figura 3. Composición química porcentual del grano de alpiste descascarado	15
Figura 4. Producción mundial de alpiste, en el período 2010 – 2014.	20
Figura 5. Principales regiones productoras de alpiste de (a) Canadá y (b) Argentina.	21
Figura 6. Interpretación del gráfico de estabilidad de Shukla.	36
Figura 7. Gráfico de estabilidad de Shukla para el rendimiento en grano (RG) de 57 entradas de alpiste.	39
Figura 8. Gráfico estabilidad de Shukla para el peso individual de los granos (PG) de 57 entradas de alpiste.	41
Figura 9. Gráfico de estabilidad de Shukla para el número de granos por metro cuadrado (NG) de 57 entradas de alpiste.	42
Figura 10. Gráfico de estabilidad de Shukla para la altura de planta (H) de 57 entradas de alpiste.	46
Figura 11. Gráfico de estabilidad de Shukla para el ciclo de cultivo de 57 entradas de alpiste, representado en grados días entre emergencia y madurez de cosecha (GD E-MC).	47
Figura 12. Correlación entre el rendimiento en granos y a- altura de planta, b- el número de granos por m ² y c- correlación entre la duración de las etapas fenológicas emergencia a madurez de cosecha (E-MC) y emergencia a panojado (E-P) expresadas en grados día (GD).	50
Figura 13. Tamaño de grano (a) de la línea de alpiste S4201 (PG= 9,3 mg) y (b) de la población local (PG= 7.2 mg).	58
Figura 14. Parcela de multiplicación de la variedad de alpiste Horacio FAA/Navas.	62
Figura 15. (a) grano piloso de la variedad Keet y (b) grano glabro de la variedad CDC-María.	63
Figura 16. Esquema del procedimiento de mutagénesis y selección.	68
Figura 17. Patrones cloróticos en hojas de plantas de alpiste de la población M ₁ , mutagenizadas con azida sódica.	70
Figura 18. Multiplicación en surco de las plantas de la generación M ₂ que mostraron síntomas de clorosis en la generación M ₁ .	71
Figura 19. Patrón de isómeros de tocoferol determinados en el genotipo de alpiste Lizard por cromatografía líquida de alta presión (HPLC).	81
Figura 20. Análisis de Componentes Principales de los genotipos de alpiste evaluados en función del contenido tocoferoles totales, actividad de vitamina E, compuestos fenólicos totales (TPC= CFT) y capacidad antioxidante por el método DPPH.	85
Figura 21. Fitotóxicidad de Iloxán sobre plantas de avena negra, trigollo y alpiste, según una escala porcentual de daño, donde 0% corresponde a plantas sin daños visibles y 100% a las plantas muertas.	96
Figura 22. Efectos de diferentes dosis de Iloxán sobre la producción de biomasa aérea en avena negra, trigollo y alpiste.	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valor energético y composición química del grano de alpiste descascarado.	16
Tabla 2. Información de las entradas de alpiste evaluadas en los años 2004, 2005 y 2006.	32-33
Tabla 3. Probabilidades (P-valor) obtenidas de los análisis de varianza de los cuatro ensayos E1, E2, E3, E4 y del análisis en conjunto de los mismos (Con), para las variables: rendimiento en grano (RG), peso individual de los granos (PG), número de granos por metro cuadrado (NG), índice de cosecha (IC), altura de planta (H) y los periodos fenológicos expresados en grados día: Emergencia-Panojado (GD E-P), Panojado-Madurez de Cosecha (GD P-MC) y Emergencia-Madurez de Cosecha (GD E-MC). IGA: Interacción genotipo x ambiente resultante del análisis conjunto.	37
Tabla 4. Rendimiento en grano, peso individual de granos y número de granos por metro cuadrado, obtenidos en los experimentos E1, E2, E3, E4 y en el análisis conjunto (Con). DMS: diferencia mínima significativa ($p \leq 0.05$) obtenida del análisis de comparación de medias de Fisher.	43-44
Tabla 5. Índice de cosecha, altura de planta y duración de las fases fenológicas: emergencia-madurez de cosecha (E-MC), emergencia-panojado (E-P) y panojado-madurez de cosecha (P-MC), expresada en grados días (GD), obtenidos en los experimentos E1, E2, E3, E4 y en el análisis conjunto (Con). DMS: diferencia mínima significativa ($p \leq 0.05$) obtenida del análisis de comparación de medias de Fisher.	48-49
Tabla 6. Rendimiento en grano, número de granos, peso individual de grano, altura de planta e índice de cosecha, obtenidos del análisis conjunto realizado en 2011 y 2012 de siete líneas derivadas de la población marroquí N° 42 y tres cultivares de referencia, Alden (N° 48), CDC-María (N° 52) y Cantate (N° 60).	61
Tabla 7. Herbicidas, dosis y condiciones de aplicación, utilizados para las pruebas de tolerancia a herbicidas en las poblaciones M ₃ de la variedad de alpiste CDC-Togo.	67
Tabla 8. Efectividad de los tratamientos mutagénicos con azida sódica y rayos gamma sobre semillas de alpiste de la variedad CDC-Togo. PG: poder germinativo y PGC: poder germinativo corregido, considerando un PG de 100% para los tratamientos testigos (0 Gy y 0 mM).	69
Tabla 9. Compuestos fenólicos totales (FT), contenido de tocoferoles totales (TT), composición isomérica de tocoferoles (CIT), cantidad de vitamina E (VE) y actividad antioxidante (DPPH) en muestras de granos enteros de 13 genotipos de alpiste.	83
Tabla 10. Tolerancia del alpiste a diferentes dosis de Iloxán aplicadas en experimentos de campo en realizados en Azul en los años 2004 y 2005.	97
Tabla 11. Sensibilidad del trigollo a diferentes dosis de Iloxán aplicada en ensayos de campo en dos años de cultivo.	98

RESUMEN

El alpiste (*Phalaris canariensis* L.) es una gramínea anual de siembra invernal, originaria de la cuenca del Mediterráneo. Su ciclo de cultivo y prácticas de producción son semejantes a las de trigo y cebada. Es la única especie de su género que se cultiva para la producción de granos, los cuales se destinan principalmente a la alimentación de aves. Sin embargo, en los últimos años, los granos de las variedades glabras se han utilizado para la elaboración de alimentos para consumo humano.

La Argentina, históricamente, ha estado entre los tres principales países productores de alpiste, siendo el centro y sudeste de la provincia de Buenos Aires las regiones donde se concentra la mayor producción.

A nivel mundial, existen alrededor de una docena de cultivares comerciales. Sin embargo, en la Argentina es poco lo que se ha invertido en el mejoramiento genético de la especie, no habiéndose evaluado adecuadamente los recursos genéticos disponibles. Ante la falta de variedades, los productores siembran una población de identidad genética desconocida, denominada población local, la cual es mantenida por ellos mismos o por acopiadores. Si bien la población local exhibe cierta adaptación, presenta características a ser mejoradas como el rendimiento en grano, el peso individual de los granos, la resistencia al vuelco, la eliminación de tricomas de las coberturas de los granos, la tolerancia a herbicidas graminicidas, el contenido de sustancias bioactivas, etc.

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo analizar y generar variabilidad genética en alpiste para el desarrollo de nuevas variedades, y evaluar la eficiencia de herbicidas para el control de trigollo y avena negra.

En el Capítulo I titulado “Introducción y caracterización de entradas de alpiste” se presentaron los resultados de la evaluación de 57 entradas (47 poblaciones y 10 cultivares) realizada en Azul, en los años 2004, 2005 y 2006. Las variables analizadas fueron el rendimiento en grano (RG), peso de grano (PG), número de granos (NG), índice de cosecha (IC), altura de planta (H) y ciclo del cultivo expresado en grados día (GD E-MC). El análisis conjunto para el RG mostró diferencias significativas e interacción genotipo x ambiente. En promedio se obtuvieron 1.369 kg/ha, con un rango de valores que entre 1.130 y 1.557 kg/ha, para las poblaciones N° 46 (Suiza) y N° 13 (Turquía), respectivamente. Para el PG, el análisis conjunto mostró diferencias significativas e interacción genotipo x ambiente, con un promedio de 7,1 mg y un rango entre 5,9 y 8,5 mg para la población N° 43 (Suecia) y el cultivar holandés Cantate N° 60, respectivamente. Para el NG el análisis conjunto mostró diferencias significativas e interacción genotipo x ambiente, con un promedio de 19.432 granos/m² y un rango entre 15.788 y 22.003 granos/m², para la población N° 12 (Turquía) y N° 3 (Méjico), respectivamente. El análisis de Shukla reveló baja estabilidad a través de los ambientes para esta variable. El análisis de varianza para el IC sólo mostró diferencias significativas en uno de los ensayos. Se observó un promedio de 20,7%, con un rango de valores entre 18.3 y 22.4, para poblaciones N° 12 (Turquía) y N° 3 (Méjico), respectivamente. Para H se detectaron diferencias significativas entre entradas e interacción genotipo x ambiente. Se observó un promedio de 99 cm, con un rango de valores entre 88 y 106 cm para las poblaciones originarias de Turquía N° 12 y N° 7, respectivamente. Para GD E-MC se observaron diferencias significativas e interacción genotipo x ambiente. El promedio fue de 1723 GD, con un rango de entre 1648 y 1808 GD, para N° 2 (Turquía) y N° 43 (Marruecos), respectivamente.

Para la población local N° 73 se observaron valores cercanos a la media para todos los caracteres medidos. La variedad holandesa N° 60 y la población marroquí N° 42, mostraron altos valores y estabilidad para RG y PG. Además, exhibieron baja H.

En el capítulo II titulado “Selección de líneas puras para la obtención de nuevas variedades de alpiste” se evaluaron 7 líneas derivadas de la población marroquí N° 42, junto a tres variedades de referencia (Alden N° 48, CDC-Maria N° 52 y Cantate N° 60). Los resultados sólo mostraron variabilidad genética para RG, PG y H. En general, las líneas mostraron buena performance respecto a las variedades de referencia. La línea 4203 fue la única que superó en RG, PG y H a las tres variedades de referencia, exhibiendo valores promedio de RG=1978 kg/ha, PG=9,2 mg y H=108 cm. Dicha línea fue registrada en el año 2017 en el Instituto Nacional de Semillas como una nueva variedad de alpiste, denominada “Horacio FAA/Navas” (número de registro 15705).

En el Capítulo III, se mutagenizaron semillas de alpiste para generar variabilidad genética para precocidad, enanismo y tolerancia a herbicidas inhibidores de la acetolactato sintetasa (ALS). Con este fin, se realizaron siete tratamientos mutagénicos sobre semillas del cultivar glabro CDC-Togo: tres dosis de azida sódica (0,5, 1 y 2 mM) y cuatro dosis de radiación gamma (50, 150, 250, y 350 Gy). Como resultado se observaron plantas con diferentes patrones de clorosis, indicando la existencia de efectos mutagénico. Sin embargo, no se obtuvieron genotipos con las características buscadas. La falta de éxito en la obtención de variabilidad para los caracteres buscados pudo deberse a la aleatoriedad que presentan las mutaciones inducidas, a la sensibilidad del genotipo seleccionado o al tipo de mutágeno y dosis empleadas. Al respecto, a futuro se podrían ensayar otros agentes mutagénicos ya utilizados con éxito en plantas, como etil metano sulfonato (EMS), metil metano sulfonato (MMS) y dietil sulfato (DES) y radiación X. Por otro lado, se podrían realizar los tratamientos en otras variedades de alpiste glabras, como CDC María, CDC-Bastia, CDC-Cibo o CDC-Calvi.

En virtud del creciente interés en el uso de los granos de alpiste para consumo humano, en el Capítulo IV titulado “Variabilidad genética para la capacidad antioxidante de los granos de alpiste, asociada al contenido de compuestos fenólicos totales y tocoferoles” se analizó la variabilidad en la capacidad antioxidante de los granos de alpiste por el método DPPH (DPPH) y la estimación del contenido de vitamina E (VE) por la metodología propuesta por Nielsen y Hansen (2008), el contenido de compuestos fenólicos totales (FT) por el método Folin-Ciocalteu y el contenido de tocoferoles totales (TT) y su composición isomérica por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Los resultados evidenciaron diferencias significativas para todas las variables analizadas. El valor medio de eliminación de radicales DPPH fue 2,52 $\mu\text{mol TE/g}$, con un rango entre 4,54 y 1,83 $\mu\text{mol TE/g}$ para CDC-Togo y Elias, respectivamente. Para VE se obtuvo un promedio de 6,95 $\alpha\text{-TE/g}$, con un rango entre 5,94 y 8,38 $\alpha\text{-TE/g}$ para Abad y Cantate, respectivamente. La media obtenida para FT fue de 1,02 mg GAE/g, con un rango entre 0,89 y 1,12 mg GAE/g, para Kisvarday-41 y Abad, respectivamente. Para TT se obtuvo un valor de promedio de 28,95 $\mu\text{g/g}$, con un rango entre 23,97 y 36,99 $\mu\text{g/g}$, para Abad y Cantate, respectivamente. El análisis de la composición de tocoferoles reveló la presencia de los isómeros α , β y γ en todos los genotipos. El isómero γ fue el más abundante, seguido de β - y α - con promedios de 20,7, 6,8 y 1,5 $\mu\text{g/g}$, respectivamente; siendo la contribución de los diferentes isómeros al contenido total de tocoferoles similar para todos los genotipos evaluados. La variedad Cantate destacó por exhibir alto VE; además, mostró elevado TT debido, principalmente, a los altos contenidos de los isómeros γ - y α -. Por otro lado, la variedad CDC-Togo exhibió la mayor actividad antioxidante DPPH, relacionada con los altos contenidos de fenoles y tocoferoles. Es importante mencionar que CDC-Togo es una variedad glabra, por lo que es apta para consumo humano.

En el Capítulo V, se evaluó la eficiencia de los herbicidas Topik EC 24% (clordinafop-propargyl) e Iloxán EC 28.4% (diclofop-metil) para el control de trigollo y avena negra en el cultivo de alpiste. Como resultado se observó que Topik es inadecuado para tal fin, pues causa síntomas de fitotoxicidad severos en las plantas de alpiste en un amplio rango de dosis. Por otro lado, se observó selectividad en alpiste al herbicida Iloxan, en un rango de dosis entre 200 y 400 g a.i./ha. En dicho rango, se evidenció un adecuado control de trigollo sin efectos negativos sobre el rendimiento del alpiste. En contraste, Iloxan mostró una baja eficiencia para el control de avena negra en el rango de dosis mencionada.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de tesis representan un valioso aporte al estado actual del conocimiento del cultivo de alpiste. Si bien se observó variabilidad genética para caracteres agronómicos de importancia como el RG, PG, H. IC y duración del ciclo de cultivo; esta aún resulta escasa. En este sentido, se evidencia la necesidad de continuar con generación de variabilidad genética a través de mutagénesis u otras técnicas que involucran el uso de ingeniería genética, como transgénesis o edición génica. Esto es válido para la resolución del control de avena negra en alpiste a través de la obtención de genes de resistencia, aunque también se podría abordar a través del ensayo de nuevos herbicidas.

ABSTRACT

Annual canarygrass (*Phalaris canariensis* L.) is an annual winter-sown grass, native to the Mediterranean basin. Its cultivation cycle and production practices are similar to those of wheat and barley. It is the only species of its genus that is cultivated for the production of grains, which are mainly used for feeding birds. However, in recent years the grains of the glabrous varieties have been used to make food for human consumption.

Argentina, historically, has been among the three main canary seed producing countries, with the center and southeast of Buenos Aires province regions where the highest production is concentrated.

Worldwide, there are about a dozen commercial cultivars. However, in Argentina little has been invested in the genetic improvement of the species, and the available genetic resources have not been adequately evaluated. In the absence of varieties, producers sow a population of unknown genetic identity, called the "local population", which is maintained by themselves or by collectors. Although the local population exhibits some adaptation, it presents characteristics to be improved such as grain yield, individual grain weight, resistance to overturning, elimination of trichomes from grain coatings, tolerance to graminicide herbicides, content of bioactive substances, etc.

The present thesis work aims to analyze and generate genetic variability in annual canaryseed for the development of new varieties, and to evaluate the efficiency of herbicides for the control of darnel ryegrass and wild oats.

In Chapter I entitled "Introduction and characterization of annual canarygrass entries" the results of the evaluation of 57 entries (47 populations and 10 cultivars) carried out in Azul, in the years 2004, 2005 and 2006 are presented. The variables analyzed were grain yield (RG), grain weight (PG), number of grains (NG), harvest index (IC), plant height (H) and crop cycle expressed in degree days (GD E-MC). The joint analysis for RG showed significant differences and genotype x environment interaction. On average, 1,369 kg / ha were obtained, with a range of values between 1,130 and 1,557 kg / ha, for populations No. 46 (Switzerland) and No. 13 (Turkey), respectively. For PG, the joint analysis showed significant differences and genotype x

environment interaction, with an average of 7.1 mg and a range between 5.9 and 8.5 mg for the Swedish population No. 43 and the Dutch cultivar Cantate No. 60, respectively. For the NG, the joint analysis showed significant differences and genotype x environment interaction, with an average of 19,432 grains / m² and a range between 15,788 and 22,003 grains / m², for population No. 12 (Turkey) and No. 3 (Mexico), respectively. Shukla analysis revealed low stability across environments for this variable. Analysis of variance for IC only showed significant differences in one of the trials. An average of 20.7% was observed, with a range of values between 18.3 and 22.4, for populations No. 12 (Turkey) and No. 3 (Mexico), respectively. For H, significant differences were detected between entries and genotype x environment interaction. An average of 99 cm was observed, with a range of values between 88 and 106 cm for the native populations from Turkey No. 12 and No. 7, respectively. For GD E-MC, significant differences and genotype x environment interaction were observed. The average was 1723 GD, with a range between 1648 and 1808 GD, for No. 2 (Turkey) and No. 43 (Morocco), respectively.

For local population No. 73, values close to the mean were observed for all the characters measured. The Dutch variety No. 60 and the Moroccan population No. 42, showed high values and stability for RG and PG. In addition, they exhibited low H.

In chapter II entitled "Selection of pure lines to obtain new varieties of canary seed", 7 lines derived from the Moroccan population No. 42 were evaluated, together with three reference varieties (Alden No. 48, CDC-Maria No. 52 and Cantate No. 60). The results only showed genetic variability for RG, PG and H. In general, the lines showed good performance with respect to the reference varieties. Line 4203 was the only one that surpassed the three reference varieties in RG, PG and H, exhibiting average values of RG = 1978 kg / ha, PG = 9.2 mg and H

= 108 cm. This line was registered in 2017 at the National Seed Institute as a new variety of annual canarygrass, called “Horacio FAA / Navas” (registration number 15705).

In Chapter III, annual canarygrass seeds were mutagenized to generate genetic variability for earliness, dwarfism, and tolerance to acetolactate synthetase (ALS) inhibitor herbicides. With this aim, seven mutagenic treatments were carried out on seeds of the CDC-Togo glabrous cultivar: three doses of sodium azide (0.5, 1 and 2 mM) and four doses of gamma radiation (50, 150, 250, and 350 Gy). As a result, plants with different chlorosis patterns were observed, indicating the existence of mutagenic effects. However, genotypes with the characteristics sought were not obtained. The lack of success in obtaining variability for the characters sought could be due to the randomness of the induced mutations, the sensitivity of the selected genotype or the type of mutagen and dose used. In that regard, in the future, other mutagenic agents already used successfully in plants could be tested, such as ethyl methane sulfonate (EMS), methyl methane sulfonate (MMS) and diethyl sulfate (DES) and X radiation. On the other hand, the treatments could be carried out in other varieties of glabrous canary seed, such as CDC María, CDC-Bastia, CDC-Cibo or CDC-Calvi.

Due to the growing interest in the use of canary seed grains for human consumption, in Chapter IV entitled "Genetic variability for the antioxidant capacity of annual canarygrass grains, associated with the content of total phenolic compounds and tocopherols", the variability in the antioxidant capacity of canary seed grains by the DPPH method (DPPH) and the estimation of vitamin E content (VE) by the methodology proposed by Nielsen and Hansen (2008), the content of total phenolic compounds (FT) by the Folin-Ciocalteu method and the content of total tocopherols (TT) and its isomeric composition by high performance liquid chromatography (HPLC) were analyzed. The results showed significant differences for all the variables analyzed. The mean value of DPPH radical scavenging was 2.52 $\mu\text{mol TE / g}$, with a range between 4.54

and 1.83 $\mu\text{mol TE} / \text{g}$ for CDC-Togo and Elias, respectively. For VE an average of 6.95 $\alpha\text{-TE} / \text{g}$ was obtained, with a range between 5.94 and 8.38 $\alpha\text{-TE} / \text{g}$ for Abad and Cantate, respectively. The mean obtained for FT was 1.02 mg GAE / g, with a range between 0.89 and 1.12 mg GAE / g, for Kisvarday-41 and Abad, respectively. For TT, an average value of 28.95 $\mu\text{g} / \text{g}$ was obtained, with a range between 23.97 and 36.99 $\mu\text{g} / \text{g}$, for Abad and Cantate, respectively. Tocopherol composition analysis revealed the presence of α , β and γ isomers in all genotypes. The γ isomer was the most abundant, followed by β - and α - with averages of 20.7, 6.8 and 1.5 $\mu\text{g} / \text{g}$, respectively; being the contribution of the different isomers to the total content of tocopherols similar for all the evaluated genotypes. The Cantate variety stood out for exhibiting high VE; in addition, it showed high TT, mainly due to the high contents of the γ - and α - isomers. On the other hand, the CDC-Togo variety exhibited the highest DPPH antioxidant activity, related to the high content of phenols and tocopherols. It is important to mention that CDC-Togo is a glabrous variety, so it is suitable for human consumption.

In Chapter V, the efficiency of the herbicides Topik EC 24% (chlordinafop-propargyl) and Iloxan EC 28.4% (diclofop-methyl) for the control of darnel ryegrass and wild oats in the cultivation of annual canarygrass was evaluated. As a result, it was observed that Topik is unsuitable for this purpose, as it causes severe phytotoxicity symptoms in canary seed plants in a wide range of doses. On the other hand, selectivity was observed in annual canarygrass to the herbicide Iloxan, in a dose range between 200 and 400 g a.i./ha. In this range, adequate darnel ryegrass control was evidenced without negative effects on canary seed yield. In contrast, Iloxan showed low efficiency for wild oat control in the mentioned dose range.

The results obtained in this thesis work represent a valuable contribution to the current state of knowledge of the cultivation of canary seed. Although genetic variability was observed for important agronomic traits such as RG, PG, H. IC and duration of the crop cycle; this is still

scarce. In this sense, the need to continue with the generation of genetic variability through mutagenesis or other techniques that involve the use of genetic engineering, such as transgenesis or gene editing, is evident. This is valid for the resolution of the control of wild oats in annual canarygrass through obtaining resistance genes, although it could also be addressed through the testing of new herbicides.