

El Cultivo de Alpiste (*Phalaris canariensis* L.)



Maximiliano Cogliatti
(EDITOR)



M
H.J. Navas y Cia.S.A.



UNICEN

Universidad Nacional del Centro
de la Provincia de Buenos Aires



126

BIOLAB-AZUL

(UNCPBA - CICBA - CONICET)



H.J. Navas y Cia. S.A.

Empresa Comercializadora de Cereales
Ruta 3 KM 300,5 (7300) Azul, Pcia. de Bs. As.

Cogliatti, Maximiliano

El cultivo de alpiste / Maximiliano Cogliatti ; José Bodega ; Carlos Dalfonso. - 1a ed. - Tandil : Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 2014. 158 p. ; 15x21 cm.

ISBN 978-950-658-345-3

1. Cultivos- 2. Alpiste. Título
CDD 631.521

Impreso en: Combessies Servicios Gráficos.
Bolívar 879 - Azul - Tel.: 02281 432187

Tirada: 100 ejemplares.
Hecho el depósito que marca la Ley 11.723
ISBN 978-950-658-345-3

PREFACIO

El alpiste es una gramínea anual, que se cultiva extensivamente en las regiones templadas del mundo para la obtención de sus granos. Es una especie de estación fría, cuyas prácticas de producción, requerimientos y ciclo de cultivo, se asemejan a los de otros cereales invernales como el trigo y la cebada.

Históricamente los granos de alpiste han sido utilizados, casi con exclusividad, en la alimentación de aves ornamentales. Sin embargo, estudios recientes han propuestos otros usos alternativos como la alimentación de animales de cría y la elaboración de alimentos “libres de gluten” para humanos.

Nuestro país cuenta con una larga historia en la producción y comercialización de alpiste, habiendo sido hasta la década de los ochenta su principal productor. En la actualidad se encuentra entre los tres más importantes, siendo Canadá líder indiscutido.

En la Argentina, el cultivo de alpiste se realiza, principalmente, en la regiones centro y sur este de la provincia de Buenos Aires, áreas de influencia de las Facultades de Agronomía del Centro de la Provincia de Buenos Aires y Ciencias Agrarias de la Universidad de Mar del Plata. Ambas instituciones cuentan con grupos de investigación que llevan más de una década generando conocimientos sobre el cultivo de alpiste, sus prácticas de producción, fisiología y mejoramiento genético.

Quien, por necesidad o curiosidad, se haya interesado en el estudio de esta especie, habrá evidenciado la escasez de información disponible. Asimismo, habrá observado que gran parte de la información confiable circula a través de publicaciones científicas que en ocasiones son de difícil acceso.

El propósito de este libro es poner a disposición de sus lectores los conocimientos actualizados sobre el alpiste, en el ámbito nacional e internacional, cubriendo aspectos que van desde la taxonomía hasta su comercialización. La obra está destinada a estudiantes, profesionales e

investigadores de la agronomía y disciplinas afines. Sin embargo, algunos capítulos, como los que tratan sobre los requerimientos y el manejo del cultivo, han sido escritos con terminología accesible, debido a que contienen información de utilidad para los productores.

Cabe destacar que en la redacción de la obra han participado docentes e investigadores de diferentes ramas de la agronomía, estudiado el cultivo desde sus diversas perspectivas disciplinares.

Maximiliano Cogliatti

cmax@faa.unicen.edu.ar

(Editor)

NÓMINA DE AUTORES

Ing. Agr. (M. Sc.) Bilello, Graciela I.: docente e investigadora del área de Economía Agraria, de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA).

Ing. Agr. (M. Sc.) Bodega, José L.: docente e investigador del área de Producción de Cultivos Extensivos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP).

Ing. Agr. (M. Sc.) Cogliatti, Maximiliano: docente e investigador del área de Genética y Mejoramiento Genético Vegetal de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA). CIISAS. BIOLAB AZUL.

Ing. Agr. Dalfonso, Carlos O.: docente e investigador del área de Botánica Agrícola de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA).

Ing. Agr. de Dios, Manuel A.: docente e investigador del área de Producción de Cultivos Extensivos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP).

Lic. (M. Sc.) Menici, Daniela: docente del área de Economía Agraria de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA).

Ing. Agr. Pereyra Iraola, Miguel: docente e investigador del área de Producción de Cultivos Extensivos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP).

Dr. Rogers, W. John: docente e investigador del área de Genética General, Mejoramiento Genético Vegetal, y Genética y Evolución, de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA). CIISAS. BIOLAB AZUL (CIC-PBA, CONICET-INBIOTEC).

Ing. Agr. Scaramuzzino, Rosa L.: docente e investigadora del área de Botánica Agrícola y Malezas de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA).

AGRADECIMIENTOS

A las autoridades de Empresa H.J. Navas S.A., por el apoyo financiero brindado para la realización de Proyectos de Investigación y Desarrollo orientados al Mejoramiento Genético y Tecnológico del Cultivo de Alpiste.

Al Farmacéutico Horacio R. Dalla Valle, Sra. María Teresa Dinon, Dra. Laura Lázaro y Ing. Agr. (M. Sc.) Florencia Gutheim, cuyas sugerencias han contribuido a mejorar significativamente la presente obra.

Al Dr. Esteban Daniel Saini y la Ing. Agr. (M. Sc.) Gabriela Martinoia, por permitir la reproducción de las imágenes de las plagas que afectan al cultivo de alpiste del Capítulo IV.

Al Ministerio de Agricultura de Saskatchewan, Canadá, por permitir incluir en el libro las imágenes sobre Manchas en las hojas por Septoria y Floret blasting del capítulo IV y los datos sobre la Composición química del grano de alpiste de la Tabla 1 del Capítulo II.

CONTENIDO

PREFACIO	I
NÓMINA DE AUTORES	III
AGRADECIMIENTOS	IV
ÍNDICE	V
CAPÍTULO I: EL GENERO PHALARIS, DESCRIPCIÓN, ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN DEL ALPISTE. (Carlos Dalfonso y Rosa Scaramuzzino)	1
I.1- El género <i>Phalaris</i>	1
I.1.1- El género <i>Phalaris</i> en el mundo	1
I.1.2- El género <i>Phalaris</i> en el Cono Sur	3
I.1.3- El género <i>Phalaris</i> en la Argentina	4
I.2- El alpiste	6
I.2.1- Descripción	6
I.2.2- Origen	7
I.2.3- ¿ <i>Phalaris brachystachys</i> fue el progenitor de <i>P. canariensis</i> ?	7
I.2.4- Antecedentes del alpiste en la Argentina	9
I.2.5- Comparación del alpiste con otras especies del género <i>Phalaris</i>	9
I.3- Referencias	13
CAPÍTULO II: EL GRANO DE ALPISTE. (Maximiliano Cogliatti)	16
II.1- Estructura y composición	17
II.2- Usos actuales y potenciales	19
II.2.1- Alimentación de aves ornamentales	19

II.2.2- Alimentación de animales de cría	19
II.2.3- Alimentación humana	20
II.2.4- Aplicaciones medicinales	21
II.2.5- Otros usos	22
II.3- Referencias	23

CAPÍTULO III: REQUERIMIENTOS Y CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DEL CULTIVO DE ALPISTE. (*Maximiliano Cogliatti*) 25

III.1- Requerimientos del cultivo de alpiste	26
III.1.1- Requerimientos térmicos	26
III.1.2- Requerimientos fotoperiódicos	27
III.1.3- Requerimientos de vernalización	27
III.1.4- Requerimientos edáficos	28
III.1.5- Requerimientos nutricionales	28
III.1.6- Requerimientos hídricos	29
III.2- Caracterización agronómica del cultivo	29
III.2.1- Resultados experimentales	29
III.2.2- Correlaciones de interés	32
III.3- Referencias	36

CAPÍTULO IV: MANEJO DEL CULTIVO DE ALPISTE. (*Maximiliano Cogliatti*) 38

IV.1- Siembra	39
IV.1.1- Método de siembra	39
IV.1.2- Fecha de siembra	39
IV.1.3- Densidad de siembra y espaciamiento entre hileras	40
IV.2- Fertilización	41

IV.3- Malezas	42
IV.4- Enfermedades	45
IV.5- Insectos	47
IV.6- Cosecha	50
IV.6.1-Cosecha diferida	50
IV.6.2- Cosecha directa	51
IV.7- Almacenamiento	52
IV.8- Referencias	52

CAPÍTULO V: DINÁMICA DEL DESARROLLO Y GENERACIÓN DEL RENDIMIENTO EN ALPISTE. 55

(José Luis Bodega, Manuel de Dios y Miguel Peryra Iraola)

V.1- Desarrollo fenológico del cultivo	56
V.1.1- Ciclo ontogénico	56
V.1.1.1- Siembra-emergencia	58
V.1.1.2- Emergencia - inicio del macollaje (premacollaje)	61
V.1.1.3- Inicio de macollaje - comienzo de elongación del tallo (macollaje)	61
V.1.1.4- Elongación del tallo - panojamiento	65
V.1.1.5- Llenado de los granos	68
V.1.2- Relaciones entre la morfología externa de la planta y el ápice de crecimiento	71
V.2- Determinación del rendimiento	71
V.2.1- Comparación entre el alpiste y el trigo	74
V.2.1.1- Intercepción de radiación	75
V.2.1.2- Producción de biomasa	76
V.2.1.3- Eficiencia de conversión	77
V.3- Rendimiento de granos y componentes	77

V.4- Aspectos a tener en cuenta para mejorar el rendimiento potencial de los cultivares de alpiste	83
V.5- Referencias	87
CAPÍTULO VI: RECURSOS GENÉTICOS. (<i>Maximiliano Cogliatti</i>)	91
VI.1- Población local	91
VI.2- Cultivares comerciales de alpiste	92
VI.3- Aspectos a mejorar	95
VI.4- Referencias	97
CAPÍTULO VII: HERRAMIENTAS PARA EL ESTUDIO DE VARIACIÓN GENÉTICA EN ALPISTE. (<i>Williams John Rogers</i>)	99
VII.1- Isoenzimas	99
VII.2- Proteínas de reserva del grano	101
VII.3- Marcadores moleculares	104
VII.4- Metabolómica	106
VII.5- Referencias	108
CAPÍTULO VIII: ASPECTOS DE LA COMERCIALIZACIÓN Y RESULTADOS ECONÓMICOS. SINGULARIDADES DEL ALPISTE RESPECTO DE LOS MERCADOS DE GRANOS TRADICIONALES. (<i>María Daniela Menici y Graciela Bilello</i>)	110
VIII.1- Introducción	111
VIII.2- Caracterización de la producción y el comercio mundial de alpiste	111
VIII.2.1- Evolución de la superficie y producción	111

mundial	
VIII.2.2- Principales países productores de alpiste	113
VIII.2.3- Principales países exportadores	114
VIII.2.4- Principales países importadores	115
VIII.3- Argentina	116
VIII.3.1- Superficie y producción	116
VIII.3.2- Zonas productoras de alpiste	118
VIII.4- Provincia de Buenos Aires	120
VIII.4.1- Principales partidos productores	121
VIII.5- Partido de Azul	124
VIII.6- Resultados del cultivo de alpiste para el partido de Azul	129
VIII.7- Consideraciones finales	132
VIII.8- Referencias	133
ANEXO: NORMAS DE COMERCIALIZACIÓN DE ALPISTE	134

CAPÍTULO I

EL GENERO PHALARIS, DESCRIPCIÓN, ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN DEL ALPISTE

Carlos O. Dalfonso y Rosa L. Scaramuzzino

I.1- El género *Phalaris*

I.1.1- El género *Phalaris* en el mundo

I.1.2- El género *Phalaris* en el Cono Sur

I.1.3- El género *Phalaris* en la Argentina

I.2- El alpiste

I.2.1- Descripción

I.2.2- Origen

I.2.3- ¿*Phalaris brachystachys* fue el progenitor de *P. canariensis*?

I.2.4- Antecedentes del alpiste en la Argentina

I.2.5- Comparación del alpiste con otras especies del género *Phalaris*

I.3- Referencias

I.1- El género *Phalaris*

El término *Phalaris* deriva etimológicamente de *Phaleros*, que significa espléndido o brillante. En las clasificaciones clásicas, se sitúa dentro de la familia *Poaceae*, subfamilia *Festucoideae* (Parodi 1961; Stebbins and Crampton 1961) o subfamilia *Pooideae* en estudios más avanzados (Nicora y Rúgolo 1984; Clayton and Renvoize 1986). Históricamente al género *Phalaris* se lo ubicaba en la tribu *Phalarideae*, pero actualmente y de acuerdo con los nuevos estudios sistemáticos y aportes de la biotecnología se lo ubica en la tribu *Aveneae*.

Cuenta con alrededor de 20 especies megatérmicas, originarias en su mayoría del hemisferio norte y consideradas buenas forrajeras invernales.

I.1.1- El género *Phalaris* en el mundo

Las especies de este género han sido encontradas a miles de metros sobre el nivel del mar, así como en áreas pantanosas, húmedas, bajo el nivel del mar. Han sido coleccionadas en todos los territorios excepto en la Antártida y Groenlandia. Algunas son consideradas malezas, otras son especies forrajeras y particularmente *Phalaris canariensis* un cereal.

El centro de diversidad de *Phalaris* es la región del Mediterráneo. Algunas especies son nativas del hemisferio Norte, otras del Sur. Su distribución mundial ha merecido diversas teorías como por ejemplo el traslado de un continente a otro por pájaros. También se sabe que el hombre contribuyó en la dispersión de algunas especies.

Las primeras referencias al nombre *Phalaris* se remontan a Dioscórides, pero probablemente no se refería a una especie de este género. En épocas anteriores a Linneo cada planta en los círculos especializados era conocida por una extensa frase en latín que resultaba sumamente descriptiva, pero que necesariamente crecía a medida que se encontraban especies semejantes. Esto fue conocido como ~~hombres~~

frases". Así, por ejemplo, la "carlina sin tallo" (*Carlina acaulis* L.) se mencionaba como: *Carlina acule unifloro florum breviorum* y la "hierba gatera" (*Nepeta cataria*) se conocía como *Nepeta floribus interrupte spiculatus pedunculatis*, que significa "Nepeta con flores en una espiga pedunculada interrumpida".

Bauhin en 1623 registró dos nombres frase en *Phalaris*. Linneo en La Flora de Suecia y en Materia Médica incluye especies de este género con nombres frase en *Phalaris* y posteriormente en *Species plantarum* de 1753 en forma binomial. En esta obra registra cinco especies, algunas de las cuales fueron transferidas a otros géneros. Con posterioridad describió otras especies de este género en otras ediciones de *Species plantarum* y en otros trabajos. Lamarck en 1783 revisó el género e incluyó en él especies de otros géneros. Trinius en 1828 fue el primero que consideró los antecios estériles como característica taxonómica importante. Durante el siglo XIX hubo otros tratamientos taxonómicos del género por Kunth, Trinius y Steudel (Anderson 1961).

Más de un siglo después, en 1961, Dennis Anderson revisó el género a nivel mundial y reconoció 15 especies. Posteriormente Baldini (1995) en una nueva revisión a nivel mundial eleva el número de especies a 22. Este autor considera especie a un híbrido y eleva a especies a algunas variedades.

I.1.2- El género *Phalaris* en el Cono Sur

En América del Sur se encuentran 4 especies nativas y varias introducidas. Las especies nativas son: *P. angusta* Nees ex Trin., ("alpistillo"), planta anual propia de Argentina, Chile, Uruguay, Bolivia y sur de Brasil, adventicia en Europa, EE.UU. y Australia; *P. platensis* Henrard ex Heukels, presente en lugares húmedos de Buenos Aires, Uruguay y sur de Brasil e introducida en Europa; *P. amethystina* Trin. originaria de Chile central y *P. peruviana* H. Scholz et. Gutte propia de Perú.

El *Catálogo de Plantas Vasculares del Cono Sur* (Instituto de Botánica Darwinion, 2012) cita 10 especies (6 exóticas y 4 nativas). Ocho

especies se encuentran en la Argentina (tabla 1) y en otros países limítrofes. *P. caroliniana* es una especie introducida en Chile y *P. amethystina* Trin. es endémica de ese país. El botánico argentino Lorenzo Parodi estudió este género para Chile (Parodi, 1939). *P. canariensis* ha sido introducida en Bolivia, Brasil, Uruguay, Chile y Argentina (Instituto de Botánica Darwinion, 2012).

1.1.3- El género *Phalaris* en la Argentina

En la Argentina el género *Phalaris* aún no ha sido revisado, aunque ha sido tratado en la Flora Argentina (Antón y Zuloaga, 2012), las floras regionales (Burkart, 1969; Covas, 1970; Nícora, 1978), sinopsis y manuales de gramíneas (Nícora y Rúgolo, 1987; Steibel *et al.*, 1997; Rúgolo *et al.*, 2005) y han sido estudiadas en particular las espiguillas y cariopses de las especies cultivadas y adventicias (Valencia, 1937). En las revisiones mundiales del género se han examinado algunos ejemplares de herbario coleccionados en la Argentina y depositados en su mayoría en Europa y EEUU.

Actualmente, el *Catálogo de Plantas Vasculares del Cono Sur* (Instituto de Botánica Darwinion, 2012) cita 8 especies (5 exóticas y 3 nativas) para la Argentina (Tabla 1). Valencia (1937) menciona otra especie, *P. brachystachys*, por haber encontrado sus espiguillas en semillas de lino introducidas para experiencias fitotécnicas. Pero nunca se la halló creciendo en el país.

Tabla 1: El género *Phalaris* en la República Argentina (Instituto de Botánica Darwinion, 2012).

ESPECIE	ORIGEN	PROVINCIA
<i>P. angusta</i> Nees ex Trin	nativa	Buenos Aires, Catamarca, Chaco, Chubut, Córdoba, Corrientes, Entre Ríos, Jujuy, La Pampa, La Rioja, Misiones
<i>P. aquatica</i> L.	introducida	Buenos Aires, Corrientes, Entre Ríos, Santa Fe, La Pampa
<i>P. arundinacea</i> L.	introducida	Buenos Aires
<i>P. canariensis</i> L.	introducida	Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos, La Pampa, Santa Fe, Santa Cruz, Tierra del Fuego, Tucumán.
<i>P. coerulescens</i> Desf.	nativa	Buenos Aires, Entre Ríos
<i>P. minor</i> Retz.	introducida	Buenos Aires, Entre Ríos, Santa Fe
<i>P. paradoxa</i> L.	introducida	Buenos Aires, Corrientes, Entre Ríos, Santa Fe
<i>P. platensis</i> Henrard ex Heukels	nativa	Buenos Aires, Entre Ríos, La Pampa, Santa Fe

De las especies cultivadas se puede destacar a *P. aquatica* L. (“falaris bulbosa”, “mata dulce”), una forrajera perenne, de gran valor nutritivo y larga duración; *P. minor* Retz. (“pasto romano”, “alfarín”), una buena forrajera anual escasamente cultivada y que, a menudo, crece en forma espontánea invadiendo distintos cultivos; *P. arundinacea* L. var. *picta* L. (“lazo de amor”) es una especie cultivada como ornamental que posee hojas variegadas (Valencia, 1937); *P. canariensis* L. (“alpiste”) es una especie cultivada extensivamente en nuestro país para la producción de granos y, en menor escala, es cultivado un híbrido artificial autofértil: *P. x tuberinacea* Covas et Cialz., obtenido por el cruzamiento de *P. aquatica* x *P. arundinacea*.

I.2- El alpiste

El nombre científico *Phalaris canariensis* fue asignado por LINNAEUS, en *Species Plantarum* 1: 54, publicada en 1753.

I.2.1- Descripción

Es una especie anual, con cañas hasta de 1 m de altura y hojas glabras, con láminas hasta de 40 cm de longitud y 1 cm de anchura; lígula obtusa de 6-8 mm de longitud. Posee panoja ovoide de 2-5 cm de longitud y 1,2-2 cm de diámetro, muy compacta, con las espiguillas dispuestas en forma imbricada. Glumas de 6-10 mm de longitud con bandas longitudinales de color verde oscuro, notablemente aladas en los dos tercios superiores. Antecio fértil de 5-7,5 mm de longitud y 2,3-2,6 mm de anchura, de color pajizo, cortamente pubescente. Antecios estériles con lámina lanceolada y callo basal inconspicuo, que llegan hasta la mitad de la lemma fértil, pubescentes especialmente hacia el ápice (Figura 1).



Figura 1: Ilustración de la planta de alpiste (USDA-NRCS, 2013).

I.2.2- Origen

Bahuin en 1623 menciona para esta especie su ocurrencia en las Islas Canarias. Linneo lo incluyó en su obra *Materia Médica* en 1749 como alimento para los pájaros. Lo denominó con un nombre frase en *Phalaris* y señaló su distribución en las Islas Canarias, España y Etruria. En *Species Plantarum* de 1753 lo describió y denominó *Phalaris canariensis*. Señaló como área de distribución las islas Canarias y el sur de Europa. Otras floras estuvieron de acuerdo con esta distribución. Un autor anterior, Raius, en 1694, la indicaba para Sicilia, Italia y sur de Francia, pero no se sabe si se refería a esta especie o a otras similares del mismo género.

De Candolle y Vavilov (1951) no lo incluyen en sus obras sobre el origen de las plantas cultivadas. De Wet (1979 y 1992) consideraba que fue domesticado a partir de una forma silvestre de la misma especie en el sudoeste de Europa. En cambio, para otros autores, *P. brachystachys* es el progenitor de *P. canariensis* (Oram, 2004).

I.2.3-¿*Phalaris brachystachys* fue el progenitor de *P. canariensis*?

Phalaris brachystachys presenta semejanzas morfológicas y citológicas con *P. canariensis*. Ambos son anuales, poseen inflorescencias ovoides a elipsoides y el mismo número básico de cromosomas ($2n = 12$). *P. truncata* es otra especie con igual número de cromosomas, que presenta algunas características comunes con *P. brachystachys*, pero es perenne. Las diferencias entre *P. brachystachys* y *P. canariensis* están dadas en que *P. brachystachys* presenta los antecios estériles más pequeños, algo carnosos, nunca mayores de 1,2 mm de largo; se parecen a nectarios; glumas 6,3- 8,5 mm long., agudas; cariopse 3,5-3,9 mm long. x 1,5-1,7 mm lat. Por otra parte, *P. canariensis* presenta antecios estériles delgados, foliáceos, mayores que la mitad del antecio fértil; antecio fértil más grande y retiene los cariopses en las panojas a la madurez (rasgo recesivo). Oram (2004) considera a *P. brachystachys* progenitor de *P. canariensis*, basado en el

carácter "retención de los cariopses" en los híbridos obtenidos entre estas dos especies. Anderson (1961) describió morfológicamente el género *Phalaris* a partir de especímenes de herbario. *P. canariensis* resultó ser la especie más similar, morfológica y citológicamente, a *P. brachystachys*. Pero no lo considera antecesor de *P. canariensis* por sus características morfológicas porque no halló individuos intermedios. Tampoco es una variedad de *P. canariensis* por diferir radicalmente en la naturaleza de los antecios estériles. Baldini (1995) afirma que *P. brachystachys* podría representar el miembro más joven del grupo de 12 cromosomas, aunque presenta un árbol hipotético de las relaciones entre las especies del género donde no lo considera progenitor de *P. canariensis*.

Matus-Cadiz y Hucl (2002) compararon estas especies a partir de plantas obtenidas de colecciones en bancos de germoplasma y cultivadas en cámara e invernáculo. Ambas fueron similares en altura del tallo, largo-ancho de la penúltima hoja y longitud de la panoja. *P. canariensis* presentó panojas más anchas, glumas, antecios fértiles y cariopses más grandes, antecios estériles delgados y casi tan largos como los fértiles, mientras que *P. brachystachys* posee los antecios estériles cortos, carnosos y menores que un cuarto del tamaño de los fértiles. La variación de la gluma y la longitud del antecio fértil fue mayor en *P. brachystachys*, pero la variabilidad para la longitud del antecio estéril fue menor. Estas dos especies fueron igualmente variables para los restantes 9 rasgos cuantitativos medidos (Tabla 2).

Gonzalez Diaz *et al.* (2009) menciona que *Phalarisbrachystachys* es maleza de los cereales de invierno en regiones de clima mediterráneo como España. Como se mencionó, en la Argentina ha sido hallada como impureza en semillas de lino introducidas para experiencias fitotécnicas (Valencia, 1937) pero nunca ha sido encontrada creciendo en el país ni en países vecinos (Instituto de Botánica Darwinion, 2012).

I.2.4- Antecedentes del alpiste en la Argentina

Berg (1877) menciona por primera vez al alpiste como una de las especies adventicias de la provincia de Buenos Aires, aunque los primeros indicios de su cultivo con propósitos comerciales data del año 1909 (Bolsa de Cereales de Buenos Aires, 2011), sembrándose, principalmente, en las provincias de Buenos Aires, Córdoba, La Pampa, Santa Fe y Entre Ríos (Valencia, 1937).

Con frecuencia, esta especie ha sido hallada como maleza de cultivos como el lino o el trigo, o se ha encontrado en rastros, a los costados de caminos y en vías férreas desde la Patagonia hasta Córdoba.

I.2.5- Comparación del alpiste con otras especies del género *Phalaris*

Matus-Cadiz y Hucl (2002) caracterizaron y compararon *P. canariensis* con otras especies anuales del género *Phalaris* (*P. minor*, *P. angusta* y *P. paradoxa*), cultivadas en cámara e invernáculo, obtenidas a partir de materiales provenientes del Banco de Germoplasma del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA). El objetivo del estudio fue evaluar el nivel de variación morfológica para su utilización en la mejora genética del cultivo de alpiste.

Phalaris canariensis presentó los antecios estériles más largos, seguido de *P. minor*, *P. angusta* y *P. paradoxa*. Anderson (1961) también encontró que se podía separar a *P. canariensis* de las otras especies por la longitud de sus antecios.

P. minor y *P. angusta* poseen panojas largas, glumas cortas, antecios fértiles y estériles cortos, y cariopses pequeños. *P. paradoxa* tiene panojas largas, antecios fértiles cortos, antecios estériles obsoletos, y cariopses pequeños. Para altura del tallo, *P. minor* y *P. paradoxa* presenta mayor variación intraespecífica que *P. canariensis* y *P. angusta*. Las cuatro especies fueron igualmente variables para la

longitud de la penúltima hoja, largo-ancho del antecio fértil y del cariopse. *P. paradoxa* posee la mayor variabilidad para largo-ancho panoja y gluma comparados con *P. canariensis* y *P. minor* (Tabla 4).

Las tres especies con las que se comparó *P. canariensis* habitan en la Argentina y en particular en la Provincia de Buenos Aires. *P. minor* se la ha cultivado en la Argentina como forrajera. *P. angusta* es nativa, integrante de pastizales naturales y es usada como forrajera, mientras que *P. minor* y *P. paradoxa* son consideradas malezas de cultivos de cereales en climas mediterráneos.



Tabla 2: Comparación entre *Phalaris canariensis* y *P. brachystachys* (Matus-Cadiz & Hucl, 2002)

Rasgos cuantitativos	Atura del tallo (cm)	Largo y ancho de hojas (cm)	Largo de panojas (cm)	Ancho de panojas (cm)	Largo de glumas (mm)	Largo de antecios fértiles (mm)	Largo de antecios estériles (mm)	Largo y ancho de cariopses (mm)
<i>P. canariensis</i>	Similares (71,2)	Similares (14,2 x 0,8)	Similares (3,1)	Más anchas	Más largas (7,8)	Más largos (5,4)	casi tan largos como fértiles y delgados (3,4)	Más grandes (4,2 x 1,8)
<i>P. brachystachys</i>	Similares (70,3)	Similares (13,8 x 0,8)	Similares (3,0)		(7,2)	Más cortos (5,0)	Cortos, carnosos, (un cuarto del fértil) (0,9)	Más pequeños (3,6 x 1,5)

Tabla 3: Comparación entre especies del género *Phalaris*.

	Importancia en EE.UU.	Diferencias (antecios estériles)	Número
<i>P. canariensis</i>	cereal	antecios estériles como glumelas	$2n = 2x = 12$
<i>P. angusta</i>	forrajera	antecios estériles subulados	$2n = 2x = 14$
<i>P. minor</i>	maleza	antecios estériles subulados	$2n = 4x = 28$
<i>P. brachystachys</i>	maleza	antecios estériles reducidos y abultados	$2n = 2x = 12$
<i>P. paradoxa</i>	maleza	antecios estériles obsoletos	$2n = 2x = 14$

Tabla 4: Comparación de *Phalaris canariensis* con otras especies anuales de su género (Matus-Cadiz & Hucl 2002)

Rasgos cuantitativos	Atura del tallo (cm)	Largo y ancho de hojas (cm)	Largo de panojas (cm)	Largo de glumas (mm)	Largo de antecios fértiles (mm)	Largo de antecios estériles (mm)	Largo y ancho de cariopses (mm)
<i>P. canariensis</i>	Medianamente alta (78)	menos largas (15) y más anchas (0,9)	Más cortas (3,2) y más anchas (1,3)	Más largas (7,8)	Más largos (5,2)	Más largos (3,3)	Más grandes (4,2 x 1,7)
<i>P. angusta</i>	Más alta (96)	Largas (16)	Largas (8,2)	Más cortas (3,7)	Más Cortos (2,6)	Cortos (1,3)	Más Pequeños (1,6 x 0,8)
<i>P. minor</i>	Más alta (87)	menos largas (15)	Largas (4,8)	Cortas (5,1)	Cortos (3,2)	Cortos (1,3)	Pequeños (2,4 x 1,3)
<i>P. paradoxa</i>	Menos alta (66)	más largas (17)	Largas (5,9)	Largas (6,3)	Cortos (2,9)	Obsoletos (0,3)	Pequeños (2,4 x 1,0)

I.3- Referencias

- Anderson, D. E. (1961). Taxonomy and distribution of the genus *Phalaris*. Iowa State Journal of Science 36:1-96.
- Antón, A. y Zuloaga, F. (2012). Flora argentina. Plantas vasculares de la República Argentina. En línea <<http://www.floraargentina.edu.ar>> (fecha de acceso 21/12/2012)
- Baldini, R. (1995). Revision of the genus *Phalaris* L. (Gramineae). Webbia 49: 265–329.
- Bauhin, C. (1623). Theatri Botanici. Basileae (Switzerland), Ludovici Regis
- Berg, C. (1877). Enumeración de las plantas europeas que se hallan como silvestres en la provincia de Buenos Aires y en Patagonia. Anales de la Sociedad Científica Argentina. 3: 183-206.
- Bolsa de Cereales de Buenos Aires (2011). Número estadístico 2009-2010: 106-111.
- Burkart, A. (1969). Gramíneas. En: A. Burkart. Fl. II. Entre Ríos, Colección Científica del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria 6 (2): 1-551.
- Clayton, W. D. and Renvoize, S. A. (1986). *Genera Graminum*. Kew bulletin additional series. 13: 389 p.
- Covas, G. (1970). *Phalaris*. En Cabrera A. L. (ed). Flora de la Provincia de Buenos Aires, Colección Científica del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria 4 (2): 191-198.
- De Candolle, A. (1883). Origine des plantes cultivées. Paris, Francia. G. Bailliere 377 p.
- González-Díaz, L; Bastida, F. and Gonzalez-Andujar, J. L. (2009). Modelling of the population dynamics of *Phalaris brachystachys* Link under various herbicide control scenarios in a Mediterranean climate. Spanish Journal of Agricultural Research 7 (1): 155-159
- Instituto de Botánica Darwinion (2012). Catálogo de plantas vasculares del Cono Sur. En línea <www.darwin.edu.ar> (fecha de acceso 21/12/2012)
- Lamarck, J. B. (1783). Flore française, ou, Description succincte de toutes les plantes qui croissent naturellement en France:disposée selon une nouvelle méthode d'analyse, & à laquelle on a joint la citation de leurs vertus les moins

- équivoques en médecine, & de leur utilité dans les arts. Paris: l'Imprimerie Royale, 654 p
- Linneo, C. (1745). *Flora Suecica*. Stockholmiae. Laurentii Salvii.
- Linneo, C. (1749). *Materia Medica*. Holmiae (Sweden) Laurentii Salvii.
- Linneo, C. (1753). *Species plantarum* . Vol. I. Holmiae. (Sweden) Laurentii Salvii.
- Matus-Cadiz M. and Hucl P. (2002). Morphological variation within and among five annual *Phalaris* species. *Canadian Journal Plant Science* 82: 85-88.
- Nicora, E. G. (1978). Gramineae. En: Correa, M.N. *Flora Patagónica*, Colección Científica del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria 8(3): 1-563.
- Nicora, E. y Rugolo, Z. (1987). Los géneros de Gramíneas de América Austral. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires. 611 p.
- Nicora, E. y Rugolo, Z. (1984). Poaceaea in A. T. Hunziker ed. *Los Géneros de Fanerógamas de la Argentina*. Bol. Soc. Argent. Bot. 23 (1-4): 311-34.
- Oram, R. N. (2004). *Phalaris canariensis* is a domesticated form of *P. brachystachys*. *Genetic Resources and Crop Evolution* 51: 259–267.
- Parodi, L. (1939). El género *Phalaris* en Chile. *Revista Argent. Agron.* 6: 76-84
- Parodi, L.R. (1961). La taxonomía de las Gramíneas Argentinas a la luz de las investigaciones más recientes. *Recent. Adv.in Bot.* 1: 125-129.
- Raius, J. (1694). *Stirpium Europaeorum extra Britannias nascentium sylloge*. Londini, S.Smith and B. Walford.
- Rúgolo de Agrasar, Z.; Steibel, P. y Troiani, H. (2005). Manual ilustrado de las gramíneas de la provincia de La Pampa. Editorial de la Universidad de La Pampa y Editorial de la Universidad Nacional de Río Cuarto. 374 p.
- Stebbins, G. L. and Crampton, B. (1961). A suggested revision of the grass genera of temperate North America. *Recent. Adv.in Bot.* 1: 133-145.
- Steibel, P.; Rúgolo de Agrasar, Z. E.; Troiani, H. O. y Martínez, O. (1997). Sinopsis de las gramíneas (Gramineae Juss.) de la provincia de La Pampa, República Argentina. *Revista Fac. Agron. Univ. Nac. La Pampa* 9: 1-122.

Trinius , C. B. (1828).Species Graminum, iconibus et descriptionibus illustravit. Petropoli,Impensis Academiae Imperialis Scientiarum. Vol I.

Valencia, J. I. (1937). Estudio de los granos de *Phalaris* cultivados y adventicios en la Argentina. Revista Argentina Agronomía 4: 291-304.

Vavilov, N. (1951). Estudios sobre el origen de las plantas cultivadas. Acme Agency. Buenos Aires. 185 p.

de Wet J.M.J. (1979). Principles of Evolution and Cereal Domestication En: Proceedings of the Conference on Broadening the Genetic Base of Crop Plants. Pudoc,Wageningen, pp. 269–282.

de Wet J.M.J. (1992). The three phases of cereal domestication. En: Chapman G.P. (ed.), Grass Evolution and Domestication. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp 176–198.

CAPÍTULO II

EL GRANO DE ALPISTE

Maximiliano Cogliatti

II.1- Estructura y composición

II.2- Usos actuales y potenciales

II.2.1- Alimentación de aves ornamentales

II.2.2- Alimentación de animales de cría

II.2.3- Alimentación humana

II.2.4- Aplicaciones medicinales

II.2.5- Otros usos

II.3- Referencias

Lo que se conoce como semilla o grano de alpiste, es en realidad su fruto llamado cariopse. Este es el fruto típico de los cereales. El grano de alpiste es un grano vestido, ya que está recubierto por dos láminas llamadas glumelas o cáscaras.

II.1- Estructura y composición

El alpistees considerado un cereal verdadero, cuyos granos presentan una composición única y una estructura similar a la de otros granos de la misma familia botánica (poaceae), como el trigo, la avena, la cebada y el arroz. Los mismos poseen una capa de salvado que rodea al endosperma y al germen. El endosperma almidonoso constituye la mayor proporción de los granos y está compuesto por gránulos de almidón y cuerpos discretos de proteínas embebidos en una matriz proteica (Abdel-Aal *et al.*, 2011). El almidón representa alrededor del 50 % de los carbohidratos totales del grano.

En la Figura 1 se muestra la composición del grano de alpiste desnudo (sin las glumelas). En la Tabla 1 se detalla el valor energético y las cantidades de fibras, azúcares solubles, ácidos grasos, tocoferoles, esteroides, vitaminas, minerales y aminoácidos, contenidas en el grano de alpiste desnudo.

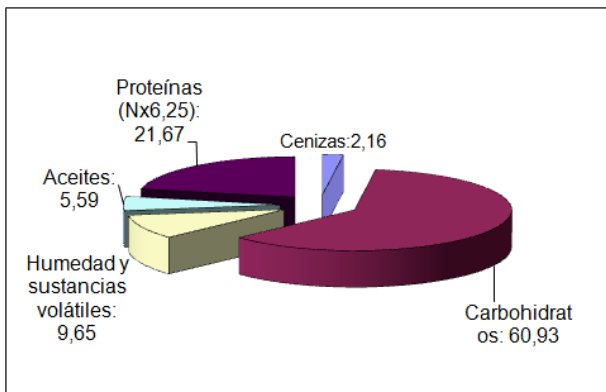


Figura 1: Composición del grano de alpiste descascarado.

Canaryseed Development Commission of Saskatchewan (2011).

Tabla 1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL GRANO DE ALPISTE DESCASCARADO

Canaryseed Development Commission of Saskatchewan (2011)

Valor energético	cada 100g	Campersterol	181
399 calorías		Stigmasterol	17,03
1670 kilojoules		Beta-sitosterol	326
Fibras	g/100g	Otros esteroles	237
Fibra soluble	0,31	Vitaminas	mg/100g
Fibra insoluble	7,31	Niacina	1,2
Fibra dietaria total	7,62	B1	0,65
Azúcares solubles	g/100mg	B2	0,09
Arabinosa	0,04	B6	0,16
Fructosa	0,07	Minerales	mg/100g
Glucosa	0,15	Calcio	29
Sucarosa	0,56	Hierro	4,4
Ácidos grasos	g/100g	Magnesio	196
Miristínico (C14)	0,01	Fósforo	583
Palmitico (C16)	0,66	Potasio	363
Hexadecenoico (C16:1)	0,01	Sodio	0,8
Margarínico (C17)	0,002	Zinc	3,3
Estearico (C18)	0,07	Cobre	0,7
n-9 Oleico (C18:1)	1,72	Manganeso	5,1
Octadecenoico (C18:1)	0,04	Selenio	0,2
Linoleico (C18:2)	2,85	Aminoácidos	g/100g de proteína
n-3 alfa- linolenico (C18:3)	0,12	Alanina	4,5
Araquídico (C20)	0,007	Arginina	6,4
Eicosenoico (C20:1)	0,05	Aspártico	4,4
n-6 Eicosadienoico (C20:2)	0,002	Citosina	2,5
Behénico (C22)	0,003	Glutamina	26
n-9 Erúxico (C22:10)	0,01	Glicina	3,1
Lignocérico (C24)	0,003	Histidina	1,6
n-9 Nervónico (C24:1)	0,003	Isoleucina	3,9
Otros	0,005	Leucina	7,6
Total	5,565	Lisina	2,6
Ac. grasos saturados totales	0,76	Metionina	1,9
Ac. grasos monoinsaturados total	1,84	Fenilalanina	6,5
Ac. grasos poliinsaturados totales	3,09	Prolina	6,2
Omega 3 totales	0,12	Serina	4,5
Omega 6 totales	2,86	Treonina	2,7
Omega 9 totales	1,79	Triptofano	2,8
Tocoferoles y esteroides	mg/100g	Tirosina	3,6
Delta-tocoferol	0,51	Valina	4,8
Alfa-tocoferol	1,98		

II.2- Usos actuales y potenciales

A continuación, se mencionan los usos que se le han dado a los granos de alpiste y las perspectivas de nuevos usos, propuestos sobre la base de información científica.

II.2.1- Alimentación de aves ornamentales

Actualmente los granos de alpiste se destinan, casi con exclusividad, a la alimentación de aves ornamentales, solos o en mezcla con otros granos como mijo, girasol y lino. Sin embargo, se han propuesto diversos usos alternativos que se mencionan a continuación.

II.2.2- Alimentación de animales de cría

En la bibliografía se citan algunos ejemplos sobre la utilización de los granos de alpiste como alimento de animales de cría. Los resultados de los ensayos para su empleo en la alimentación de pollos, evidenciaron que poseen un valor nutritivo igual o mejor que el de los granos de trigo, sugiriendo que podrían remplazarlos en la dieta de aves de corral (Hucl *et al.*, 2001).

Thacker (2003) evaluó el empleo de los granos de alpiste en la alimentación de cerdos y como resultado halló que su inclusión en raciones a base de cebada y soja, incrementa la tasa de crecimiento de los animales, sin perjuicio sobre la calidad de la carne.

En cuanto a la utilización del alpiste como especie forrajera, Pelikán (2000) menciona que es un recurso promisorio. No obstante, su utilización con este propósito es poco frecuente dada su baja productividad en materia seca en comparación con otras gramíneas (Fischer and Dall`Agnol, 1987).

II.2.3- Alimentación humana

Hace décadas que se conoce que los granos de alpiste presentan un adecuado valor nutricional, siendo potencialmente útiles para la elaboración de alimentos (Robinson, 1978). Sin embargo, su uso con este propósito se vio limitado a partir del descubrimiento de que los diminutos pelos silificados (tricomas) que recubren sus coberturas (glumelas) son potencialmente dañinos para la salud (O'Neill *et al.*, 1980; Putnam *et al.*, 1996; Abdel-Aal *et al.*, 1997, 2011).

En 1997 fue liberado en Canadá el cultivar "€DC-María" cuya principal característica es la ausencia de pelos en sus granos (granos glabros). Este hito marcó una nueva etapa de estudios sobre la composición fisicoquímica de los granos de alpiste y sus potenciales usos alimentarios, farmacológicos e industriales. El proyecto "Development and Quality of Glabrous Canaryseed" tuvo como objetivo realizar un análisis completo de las características fisicoquímicas de los granos de alpiste, del cultivar "€DC-María", tendiente a recopilar la información necesaria para tramitar su inscripción como nuevo alimento para consumo humano. Los estudios de toxicología, presencia de alcaloides y otros factores antinutricionales, indicaron que los granos de alpiste descascarado tienen un comportamiento similar a los del trigo común. Las harinas obtenidas de su molienda exhibieron una formación de masa característica, lo que las hace adecuadas para ser mezcladas con las harinas de trigo. Los contenidos de almidones, proteínas, aceites y fibras, mostraron un alto potencial para ser utilizados en la elaboración de productos alimenticios y no alimenticios. En dicho proyecto, también se realizaron ajustes de metodologías para el procesamiento de los granos, tales como el descascarado, tostado y molienda (Hucl *et al.*, 2001).

Trabajos más recientes, han evaluado el empleo de los granos de alpiste y los derivados de su molienda en la elaboración de una amplia gama de productos alimenticios, incluyendo panes y tortillas, crackers, muffins, pastas, barras de cereales y fideos spaghettis. Los resultados fueron muy promisorios y se observó que las harinas de alpiste podrían reemplazar a las del trigo, hasta en un 35%, para la fabricación de alimentos con una aceptable calidad (Patterson, 2010).

Es importante mencionar que los granos de alpiste son libres de gluten, por lo cual podrían utilizarse para la elaboración de alimentos aptos para celíacos. Esto representa una gran oportunidad ya que posibilita el acceso a un nuevo nicho de mercado (Patterson, 2011).

II.2.4- Aplicaciones medicinales

Existe información sobre los efectos medicinales de los granos de alpiste y su utilización en la medicina popular para el tratamiento de enfermedades renales, hipertensión, hiperglucemia e hipercolesterolemia (Ribeiro *et al.*, 1986; Albuquerque *et al.*, 2007; Wright *et al.*, 2007; Benítez *et al.*, 2010).

Las propiedades antioxidantes de los granos de alpiste fueron demostradas por Novas *et al.* (2004) mediante la influencia sobre la emisión de quimioluminiscencia en una reacción de luminol en medio oxidante (peróxido de hidrógeno).

Los compuestos antioxidantes son potencialmente benéficos para la prevención de enfermedades y la promoción de la salud. Entre ellos, los carotenoides son considerados como uno de los grupos de antioxidantes naturales de mayor importancia. Los principales compuestos carotenoides presentes en los granos de alpiste son la luteína, la zeaxantina y el betacaroteno, siendo este último el que se presenta en mayores cantidades (Li and Beta, 2012).



Otras biomoléculas con propiedades antioxidantes son los fenoles o compuestos fenólicos, los cuales representan un beneficio potencial para la prevención de enfermedades degenerativas. Algunos ejemplos de estas sustancias son: el ácido fenólico, los flavonoides, los taninos condensados, las cumarinas y los alquilresorcinoles (Dykes and Rooney, 2007). En los cereales estas

<http://nuevavida2001.es.tl/LECHE-DE-ALPISTE.htm>

sustancias se encuentran concentradas principalmente en el pericarpio de las semillas. Li *et al.*(2011) realizaron la identificación y cuantificación de fenoles en granos de alpiste. Como resultado determinaron que los granos de alpiste son ricos en glucósidosflavonoides y contienen como principales ácidos fenólicos al ácido ferúlico, cafeico y p-cumárico.

Por tanto, el desarrollo de cultivares de alpiste con alto contenido de carotenoides y compuestos fenólicos, podría ser un incentivo para la utilización de sus granos en la elaboración de alimentos saludables y con propiedades funcionales.

II.2.5- Otros usos

Yagüez (2002) menciona que, ocasionalmente y en pequeñas cantidades, los granos de alpiste han sido empleados por la industria para la elaboración de aprestos para tejidos y la destilación de bebidas alcohólicas.

Por último, las plantas de alpiste son apreciadas por su valor ornamental y sus panojas son requeridas para integrarlas en arreglos florales, naturales o teñidas.

II.3- Referencias

Abdel-Aal, E.S.M.; Hucl, P. and Sosulski, F.W. (1997). Characteristics of canaryseed (*Phalaris canariensis* L.) starch. *Starch* 49: 475-80.

Abdel-Aal E.S.M.; Hucl P.; Miller S.S.; Patterson C.A. and Gray D. (2011) Microstructure and nutrient composition of hairless canary seed and its potential as a blending flour for food use. *Food Chemistry* 125: 410-416.

Albuquerque, U.P.; Medeiros, P.M.; Almeida, A.L.S.; Monteiro, J.M.; Neto, E.M.F.L. and Melo, J.G. (2007). Medicinal plants of the caatinga (semi-arid) vegetation of NE Brazil: a quantitative approach. *Journal of Ethnopharmacology* 114: 325–354.

Benitez, G.; Gonzalez-Tejero, M.R. and Molero-Mesa, J. (2010) Pharmaceutical ethnobotany in the western part of Granada province (southern Spain): Ethnopharmacological synthesis. *Journal of Ethnopharmacology* 129 87–105.

Canaryseed Development Commission of Saskatchewan (2011). En línea <http://www.canaryseed.ca/documents/NutritFacts_brown_canaryseed_groats_2011.pdf> (fecha de acceso: 20/12/2012).

Dykes, L. and Rooney, L.W. (2007). Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits. *Cereal Foods World* 52:105-111.

Fischer, R.G. and Dall'Agnol, M. (1987). Introduction and evaluation of annual winter grasses. *Herbage Abstracts* 057 00851.

Hucl, P.; Han, H.L.; Abdel-Aal E.S.M. and Hughes, I.G.R. (2001). Development and quality of glabrous canaryseed. AFIF Project # 96000287 <<http://www.agriculture.gov.sk.ca/19960287.pdf>> (fecha de acceso: 19/11/2012).

Li, W.; Qiu Y; Patterson, C.A. and Beta, T. (2011). *The analysis of phenolic constituents in glabrous canaryseed groats. Food Chemistry*, 127 (1) 10-20

Li, W. and Beta, T. (2012). An evaluation of carotenoid levels and composition of glabrous canaryseed. *Food Chemistry* 133 (3): 782-786.

Novas, M.J.; Jiménez, A.M. and Asuero, A.G. (2004). Determination of Antioxidant Activity of Canary Seed Infusions by Chemiluminescence. *Journal of Analytical Chemistry* 59 (1): 75-77.

O'Neill, C.H.; Hodges, G.M.; Riddle, P.N.; Jordan, P.W. Newman, R.H.; Flood, R.J. and Toulson, E.C. (1980). A fine fibrous silica contaminant of

flour in the high oesophageal cancer area of north-east Iran. *International Journal of Cancer* 26: 617-628.

Putnam, D.H.; Miller, P.R. and Hucl, P. (1996) Potential for production and utilization of annual canarygrass. *Cereal Food World* 41: 75-83.

Patterson C.A. (2010). Canaryseed - Food Applications for Canaryseed. *Canaryseed News*, ISSUE #17, 5-6.

Patterson C.A. (2011). Canaryseed - Naturally Gluten-Free. *Canaryseed News*, ISSUE #21, 4

Pelikan, J. (2000). Evaluation of yield in canary grass (*Phalaris canariensis* L.) varieties. *Rostlinná Výroba* 46 (10): 471-475.

Ribeiro, R.; Fiuza de Melo, M.M.R.; Barros, F.; Gomes, C., and Trolin, G. (1986). Acute antihypertensive effect in conscious rats produced by some medical plants used in the state of São Paulo. *Journal of Ethnopharmacology* 15 (3): 261-269

Robinson, R.G. (1979). Chemical composition and potential uses of annual canarygrass. *Agronomy Journal* 70: 797-800.

Thacker, P.A. (2003). Performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs fed diets containing graded levels of canaryseed. *Canadian Journal of Animal Science* 83: 89-93.

Wright, C.I.; Van-Buren, L.; Kroner, C.I. and Koning, M.M. (2007). Herbal medicines as diuretics: a review of the scientific evidence *Journal of Ethnopharmacology* 114: 1-31.

Yagüez, J.L. (2002). Alpiste: un cultivo olvidado. Convenio INTA - Ministerio de Asuntos Agrarios de la provincia de Buenos Aires. <www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/agricultura/alpiste/alpiste.pdf> (fecha de acceso: 10/05/2008).

CAPÍTULO III

REQUERIMIENTOS Y CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DEL CULTIVO DE ALPISTE

Maximiliano Cogliatti

III.1- Requerimientos del cultivo de alpiste

III.1.1- Requerimientos térmicos

III.1.2- Requerimientos fotoperiódicos

III.1.3- Requerimientos de vernalización

III.1.4- Requerimientos edáficos

III.1.5- Requerimientos nutricionales

III.1.6- Requerimientos hídricos

III.2- Caracterización agronómica del cultivo

III.2.1- Resultados experimentales

III.2.2- Correlaciones de interés

III.3- Referencias

III.1- Requerimientos del cultivo de alpiste

El alpiste es una especie que se cultiva en las regiones con clima templado, donde las temperaturas son relativamente suaves y se dan cuatro estaciones bien definidas. Es considerado un cultivo de estación fría, cuyo ciclo se desarrolla durante los meses de invierno y primavera.

El conocimiento de los requerimientos de una especie, es fundamental para inferir sobre su capacidad de adaptación a una determinada situación ambiental.

III.1.1- Requerimientos térmicos

Las plantas de alpiste son resistentes a las heladas, principalmente en los estadios tempranos, habiéndose reportado supervivencia de plántulas con temperaturas de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Putnam *et al.*, 1996). No obstante, existen evidencias sobre su sensibilidad a las bajas temperaturas durante los estadios reproductivos, donde la ocurrencia de temperaturas cercanas a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ puede ocasionar pérdidas de rendimiento en granos (Norton and Ford, 2002; Cogliatti *et al.*, 2011)

Por otra parte, las altas temperaturas aceleran el crecimiento y el desarrollo de las plantas de alpiste (Pascale y Giordano, 1962). En tal sentido, conforme se retrasa la fecha de siembra, desde fines de otoño hacia principios de primavera, se evidencia un acortamiento del ciclo total del cultivo. Se ha observado que dicho acortamiento se debe principalmente al estrechamiento del período comprendido entre los estadios de emergencia y panojamiento (Bodega *et al.*, 2002; Cogliatti *et al.*, 2011).

III.1.2- Requerimientos fotoperiódicos

La longitud del día o fotoperíodo es, junto con la temperatura, una de las variables más importantes en la determinación del momento de floración del cultivo. El fotoperíodo afecta la morfogénesis apical, la generación de hojas, el macollaje, y otros procesos de desarrollo en los cereales (Kirby and Appleyard, 1980). El alpiste es una planta de día largo, por lo que la floración se da en los meses de primavera, con la longitud de los días en aumento (Norton and Ford, 2002). El fotoperíodo crítico es aquel por encima del cual no hay retraso en el desarrollo; Bodega *et al.*, (2003a) hallaron un fotoperíodo crítico de 11.5 hs para alpiste y Pascale y Giordano (1962) mencionan un umbral de 14 h. Por otro lado, Miller, 2000, basado en los trabajos de Cooper and Calde (1963) informan que *Phalaris canariensis* y *Phalaris minor* son insensibles al fotoperíodo.

III.1.3- Requerimientos de vernalización

Algunas especies vegetales presentan requerimientos de vernalización, es decir, que sus ápices necesitan un tiempo de exposición a bajas temperaturas para que se induzca la floración. El alpiste presenta mínimos requerimientos de vernalización y, en general, estos se cubren con las bajas temperaturas invernales (Pascale y Giordano, 1962; Norton and Ford, 2002; Bodega *et al.* 2003a).

III.1.4- Requerimientos edáficos

El alpiste se adapta a una amplia variedad de tipos de suelos. Básicamente, es factible cultivar con éxito alpiste en aquellos suelos aptos para el cultivo de trigo (Norton and Ford, 2002).

Las plantas de alpiste presentan un sistema radicular relativamente superficial y poco desarrollado, lo que limita la exploración del suelo para la captación de agua y nutrientes. Esta característica dificulta su adaptación a suelos con baja capacidad de retención hídrica, tales como los suelos arenosos (Putnam *et al.*, 1996).

Si bien las buenas condiciones edáficas favorecen el crecimiento del cultivo, es importante tener en cuenta que cuando crece en climas benignos y suelos sin limitantes en humedad y fertilidad, produce un exceso de biomasa y plantas altas que tienden a volcarse.

III.1.5- Requerimientos nutricionales

En términos generales, el alpiste presenta requerimientos nutricionales semejantes al resto de los cereales de invierno. Como se da en el resto de los cultivos de gramíneas, el nitrógeno y el fósforo son los principales nutrientes limitantes para la producción, en la mayoría de los ambientes.

En el apartado Fertilización, de la sección Manejo del Cultivo, se presentan los valores recomendados para la fertilización con fósforo y nitrógeno, de acuerdo al rendimiento esperado y los niveles de nutrientes contenidos en el suelo.

III.1.6- Requerimientos hídricos

No se encontró información específica sobre los requerimientos hídricos del cultivo de alpiste. Sin embargo, teniendo en cuenta que esta especie es de clima templado, se deduce que se da bien con precipitaciones medias anuales entre 500 mm y 1.000 mm, características de este tipo de clima.

III.2- Caracterización agronómica del cultivo

Gran parte de los caracteres de interés agronómico son de tipo cuantitativos. Ello significa que están controlados por muchos genes y son fuertemente influenciados por el ambiente. Por lo tanto, la expresión de un determinado carácter cuantitativo, dependerá no sólo del genotipo, (información genética que posee un organismo en particular), sino también del ambiente en que este se encuentre. En consecuencia, cuando se considera el desempeño agronómico de un determinado genotipo, es importante tener en cuenta las condiciones agroecológicas de donde fueron tomados los datos.

III.2.1- Resultados experimentales

En los años 2004, 2005 y 2006 se realizó la evaluación agronómica de una colección de germoplasma de alpiste conformada por 57 materiales (47 poblaciones y 10 cultivares) originarios de 19 países (Tabla 1). Los ensayos fueron realizados en la Chacra Experimental de la Facultad de Agronomía de Azul (UNCPBA), (36° 49' 53" Sur, 59° 53' 23" Oeste), en condiciones de secano y sin limitaciones de nutrientes. Los caracteres evaluados fueron: rendimiento en grano, peso de mil granos, número de granos por metro cuadrado, índice de cosecha, altura de las plantas y duración de las fases

fenológicas emergencia a panojamiento, panojamiento a madurez de cosecha y emergencia a madurez de cosecha.

Tabla 1: Detalle de introducciones evaluadas en Azul, en los años 2004, 2005 y 2006, porCogliatti *et al.* (2011).

TIPO DE MATERIAL	PAÍS DE ORIGEN	LUGAR DE OBTENCIÓN	DENOMINACIÓN ORIGINAL	NOMBRE COMERCIAL
Población	Brasil	USDA	PI 163357	
Población	Méjico	USDA	PI 165429	
Población	Méjico	USDA	PI 189547	
Población	Méjico	USDA	PI 203913	
Población	Turquía	USDA	PI 180864	
Población	Turquía	USDA	PI 177027	
Población	Turquía	USDA	PI 179397	
Población	Turquía	USDA	PI 251475	
Población	Turquía	USDA	PI 170624	
Población	Turquía	USDA	PI 180863	
Población	Turquía	USDA	PI 179398	
Población	Turquía	USDA	PI 175812	
Población	Turquía	USDA	PI 175811	
Población	Turquía	USDA	PI 174299	
Población	Turquía	USDA	PI 170634	
Población	Turquía	USDA	PI 170622	
Población	Turquía	USDA	PI 170625	
Población	Turquía	USDA	PI 177026	
Población	Turquía	USDA	PI 170633	
Población	Turquía	USDA	PI 322734	
Población	Turquía	USDA	PI 167261	
Población	Turquía	USDA	PI 170629	
Población	Turquía	USDA	PI 170627	
Población	Turquía	USDA	PI 170626	
Población	Turquía	USDA	PI 170623	
Población	Irán	USDA	PI 251390	
Población	Irán	USDA	PI 223398	
Población	Irán	USDA	PI 223397	
Población	Irán	USDA	PI 250741	
Población	Irán	USDA	PI 249998	
Población	Irán	USDA	PI 223396	
Población	Irán	USDA	PI 249999	
Población	Irán	USDA	PI 229768	
Población	Egipto	USDA	PI 250097	
Población	Egipto	USDA	PI 251274	
Población	Jordania	USDA	PI 266186	
Población	Marruecos	USDA	PI 284180	
Población	Marruecos	USDA	PI 284182	
Población	Marruecos	USDA	PI 284183	
Población	Marruecos	USDA	PI 284184	
Población	Suecia	USDA	PI 284185	
Población	Italia	USDA	PI 284186	
Población	Portugal	USDA	PI 368984	

Población	Suiza	USDA	PI 415822	
Población	España	UNMDP		
Población	Argentina	HJN	PI 163357	
Población	Siria	USDA	PI 181780	
Cultivar	USA	USDA	PI 578798	Alden
Cultivar	USA	USDA	PI 578799	Keet
Cultivar	USA	USDA	PI 578800	Elias
Cultivar	Canadá	SK		CDC- María
Cultivar	Hungría	CGB	13G7200005	Lizard
Cultivar	Hungría	CGB	13G7200003	Karcsu
Cultivar	Hungría	CGB	13G7200007	Kisvardai-41
Cultivar	Hungría	CGB	13G7200006	Abad
Cultivar	Holanda	CGB	13G7200004	Cantate
Cultivar	Rep. Checa	CGB	13G7200008	Judita

Referencias: USDA: Banco de Germoplasma del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos; BGP: Banco de Genético de Praga, República Checa; SK: Universidad de Saskatchewan, Canadá, UNMDP: Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Mar del Plata y HJN: Empresa de acopio y comercialización de cereales H. J. Navas S. A.

Como resultado se observó variabilidad genética para todos los caracteres analizados. El análisis combinado de los ensayos, evidenció interacción genotipo x año para todos los caracteres. Dicha interacción se manifestó como cambios en la posición relativa de los genotipos, alterando su jerarquía entre un año y otro. En la Tabla 2 se muestran los valores medios, máximos y mínimos obtenidos. Los resultados permitieron identificar materiales promisorios para el mejoramiento genético. Entre ellos, se detectó una población de origen marroquí (PI 284184) que exhibió alto rendimiento y elevado peso de mil granos. En alpiste, se ha determinado un alto grado de determinación genética (0,59) para el peso de los granos (Cogliatti, 2009). Cabe destacar que la población argentina exhibió valores cercanos al los promedio para todos los caracteres medidos. Asimismo, se evidenció que ninguno de los cultivares comerciales evaluados superó en rendimiento a la población argentina.

Respecto a la longitud del ciclo del cultivo, tomado como el período comprendido entre emergencia y madurez de cosecha, se observó una brecha de 8 días (equivalente 160 °Cd) entre el material más precoz y el más tardío; y de solo 4 días entre el material más precoz y la población

argentina. Si bien para este carácter las diferencias fueron estadísticamente significativas, por su magnitud resultaron de poca utilidad práctica.

Tabla 2: Valores promedios de rendimiento en grano (Rto), peso de mil granos (P-1000), número de granos por metro cuadrado (NG), índice de cosecha (IC), altura de las plantas (H), grados día de emergencia a panojamiento (°Cd E-P), grados día de panojamiento a madurez de cosecha (°Cd P-MC) y grados día de emergencia a madurez de cosecha (°Cd E-MC); obtenidos para el cultivo de alpiste en Azul, en los años 2004, 2005 y 2006. Adaptado de Cogliatti *et al.* (2011).

	Rto. (kg/ha)	P-1000 (g)	NG (granos/m ²)	IC (%)	H (cm)	°Cd E-P	°Cd P-MC	°Cd E-MC
Media	1369	7,1	19432	21	99	1111	627	1752
Max	1557	8,5	22003	22	106	1219	690	1808
Min	1130	5.9	15788	18	88	1000	411	1648

III.2.2- Correlaciones de interés

El análisis de correlación entre el rendimiento en granos sus componentes (peso de mil granos y número de granos por metro cuadrado) mostró que este se asoció fuerte y positivamente con el número de granos por metro cuadrado (Figura 1). Esta correlación también fue observada en esta especie por Bodega *et al.* (2002 y 2003a) y en otros cereales como trigo, cebada, avena y arroz por Peltonen-Sainio *et al.* (2007). Asimismo, se evidenció una asociación positiva entre el rendimiento en grano y la altura de las plantas, la cual resulta contraproducente, ya que las plantas más altas son más susceptibles al vuelco (Figura 2). Los análisis de correlación entre las fases fenológicas, mostraron que las diferencias en la longitud total del ciclo de cultivo se debieron, principalmente, al ajuste en la extensión de las fases de *emergencia a panojamiento*. En promedio, esta fase

representó el 63% de la longitud total del ciclo (Figura 3). Estos resultados son coincidentes con los obtenidos Bodega *et al.* (2003b).

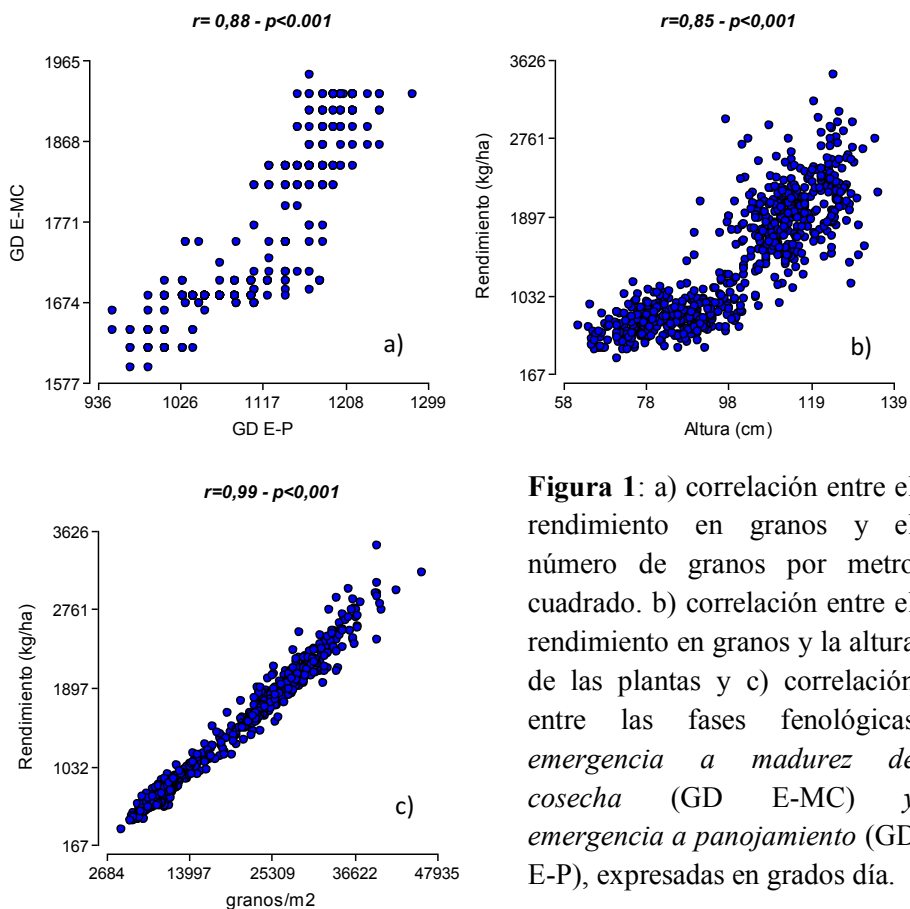


Figura 1: a) correlación entre el rendimiento en granos y el número de granos por metro cuadrado. b) correlación entre el rendimiento en granos y la altura de las plantas y c) correlación entre las fases fenológicas *emergencia a madurez de cosecha* (GD E-MC) y *emergencia a panojamiento* (GD E-P), expresadas en grados día.





III.3- Referencias

- Bodega, J.L.; De Dios, M.A. y Pereyra Iraola, M. (2002). Variación en las etapas fenológicas de alpiste en respuesta a la fecha de siembra en Balcarce. *Revista Facultad de Agronomía* 22 (1): 1-2.
- Bodega J.L.; De Dios M.A. and Pereyra Iraola, M., (2003a). Sowing date affects yield components of canarygrass seed. *Canadian Journal of Plant Science* 83: 357–362.
- Bodega, J.L.; De Dios M.A. y Pereyra Iraola, M. (2003b). Análisis comparativo del rendimiento en semillas y otras características de interés agronómico en poblaciones locales y cultivares introducidos de alpiste. *Revista Facultad de Agronomía*, 23 (2-3): 147-154.
- Cogliatti, M. (2009). Variabilidad genética en alpiste como base para su mejoramiento. Trabajo de Tesis de Magister Scientiae. Facultad de Ciencia Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Bs. As., Argentina.
- Cogliatti, M.; Bongiorno, F.; Dalla Valle, H. and Rogers, W.J. (2011). Canaryseed (*Phalaris canariensis* L.) accessions from nineteen countries show useful genetic variation for agronomic traits. *Canadian Journal of Plant Science* 91: 1-12.
- Cooper, J.P. and Calder, D.M. (1963). The inductive requirements for flowering of some temperature grasses. *J. Br. Grassl. Soc.* 19: 6–14.
- Kirby, K.J.M. and Appleyard, M. (1980). Effects of photoperiod on the relation between development and yield per plant of a range of spring barley varieties. *Z. Pflanzenzuchtg* 85: 226–239.
- Miller, P.R. (2000). Effect of varying seeding date on crop development, yield, and yield components in canarygrass. *Canadian Journal of Plant Science* 80: 83-86.
- Norton, R.M. and Ford, J.F. (2002). Canaryseed: Industry Development for South-Eastern Australia. A report for de Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Publication N° 01/178.
- Pascale, A.J. y Giordano, H.J. (1962). Características bioclimáticas que determinan la época de siembra del alpiste. *Revista Facultad de Agronomía y Veterinaria*, T. XV (2): 30-52.
- Peltonen-Sainio, P.; Kangas, A.; Yrj Salo, Y. and Jauhiainen, L. (2007). Grain number dominates grain weight in temperate cereal yield determination:

Evidence based on 30 years of multi-location trials. *Field Crop Research*, 100: 179_188.

Putnam, D.H.; Miller, P.R. and Hucl, P. (1996). Potential for production and utilization of annual canarygrass. *Cereal Food World* 41: 75-83.

CAPÍTULO IV

MANEJO DEL CULTIVO

Maximiliano Cogliatti

IV.1- Siembra

IV.1.1- Método de siembra

IV.1.2- Fecha de siembra

IV.1.3- Densidad de siembra y espaciamiento entre hileras

IV.2- Fertilización

IV.3- Malezas

IV.4- Enfermedades

IV.5- Insectos

IV.6- Cosecha

IV.6.1- Cosecha diferida

IV.6.2- Cosecha directa

IV.7- Almacenamiento

IV.8- Referencias

IV.1- Siembra

IV.1.1- Método de siembra

El cultivo de alpiste puede sembrarse en forma convencional (previo laboreo del suelo) o bien en siembra directa. Para la siembra se emplean las mismas sembradoras que para otros cereales de grano fino.

Cuando se siembra convencionalmente, se recomienda que la cama de siembra esté debidamente refinada, húmeda y firme. Asimismo, conviene evitar sembrar a más de 5 cm de profundidad para asegurar la emergencia de las plántulas (Mc Vicar *et al.*, 2002). Se debe tener en cuenta que las plántulas de alpiste son poco vigorosas, lo que dificulta su emergencia en suelos pesados y con excesiva compactación. Sin embargo, una compactación moderada favorece la homogeneidad en la germinación y emergencia de las plántulas (Norton and Ford, 2002), debido a que mejora el contacto entre el suelo y la semilla.

IV.1.2- Fecha de siembra

La determinación de la fecha óptima de siembra dependerá de las condiciones ambientales de cada sitio en particular. Esta deberá elegirse, con la finalidad de sincronizar las demandas del cultivo con la oferta de los recursos ambientales. Para un sitio dado, la elección de la fecha de siembra afectará las temperaturas y fotoperíodos al que estarán expuestas las plantas a lo largo de su ciclo. En consecuencia, tendrá implicaciones sobre la producción de biomasa total, el rendimiento en granos y sus componentes, número de granos por unidad de superficie y peso individual de los granos (Bodega *et al.*, 2003).

En los países productores de alpiste de América del Norte, como Canadá y Estados Unidos, el momento óptimo de siembra es a principios de primavera, tan pronto como el clima lo permite (Putnam *et al.*; 1996; Miller, 2000), mientras que en los países del hemisferio sur, como la Argentina y Australia, las fechas de siembra recomendadas se sitúan en los meses invernales (Pascale and Giordano, 1962; Bodega *et*

al., 2003; Norton and Ford, 2002). Forján (1986) recomienda como fecha óptima para la siembra de alpiste en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, el mes de julio.

IV.1.3- Densidad de siembra y espaciamiento entre hileras.

El cultivo de alpiste es flexible a un amplio rango de densidades de siembra, debido a su capacidad de compensar las diferencias en el número de plantas, modificando el número de panojas por planta y el número de granos por panoja (Holt, 1989). Palmieri *et al.*, (2008) observaron que el rendimiento en grano se mantuvo estable en un rango de 113 a 1338 plantas m⁻² y que una densidad de 300 a 350 plantas m⁻² resulta adecuada para garantizar una buena cobertura previa al panojamiento del cultivo y asegurar al menos 1 macollo fértil por planta. Por otro lado, Forján (1986) y Mc Vicar (2002) sugieren como densidad óptima aproximadamente 550 plantas m⁻².

Es necesario considerar que un cultivo implantado con baja densidad, necesitará un prolongado período vegetativo y buenas condiciones ambientales para expresar su capacidad de compensar el bajo número de plantas, mediante la generación de un alto número de macollos por planta. En tal sentido, May *et al.*, (2012a) observaron que si bien las altas densidades de siembra no mejoran el rendimiento, si le aportan mayor estabilidad.

Es importante tener en cuenta que la densidad de siembra y el espaciamiento entre hileras, pueden modificar la habilidad del cultivo para competir con las malezas. Esto es especialmente relevante, debido a que las plántulas de alpiste son poco vigorosas, especialmente en el período que va desde emergencia a macollaje (Putnam *et al.*, 1996).

Existen coincidencias sobre el efecto nulo que tiene la densidad de siembra en el peso individual de los granos y el desarrollo del cultivo (Holt, 1989; Bodega *et al.*, 2000; Palmieri *et al.*, 2008; May *et al.*, 2012a)

Respecto al espaciamiento entre hileras de siembra, los productores, normalmente, utilizan los mismos que para el resto de los cereales de invierno, entre 17 y 20 cm, evitando modificar la configuración de la

sembradora entre cultivos. No obstante, es esperable que un menor distanciamiento tenga efectos favorables, puesto que el mejor arreglo espacial resulta del distanciamiento equidistante entre plantas, donde se optimiza la distribución de recursos y la velocidad de cobertura del suelo.

IV.2- Fertilización

El nitrógeno y el fósforo son los principales nutrientes que impiden alcanzar los rendimientos potenciales de los cereales, en la mayoría de los ambientes. La fertilización debe planificarse teniendo en cuenta las necesidades reales del cultivo para lograr el rendimiento deseado. Para ello, es importante contar con un cuidadoso análisis de suelo que permita conocer los niveles de nutrientes disponibles. La fertilización excesiva constituye un riesgo para el ambiente, siendo una fuente potencial de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. En la Tabla 1 se presentan las recomendaciones de fertilización con N y P para el cultivo de alpiste, en base a diferentes rendimientos esperados y teniendo en cuenta los contenidos en el suelo de ambos nutrientes.

Tabla 1: Recomendaciones de fertilización para el cultivo de alpiste de acuerdo con el rendimiento esperado (Adaptado de Dahnke *et al.*, 1992)

Rendimiento esperado (kg. ha ⁻¹)	Total de nitrógeno ^a (kg N. ha ⁻¹)	Test de fósforo en suelos ^b			
		MB	B	M	A
		0 - 5	6 - 10	11 - 15	16 - 20
(kg P ₂ O ₅ . ha ⁻¹)					
1700	56	28	17	11	0
2250	78	34	22	17	0
2800	101	45	34	17	0

^a Niveles de fósforo (ppm Bray I): MB= muy bajo; B= bajo; M= medio y A= alto.

^b Nitrógeno total = N en suelo + N aplicado con el fertilizante (0 a 60 cm superficiales).^o

El método y momento de aplicación de fertilizantes dependerá de la formulación de los mismos y del objetivo perseguido. En la Argentina es común que los productores fertilicen con fosfato diamónico a la siembra y urea en macollaje, para cubrir las demandas de N y P del cultivo. Hasta la fecha no se cuenta con datos sobre la implementación de nuevas tecnologías de fertilización en alpiste, tales como la aplicación de fertilizantes líquidos al suelo o foliar.

Recientemente, May *et al.*, (2012b) estudiaron la respuesta del cultivo de alpiste a la fertilización con potasio (K) y cloro (Cl). Como resultado observaron una falta de respuesta a la fertilización con K, en un rango de 155 a 717 kg ha⁻¹ de K, en los 15 cm superficiales del suelo. En contraste, evidenciaron una alta respuesta a la fertilización con Cl, aplicado como KCl o CaCl₂. El aporte de cloro provocó un incremento promedio en el rendimiento de alrededor del 24% y este se debió, principalmente, al aumento en el número de granos por panoja. La magnitud de la respuesta tendió a aumentar a medida que el nivel de Cl en el suelo disminuyó. En base a este trabajo, los autores sugieren incluir las mediciones de Cl al realizar los análisis de suelo, y fertilizar con 9,1 kg ha⁻¹ de Cl, en forma de 20 kg ha⁻¹ de KCl, cuando el nivel de Cl en los 15 cm superficiales del suelo esté por debajo de 70 kg ha⁻¹.

IV.3- Malezas

Las malezas compiten con los cultivos por los recursos necesarios para su crecimiento (luz, agua y nutrientes). Debido a que las plántulas de alpiste son poco vigorosas, especialmente en el período que va desde emergencia a macollaje, compiten pobremente con las malezas (Putnam *et al.*, 1996).

Algunas prácticas culturales, como la elección de fechas de siembras tempranas y la utilización de una adecuada densidad de siembra y espaciamento entre hileras, permiten mejorar la competitividad del cultivo. Dichas prácticas son complementarias pero no sustitutivas del control químico de malezas. En efecto, como en el resto de los cultivos extensivos, en alpiste se realiza control químico de malezas. Sin embargo, a diferencia de otros cereales invernales, este es muy sensible a muchos de los herbicidas disponibles..

En el mundo existen varios herbicidas registrados para el control de malezas en el cultivo de alpiste (Tabla 2). Desafortunadamente, algunos productos solo se comercializan en determinados países. En efecto, el control de gramíneas sigue siendo un problema en países como la Argentina y Australia, debido a que en ellos no se dispone de graminicidas selectivos registrados para el cultivo de alpiste (Norton and Ford, 2002; Cogliatti *et al.*, 2011a).

En Argentina existen varios herbicidas registrados para el control de malezas latifoliadas en el cultivo de alpiste (2, 4 D, MCPA, dicamba, picloram y clopiralid). Todos ellos son herbicidas postemergentes de acción hormonal, con una ventana de aplicación que va desde comienzos de macollaje hasta inicio de encañazón. Normalmente se utilizan combinados para generar mezclas con mayor espectro de control (Guía de Productos Fitosanitarios para la República Argentina, Edición 2011).

Otros herbicidas alternativos para el control de malezas de hoja ancha son el bromoxinil y el fluroxipir). El bromoxinil es un herbicida postemergente que actúa por contacto bloqueando la fotosíntesis. Su principal ventaja radica en la posibilidad de aplicarlo en premacollaje ejerciendo un control de malezas temprano. Tiene una ventana de aplicación que va desde que el cultivo presenta 3 hojas expandidas hasta fin de macollaje. Ensayos en parcelas a campo, durante tres años, mostraron una adecuada tolerancia del cultivo de alpiste a la aplicación de bromoxinil a una dosis de 350 g i.a./ha (Holt and Hunter, 1987). El fluroxipir es un herbicida postemergente de acción hormonal, cuya principal ventaja reside en su mayor ventana de aplicación, que va desde 3 hojas expandidas hasta el estadio previo a hoja bandera. Este herbicida, al igual que bromoxinil, permite realizar un control temprano de malezas de hoja ancha pero, además, posibilita el control de malezas con el cultivo de alpiste en estadios avanzados, donde ya no es recomendable aplicar los herbicidas tradicionales. Para ampliar el espectro de control el fluroxipir (20%) puede mezclarse con MCPA.

Las principales malezas gramíneas asociadas al cultivo de alpiste, en la Argentina, son la avena negra (*Avena fatua* L.) y el trigollos (*Lolium temulentum* L.). Ambas son potenciales causantes de pérdidas de rendimiento por competencia y disminución del valor comercial del producto cosechado (Cogliatti *et al.*, 2011b). La avena negra es una

maleza invasora, que se encuentra ampliamente difundida en los cultivos de trigo y otros cereales, en varios países del mundo. Es una especie anual con una destacable habilidad competitiva y posee diversas estrategias de supervivencia y perpetuación que dificultan su control. El trigollo también es una especie anual, cuyo principal problema radica en lo difícil que resulta conseguir semillas de alpiste libres de semillas de trigollo. Ello se debe a las limitaciones que se presentan los procesos habituales de limpieza de granos para separar semillas tan parecidas en tamaño y forma. En consecuencia, cuando se siembra alpiste también se está sembrando una proporción variable de semillas de trigollo diseminado así la maleza.

Como se mencionó, en las Argentina no se disponen de herbicidas gramínicos selectivos para el cultivo de alpiste (Guía de Productos Fitosanitarios, 2011). Sin embargo, Cogliatti *et al.* (2011b) demostraron que con la aplicación de Iloxán 28.4% EC (dichlofop-methyl 28,4 g a.i. 100 ml⁻¹) a una dosis equivalentes al 30% de la dosis máxima recomendadas para el cultivo de trigo (2.5 l de Iloxan ha⁻¹) se logra un óptimo control de trigollo sin efectos negativos sobre el rendimiento de alpiste. Por el momento, el control de avena negra queda limitado a la elección de lotes libres de esta maleza.

Tabla 2: Herbicidas recomendados para el control de malezas latifoliadas y gramíneas en el cultivo de alpiste (Holt and Hunter, 1987; Putnam *et al.*, 1996; Mc Vicar *et al.*, 2012; Cogliatti *et al.*, 2011b; Guide to Crop Protection, 2013; Guía de Productos Fitosanitarios, 2011).

MOMENTO DE APLICACIÓN	ESPECTRO DE CONTROL	PRINCIPIO ACTIVO
Preemergentes	Graminícida	Triallate
Postemergentes	Latifolicidas	2,4 D Bromoxinil Clopiralid Dicamba MCPA Picloram Propanil Quinclorac Fluoroxipir
	Graminícidas	Diclofop Difenzoquat Flamprop Quinclorac

La presencia de residuos de ciertos herbicidas en el suelo puede afectar la implantación del cultivo de alpiste. Entre ellos, se citan: trifluralin, mazamethebenz, triasulfuron, metsulfuron-metil, etametsulfuron-metil, sulfosulfuron, clorsulfuron, flucarbazone-sodio e imazetapyr. Por lo tanto, se sugiere tener en cuenta el historial del lote, y en los casos de haberse detectado el uso de algunos de los herbicidas mencionados, respetarse el tiempo necesario para su degradación antes de sembrar alpiste (Mc Vicar *et al.*, 2012).

IV.4- Enfermedades

En general, son pocas las enfermedades que afectan al cultivo de alpiste, por lo que se lo considera un cultivo limpio.

En la Argentina el cultivo de alpiste, generalmente, no demanda tratamientos con fungicidas. Sin embargo, en el año 2002, se detectó una nueva enfermedad de la hoja que afectó severamente a los cultivos del centro y sudeste de la provincia de Buenos Aires. La misma se conoce con el nombre de escaldadura en alpiste y su agente causal es el hongo *Rhynchosporium secalis* (Monterroso *et al.*, 2004, Delhey *et al.*, 2004). Si bien el patógeno ha sido determinado previamente en los géneros *Hordeum*, *Agropyron*, *Agrostis*, *Lolium*, *Dactylis* y *Phalaris* (Braun, 1995) no se encontraron citas específicamente sobre *Phalaris canariensis*. En años recientes se han observado plantas aisladas o manchones con síntomas de escaldadura, pero nunca con la magnitud observada en 2002. Actualmente no existen fungicidas registrados para el control de escaldadura en alpiste. No obstante, los resultados de Juan *et al.* (2004) mostraron un adecuado control de esta enfermedad con la aplicación de los siguientes fungicidas a las dosis mencionadas: Orius 750 cc ha⁻¹ (tebuconazole 25%), Bumper 500 cc ha⁻¹ (propiconazole 25%) y Opera 1000 cc ha⁻¹ (piraclostribin 13.3% + epoxiconazole 5%).

En América del Norte la enfermedad más importante es el moteado o septoriosis de la hoja, causadas por *Septoria triseti*. Esta enfermedad produce pérdidas en los rendimientos asociadas, principalmente, a la reducción en el peso de los granos (Putnam *et al.*, 1996). Este patógeno fue identificado por primera vez en alpiste en 1987 (Berkenkamp *et al.*, 1989). La práctica más económica para reducir la incidencia de esta

enfermedad es la rotación de cultivos, con un lapso no menor a 2 años, dado que el patógeno permanece en los residuos de cosecha pudiendo reinfectar a los cultivos sucesivos (Mc Vicar *et al.*, 2002). Como tratamiento fungicida se recomienda la aplicación foliar de propiconazole. Se sugiere realizar la aplicación en los primeros estadios del desarrollo de la enfermedad, habiéndose observado los mejores resultados con aplicaciones realizadas al inicio de la emergencia de la hoja bandera (Guide to Crop Protection, 2013).

En ocasiones se observa el secado anticipado de la porción apical de las panojas. Generalmente, esta sintomatología no está asociada con una enfermedad fúngica, sino con una enfermedad fisiológica denominada floret blasting, que podría traducirse al español como voladura apical de la panoja. Dicha fisiopatía se presenta como un mecanismo de respuesta de la planta ante condiciones de estrés abiótico, como estrés hídrico y térmico (Mc Vicar *et al.*, 2012).

Pedraza y Perez (2010) citan y describen, para la Argentina, los siguientes patógenos y enfermedades detectados en alpiste, aunque, como se mencionó, la mayoría de ellos rara vez son causales de daños de importancia económica:

Alternaria en semillas de alpiste (*Alternaria sp.*)

Bipolaris en semillas de alpiste (*Bipolaris sp.*)

Cornezuelo en semilla de alpiste (*Claviceps purpurea*)

Stemphylium en semillas de alpiste (*Stemphylium sp.*)

Pietín por Gaeumannomyces en alpiste (*Gaeumannomyces sp.*)

Tizón de plántulas por Gibberella en alpiste (*Gibberella intricans*)

Tizón de plántulas por Gibberella en alpiste (*Gibberella zeae*)

Tizón de plántulas por Fusarium en alpiste (*Fusarium oxysporum*)

Tizón de plántulas por Rhizoctonia en alpiste (*Thanatephorus cucumeris*)

Mancha grisácea por Magnaporthe en alpiste (*Magnaporthe grisea*)

Roya en alpiste por Puccinia (*Puccinia graminis*)

Escaldadura por Rhynchosporium en alpiste (*Rhynchosporium secalis*)

Septoriosis, viruela, manchas en las hojas por Septoria (*Septoria macrostoma*)

Septoriosis, viruela, manchas en las hojas del alpiste por Septoria (*Septoria triseti*)



- a- Escaldadura por *Rhynchosporium*
- b- Manchas en las hojas por *Septoria*
- c- Floret blasting

Fuente b y c: Saskatchewan Ministry of Agriculture.

IV.5- Insectos

Son pocos los insectos que atacan al cultivo de alpiste y, en muchos casos, los daños que ocasionan no justifican los tratamientos de control. A continuación se mencionan los insectos citados en la bibliografía (Cordo *et al.*, 2004; Mc Vicar *et al.*, 2012)

Pulgón amarillo de los cereales (*Metopolophium dirhodum*)

Pulgón verde de los cereales (*Schizaphis graminum*)

Pulgón de la espiga (*Macrosiphum avenae*)

Pulgón de la avena (*Rhopalosiphum padi*)

Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

Isoca militar verdadera (*Pseudaletia adultera*)

Oruga desgranadora (*Faronta albilinea*)



a

a- Pulgón de la espiga

b- Pulgón amarillo de los cereales

c- Pulgón verde de los cereales

Fuente: Imágenes proporcionadas por Martinoia G. (Zoología Agrícola, UNCPBA)



b



c



Isoca militar verdadera (*Pseudaletia adultera*)
a- larva y b- adulto
(Saini, 2008)



Oruga desgranadora (*Faronta albilinea*)
a- larva y b- adulto
(Saini, 2008)



Si bien se desconoce el umbral de daño económico por infestación con áfidos específicos para alpiste, a modo orientativo y con base en la información generada en cultivos emparentados, se estima que entre 10 y 20 pulgones sobre el 50% de los vástagos y previo al estadio de grano

pastoso, los daños causados justificarían el tratamiento de control con insecticidas (Putnam *et al.*, 1996).

IV.6- Cosecha

Existen dos modalidades de cosecha para el cultivo de alpiste: cosecha directa y cosecha diferida.

IV.6.1- Cosecha directa

La cosecha directa se realiza con el cultivo en pie, y las operaciones de corte, recolección y trilla se efectúan con la misma máquina cosechadora y en una única pasada. Esta modalidad requiere una definición precisa del momento oportuno. Si se realiza anticipadamente, el cultivo resultará difícil de cortar y se obtendrá una alta proporción de granos verdes. Si se cosecha tarde, el cultivo quedará expuesto innecesariamente a las inclemencias climáticas y aumentarán los riesgos de pérdidas de grano por desgrane natural. Debido a que en las plantas de alpiste los macollos pueden madurar en diferentes momentos, a menudo resulta difícil decidir el momento oportuno para iniciar la cosecha.

IV.6.2- Cosecha diferida

La cosecha diferida se realiza en dos pasos: primero se corta e hilera el cultivo, utilizando una máquina corta-hileradora, y posteriormente se procede a la recolección y trilla, utilizando una cosechadora convencional provista de un cabezal recolector. Se recomienda hilar el cultivo cuando la mitad superior de las panojas están amarillentas (Forjan, 1986). Normalmente, entre una operación y la otra se deja el cultivo varios días en el campo para uniformar el secado de los granos.

La calidad comercial de los granos de alpiste está basada en sus características visuales, tales como la uniformidad, la ausencia de quebrado y descascarado, su brillo y color (Norton and Ford, 2002). Una muestra de buena calidad, es aquella que exhibe granos uniformes y de buen tamaño, de color amarillo, brillosos y con bajos porcentajes de granos quebrados o descascarados e impurezas. En el Anexo del Capítulo IX, se presentan las Normas de Comercialización de Alpiste para la Argentina. Es importante realizar una cuidadosa regulación de la máquina cosechadora para garantizar una eficiente separación de los granos, minimizando las pérdidas y las proporciones de quebrado y descascarado. Para ello se recomienda trabajar con el cilindro a bajas revoluciones y ajustar el flujo de retorno de manera de disminuir la retrilla (Putnam *et al.*, 1996). A modo orientativo, se recomienda operar el cilindro entre 500 y 750 rpm y ajustar la luz del conjunto cilindro–cóncavo entre 5 y 9 mm (frente) y de 3 a 5 mm (fondo) (Putnam *et al.*, 1990).

Existe poca información sobre cuantificación de pérdidas de granos de alpiste durante la cosecha. Garrido (1994) obtuvo pérdidas del 6,5% con el método de cosecha diferida, mientras que en un ensayo realizado en el partido de Azul se registraron pérdidas del 6% en cosecha diferida y del 14% en cosecha directa (datos no publicados).

IV.7- Almacenamiento

Los granos de alpiste se consideran secos cuando alcanzan el 12% de humedad. En esas condiciones pueden almacenarse por largos períodos de tiempo sin riesgo de pérdida de calidad comercial. Debido a su reducido tamaño, fluyen con facilidad a través de rendijas y pequeños orificios, por lo que se recomienda acondicionar los sitios de almacenamiento y cubrir cualquier abertura con selladores a base de siliconas (Norton and Ford, 2002). Es importante realizar un adecuado tratamiento de los granos dentro de la planta de almacenamiento para evitar roturas y descascarado.

En general, los granos de alpiste no son atacados por insectos durante su almacenamiento. Sin embargo, son preferidos por los roedores y

contaminados con sus excrementos, los cuales son difíciles de eliminar por los procedimientos de limpieza habituales (Putnam *et al.*, 1996).

IV.8- Referencias

Berkenkamp, B.; Jespersen, G.D. and Bissett, J. (1989). Leaf mottle, a new disease of canarygrass caused by *Septoria triseti* Speg. *Plant Disease* 73: 859.

Bodega, J.L.; de Dios, M.A.; Pereyra Iraola, M.(2000). Evaluation of time of sowing and seeding rates on yield and yield components of canary grass (*Phalaris canariensis*). *Tests of Agrochemicals and Cultivars* No. 21 pp. 23-24.

Bodega, J.L.; De Dios, M.A.y Pereyra Iraola, M. (2003). Análisis comparativo del rendimiento en semillas y otras características de interés agronómico en poblaciones locales y cultivares introducidos de alpiste. *Revista Facultad de Agronomía* 23 (2-3): 147-154.

Braun U. (1995). A monograph of *Cercospora*, *Ramularia* and allied genera (phytopathogenic hyphomycetes). Vol. 1. Eching, Germany: IHW-Verlag. 333 p.

Cogliatti, M.; Bongiorno, F.; Dalla Valle, H. and Rogers, W.J. (2011a). Canaryseed (*Phalaris canariensis* L.) accessions from nineteen countries show useful genetic variation for agronomic traits. *Journal of Plant Science*. 91: 1-12.

Cogliatti M.; Juan V. F.; Bongiorno F.; Dalla Valle H. and Rogers W. J. (2011b). Control of grassy weeds in annual canarygrass. *Crop Protection* 30: 125 -129.

Cordo, H.A.; Logarzo, G.; Braun, K. y Di Iorio, O.R. (2004). Catálogo de insectos fitófagos de la Argentina y sus plantas asociadas. South American Biological Control Laboratory. Sociedad Entomológica Argentina, Buenos Aires, Argentina. 734 p. ISBN 987-21319-1-0.

Dahnke, W. C; Fanning, C.and Cattanach, A. (1992). Fertilizing Millet and Canary Seed. NDSU Ext. Serv. Bull SF-726 North Dakota State University. Disponible en:
http://library.ndsu.edu/tools/dspace/load/?file=/repository/bitstream/handle/10365/9207/SF726_1992.pdf?sequence=1. (fecha de acceso 06/11/2013).

Delhey, R.R.; Kiehr, M. y Zappacosta, D. (2004). Escaldadura y otras enfermedades de alpiste en la región pampeana argentina. IV Simposio

Nacional de Cultivos de Siembra Otoño-Invernal, Bahía Blanca. Buenos Aires. Libro de Actas: 345.

Forjan, H.J. (1986). Alpiste: situación del cultivo y su manejo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Chacra Experimental Integrada Barrow. Hoja de divulgación N° 54.

Garrido, R.H. 1994. Determinación de las pérdidas en el proceso de hilerado y recolección de un cultivo de alpiste (*Phalaris canariensis* L) Tesis, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata.

Guía de Productos Fitosanitarios para la República Argentina (2011). Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes. Buenos Aires. 1976 p.

Guide to Crop Protection (2013). Saskatchewan Ministry of Agriculture, Canada. 524 p.

Holt N.W. and Hunter J. H. (1987). Annual Canarygrass (*Phalaris canariensis*) tolerance and weed control following herbicide application. Weed Science. 35: 673-677.

Holt, N.W. (1989). Effects of Row Spacing and Seeding Rate on the Agronomic Performance of Annual Canarygrass. Canadian Journal of Plant Science 69: 1193-8.

Juan, V.F.; Monterroso, L.; Cogliatti, M.; Dalla Valle, H.; Bongiorno, F.y Rogers, W.J. (2004). Control de escaldadura causada por *Rhynchosporium secalis* en cultivo de alpiste. VI Congreso Nacional de Trigo. IV Simposio Nacional de Cultivos de Siembra Otoño-Invernal, Bahía Blanca. Buenos Aires. Libro de Actas: 361-362.

May, W.E.; Lafond, G.P.; Gan, Y.T.; Hucl, P.; Holzapfel, C.B.; Johnston, A.M. and Stevenson, C. (2012a). Yield variability in *Phalaris canariensis* L. due to seeding date, seeding rate and nitrogen fertilizer. Canadian Journal of Plant Science. 92: 651_669.

May, W.E; Malhi, S.S.; Holzapfel, C.B.; Nybo, B. X.; Schoenau, J. and Lafond, G. P. (2012b). The effects of potassium and chloride nutrition on seed yield of annual canarygrass. Agronomy Journal 104 (4) 2012-1023.

Mc Vicar, R.S.; Hartley, C.; Brenzil, P.; Panchuk, K.; Hucl, P. and May, B. (2002). Canaryseed in Saskatchewan. Farm Facts, Saskatchewan Agriculture and Food. ISSN 0840-9447 0057.

Mc Vicar, R.S.; Hartley, C.; Brenzil, P.; Panchuk, K.; Hucl, P. and May, B. (2012). Crop Overview: Canaryseed Government of Saskatchewan. Disponible en: <http://www.agriculture.gov.sk.ca/default.aspx?dn=b3b1fd99-df9c-4da2-bd0e-6342bdef9e69>. (fecha de acceso 05/12/2012).

Miller, P.R. (2000). Effect of varying seeding date on crop development, yield, and yield components in canarygrass. *Canadian Journal of Plant Science* 80: 83-86.

Monterroso, L.; Juan, V.F.; Cogliatti, M.y Rogers, W.J. (2004). Escaldadura en alpiste, nueva enfermedad detectada en la zona Centro de la Provincia de Buenos Aires. VI Congreso Nacional de Trigo. IV Simposio Nacional de Cultivos de Siembra Otoño-Invernal, Bahía Blanca. Buenos Aires. Libro de Actas: 367-368.

Norton, R.M. and Ford, J.F. (2002). Canaryseed: Industry Development for South-Eastern Australia. A report for de Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Publication N° 01/178.

Palmieri, G.; Bodega, J.L.; Pereyra Iraola, M.M. (2008). Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y sus componentes en alpiste (*Phalaris canariensis* L.). VII Congreso Nacional de Trigo, V Simposio Nacional de Cereales de siembra Otoño-Invernal y I Encuentro del Mercosur, EEA Anguil. Santa Rosa, La Pampa. Universidad Nacional de La Pampa. Argentina. p. S 29.

Pascale, A.J. y Giordano, H.J. (1962). Características bioclimáticas que determinan la época de siembra del alpiste. *Revista Facultad de Agronomía y Veterinaria*, T. XV (2): 30-52.

Pedraza, M.y Pérez, B.A. (2010). Enfermedades de *Phalaris canariensis* L. (alpiste). Atlas Fitopatológico Argentino (Eds. Nome S.F.; Docampo D.M.; Conci L.R.y Pérez B.A. Córdoba, Argentina. Disponible en: <http://www.fitopatoatlas.org.ar/default.asp?hospedante=1038>. (fecha de acceso 10/10/2012).

Putnam, D.H.; Oelke, E.A.; Oplinger, E.S.; Doll, J.D. and Peters, J.B. (1990). Annual Canarygrass. *Alternative Field Crops Manual*, University of Wisconsin, University of Minnesota. Disponible en: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/cangrass.html>. (fecha de acceso 01/10/2012).

Putnam, D.H.; Miller, P.R. and Hucl, P. (1996). Potential for production and utilization of annual canarygrass. *Cereal Food World* 41: 75-83.

Saini E.D. (2008). Insectos Perjudiciales a los Cereales de Invierno y sus Enemigos Naturales. Publicación del Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola N° 10. 1°Ed. ISSN: 1514-7967. INTA, 56 p.

DINÁMICA DEL DESARROLLO Y GENERACIÓN DEL RENDIMIENTO EN ALPISTE

José L. Bodega, Manuel de Dios y Miguel M. Pereyra Iraola

V.1- Desarrollo fenológico del cultivo

V.1.1- Ciclo ontogénico

V.1.1.1- Siembra-emergencia

V.1.1.2- Emergencia - inicio del macollaje (Premacollaje)

V.1.1.3- Inicio de macollaje - comienzo de elongación del tallo (Macollaje)

V.1.1.4- Elongación del tallo - panojamiento

V.1.1.5- Llenado de los granos

V.1.2- Relaciones entre la morfología externa de la planta y el ápice de crecimiento

V.2- Determinación del rendimiento

V.2.1- Comparación entre el alpiste y el trigo

V.2.1.1- Intercepción de radiación

V.2.1.2- Producción de biomasa

V.2.1.3- Eficiencia de conversión

V.3- Rendimiento de granos y componentes

V.4- Aspectos a tener en cuenta para mejorar el rendimiento potencial de los cultivares de alpiste

V.5- Referencias

V.1- Desarrollo fenológico del cultivo

Sabemos que el máximo rendimiento que puede obtenerse con un cultivo en un ambiente dado, depende de la medida en que el ciclo ontogénico del mismo asegure: a) la máxima coincidencia entre la demanda de recursos del cultivo y la oferta ambiental del lugar, y b) la mínima probabilidad de ocurrencia de estreses severos en los períodos más críticos para la determinación del rendimiento de granos. En este marco, es importante conocer los factores ambientales que regulan el desarrollo ontogénico del cultivo y la duración de las distintas etapas, según momentos de siembra, como primer paso para establecer la adaptabilidad del cultivo a un determinado ambiente.

En este capítulo se describen las distintas etapas del crecimiento y el desarrollo del cultivo de alpiste, para poder analizar los procesos y mecanismos determinantes del crecimiento y el rendimiento, en interacción con el ambiente.

V.1.1- Ciclo ontogénico del cultivo

La descripción de los estados ontogénicos, externos e internos, puede ser realizada mediante el uso de diferentes escalas, que permiten tener una referencia precisa de las diferentes etapas del desarrollo por las que atraviesa el cultivo.

Al igual que para otros cereales de invierno, la escala de Zadoks (Zadoks *et al.*, 1974) es la más utilizada para describir los estados morfológicos externos del cultivo. Estos estados involucran algunos procesos de desarrollo y otros de crecimiento. Esa distinción debe ser tomada en cuenta cuando se analizan los estados y procesos de desarrollo y los factores que los regulan y modifican. Además, existen otras escalas que permiten describir atributos del desarrollo en órganos específicos. La escala de Gardner (Gardner *et al.*, 1985), puede ser utilizada para describir la evolución del desarrollo en el ápice de crecimiento

La escala de Zadoks divide el ciclo del cultivo en 10 etapas principales; las cuales a su vez se subdividen en 10 etapas secundarias (Tabla 1).

Tabla 1: Estados principales descriptos en la escala de Zadoks et al. (1974)

0. Germinación	5. Emergencia de la inflorescencia
1. Crecimiento de la plántula	6. Antesis
2. Macollaje	7. Hasta grano lechoso
3. Elongación del tallo	8. Desde grano lechoso a pastoso
4. Pre-emergencia de la inflorescencia	9. Madurez

Si bien la propuesta de Zadoks presenta un alto grado de detalle en algunas etapas, esta clasificación no se aleja de aquella escala simplificada y utilizada en muchas situaciones, en donde no se necesita un alto grado de detalle para realizar el análisis, y que considera que el ciclo ontogénico de los cereales puede dividirse en tres grandes etapas (I) vegetativa, (II) reproductiva y (III) llenado de granos. En alpiste comúnmente se consideran las siguientes 5 etapas: (I) siembra a emergencia; (II) emergencia a inicio del macollaje; (III) inicio del macollaje a comienzo de elongación del tallo; (IV) comienzo de elongación del tallo a antesis y (V) llenado de granos (Figura 1). A continuación se describen las distintas etapas del cultivo, analizando los cambios externos e internos (a nivel del ápice de crecimiento).

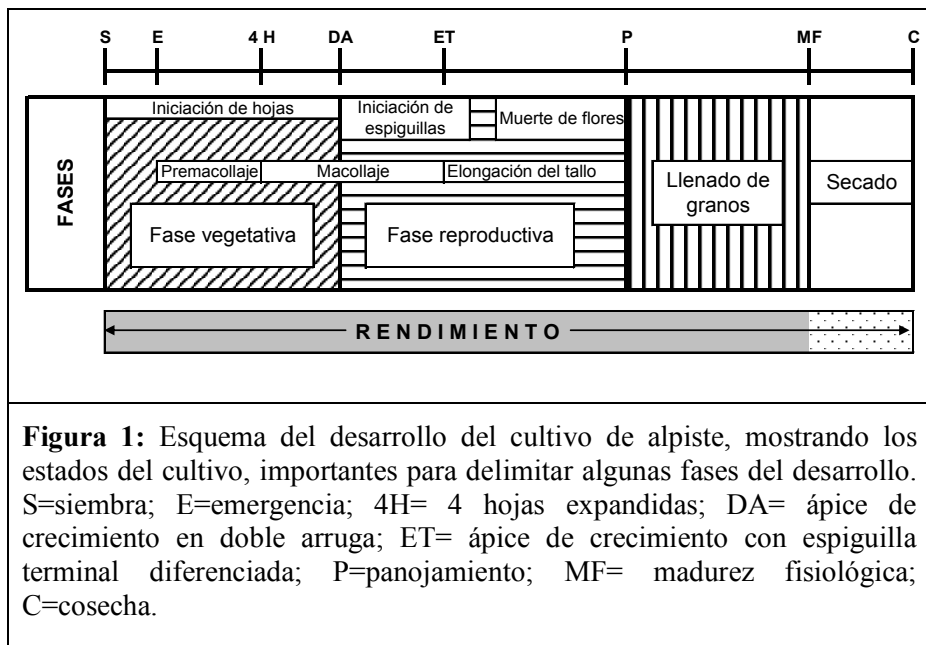


Figura 1: Esquema del desarrollo del cultivo de alpiste, mostrando los estados del cultivo, importantes para delimitar algunas fases del desarrollo. S=siembra; E=emergencia; 4H= 4 hojas expandidas; DA= ápice de crecimiento en doble arruga; ET= ápice de crecimiento con espiguilla terminal diferenciada; P=panojamiento; MF= madurez fisiológica; C=cosecha.

V.1.1.1- Siembra- emergencia

Durante esta primera etapa, y una vez que la semilla entra en contacto con el suelo en óptimas condiciones de humedad, temperatura y aireación, comienza el proceso de germinación. Lo primero que ocurre es la imbibición de la semilla. Con posterioridad y dependiendo de la rapidez con que el agua ingrese a la misma, se observa la primera manifestación de la germinación, que es la aparición de la radícula, la cual es seguida por el crecimiento de la plúmula en sentido contrario.

Luego de iniciado el proceso de germinación, comienza la elongación del mesocótilo, que es el encargado de llevar al coleóptilo (hoja modificada que protege a la primera hoja verdadera) hacia la superficie del suelo. Una vez que el coleóptilo se encuentra en la superficie del suelo y detecta la luz solar, y en particular una determinada calidad de luz (dada por la relación rojo: rojo lejano) el mesocótilo deja de crecer y la primer hoja verdadera emerge rompiendo la protección que fue brindada por el coleóptilo, que en alpiste, a diferencia de trigo, cebada y avena, es de color rojo.

Esta respuesta, al igual que en otros cereales, forma parte de un sistema de control por el cual la plántula puede ajustar su patrón de crecimiento compensando variaciones en la profundidad de siembra y haciendo que el nudo de macollaje (que se encuentra entre el coleóptilo y el mesocótilo) se forme inmediatamente por debajo de la superficie del suelo, independientemente de la profundidad de siembra utilizada.

El embrión de la semilla de alpiste cuenta con 3 o 4 hojas preformadas. A partir de la imbibición de la semilla se inicia en el ápice un proceso de iniciación foliar, el cual continuará hasta el momento del cambio de estado del ápice, de vegetativo a reproductivo, el cual se conoce como estado de *doble lomo* o *doble arruga*, debido a su aspecto.

Si bien en trigo la longitud potencial del mesocótilo tiene relación con las características varietales, en alpiste no se conocen estudios que muestren, en forma comparativa, las diferencias en longitudes de mesocótilos entre genotipos.

Para que se produzca una emergencia rápida y uniforme es importante: (I) la disponibilidad de agua en el suelo a la profundidad de siembra, para que se pueda lograr rápidamente el proceso de imbibición de las semillas, (II) una profundidad de siembra óptima para evitar que se prolongue el proceso de emergencia, (III) una adecuada temperatura del suelo, ya que temperaturas muy frías demoraran la emergencia de las plántulas, dejando expuestas las semillas a posibles ataques de plagas y enfermedades, y (IV) una buena aireación del suelo, puesto que suelos muy compactados además de ofrecer una alta resistencia física a la emergencia, pueden inhibir o retrasar el proceso de la germinación por falta de oxígeno.

En condiciones adecuadas de humedad y aireación, la temperatura del suelo es el factor que regula la duración de esta etapa. Algunos trabajos (Porter *et. al.*, 1987; Baker y Gallagher, 1983) consideran que podría utilizarse la temperatura del aire para evaluar los efectos de la temperatura sobre la velocidad de esta etapa, ya que en general no difieren demasiado una de la otra. Campolietto *et al.*, (2003) y Campolietto (2006) evaluando las duraciones de esta etapa en siembras desde marzo a octubre en Balcarce, encontraron duraciones que oscilaron entre los 8 días, para las siembras de marzo y valores extremos de 42 días para las siembras de junio (las bajas temperaturas

registradas, en el año de realización del trabajo, fueron las responsables de este resultado). En ese trabajo, la temperatura media del suelo a 5 cm de profundidad (rango 8 °C a 20,2 °C) se asoció estrechamente con la temperatura media del aire, que osciló entre 6,4 °C y 18,3 °C , y respondió a la función $y = -0,1925 + 1,0936 x$ (x =temperatura media del aire) ($R^2 = 0,98$). La velocidad de desarrollo para la fase siembra-emergencia (inversa de la duración en días de la etapa) se asoció linealmente tanto con la temperatura media del suelo como con la temperatura media del aire (Figura 2). La temperatura base estimada, entendida como la temperatura en la que la tasa de desarrollo es cero, fue de 1,8 °C (promedio para ambas situaciones), mientras que la suma térmica (ST), expresada en grados día (°C), requerida para que se produzca la emergencia fue superior cuando se utilizaron las temperaturas de suelo (ST= 141 °Cd) que cuando se utilizaron las temperaturas promedios del aire (ST= 130 °C).

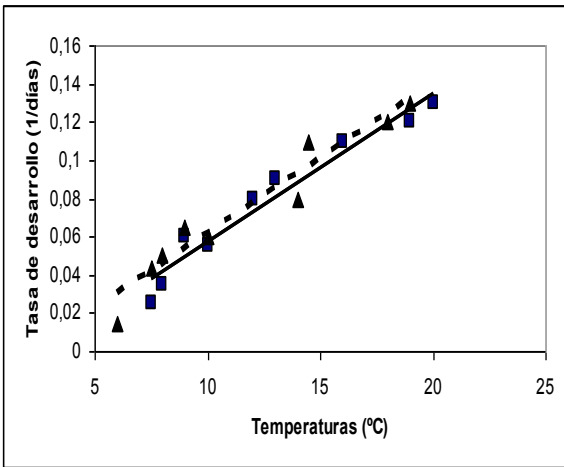


Figura 2: Relación entre la tasa de desarrollo (1/días) desde siembra a emergencia y la temperatura media del aire (°C), (▲) y del suelo (°C) (■). Ajuste por regresión lineal para la tasa de desarrollo en función de la temperatura media del aire (- -) ($y = 0,0077x - 0,0141$; $R^2 = 0,9$) y de la temperatura media del suelo a 5 cm (—) ($y = 0,0071x - 0,013$; $R^2 = 0,89$).

V.1.1.2- Emergencia a inicio de macollaje (premacollaje)

Esta etapa se extiende desde la aparición de la primera hoja a través del coleóptilo hasta la emergencia de la cuarta hoja. Desde la visualización de la primera hoja sobre la superficie del suelo, las restantes aparecen con cierta regularidad a intervalos de alrededor de 150 °Cd, valor que supera al mencionado por Slafer *et al.* (2003) para el cultivo de trigo, que es de 100 °Cd., con similar temperatura base (0 °C). El alpiste registra, hasta el estado de cuatro hojas, un lento crecimiento, característica que lo diferencia del trigo y que lo convierte en un cultivo poco competitivo ante las malezas. Probablemente, haya sido esta la razón por la que en los primeros catálogos del cultivo de alpiste en la Argentina se recomendaban altas densidades de siembra (1000 semillas m⁻²) (Serrano y Madaloni, 1964; Naya, 2006; Palmieri, 2008) con el propósito de cubrir con más plantas el lento crecimiento inicial. Con la aparición de la cuarta hoja comienzan a desarrollarse las raíces nodales que reemplazan en importancia a las raíces seminales.

V.1.1.3- Inicio de macollaje – comienzo de elongación del tallo (macollaje)

Esta etapa se extiende desde el estado de cuatro hojas desarrolladas hasta el comienzo de la encañazón (cuando se detecta un nudo sobre el eje principal). En este período se observa una coordinación entre la aparición de los macollos y de las hojas, ya que por cada hoja emergida aparecerá un nuevo macollo primario. Una vez que cada macollo primario logra un número de hojas cercano a 4, aparecerá un macollo secundario en la axila de la hoja más vieja, el que repite el proceso. De este modo, en la misma planta se pueden encontrar macollos primarios, secundarios y terciarios, en la medida que la densidad de plantas del cultivo sea lo suficientemente baja como para permitir la formación de los distintos órdenes de macollos. La producción de macollos continúa durante un período de tiempo cuya duración va a depender del momento de siembra (Figura 3). El macollaje finaliza con el comienzo de la elongación del tallo

(encañazón), momento en que queda establecido el número total de macollos que pueden formarse. El cese de la producción de macollos está vinculado con un cambio en los destinos de asimilados dentro de la planta, ya que estos son derivados hacia el tallo como destino principal durante la fase de elongación.

A nivel interno, el ápice meristemático, que dará origen a la futura panoja, ha realizado un cambio muy importante pasando del estado vegetativo al reproductivo. Aunque no se ha podido establecer con precisión el momento exacto en que esto se produce, la manifestación inmediatamente posterior se visualiza cuando el ápice se presenta con el estado conocido como de *doble arruga* o *doble lomo*. En este punto, queda definido el número potencial de hojas que tendrá la planta. A partir de ese momento, ubicado en algún punto del período de macollaje, el ápice de crecimiento deja de formar primordios de hojas para formar los primordios de espiguillas y primordios de flores.

Este proceso continúa hasta el comienzo de la elongación del tallo (encañazón) o final del período de macollaje. En este estadio quedan definidos el número potencial de macollos y el número potencial de espiguillas y flores de la panoja, aunque la diferenciación de las mismas suele continuar durante las primeras etapas de elongación del tallo.

Como se puede observar en la Figura 3, en las condiciones de cultivo de Balcarce (Capolietto, 2006) el cambio del ápice del estado vegetativo (producción de primordios foliares) a reproductivo (producción de primordios florales) ocurre en distintos momentos del año según la época de siembra. La duración del período que va desde emergencia hasta el estadio de doble arruga presentó una variación comprendida entre 26 días para la fecha de siembra de octubre y 89 días para la fecha de siembra de fines de abril.

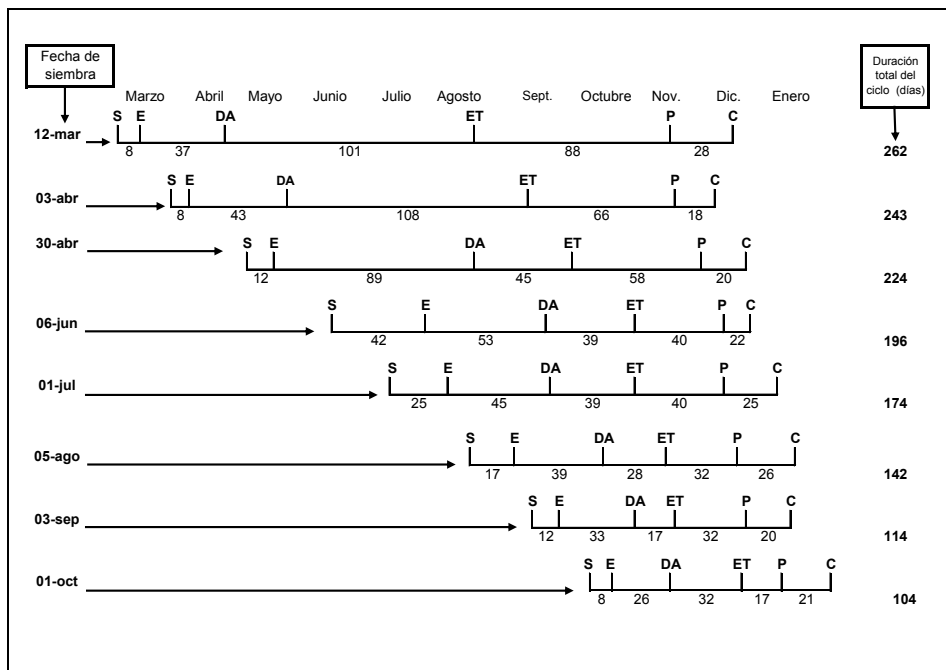


Figura 3: Momento de ocurrencia y duración de los estados fenológicos del cultivo de alpiste. S=siembra; E=emergencia; DA=ápice de crecimiento en doble arruga; ET=ápice de crecimiento con espiguilla terminal diferenciada; P=panojamiento; C=cosecha.

El alpiste es una planta cuantitativa de día largo, con un bajo requerimiento en horas de frío (Pascale y Giordano, 1962; Bodega *et al.*, 2003b; Campolietto, 2006). La duración del período comprendido entre la emergencia y el cambio en el ápice de crecimiento, se reduce por la exposición a días largos. En general, y con una cierta dispersión de los datos correspondientes a las fechas de siembra de marzo y principios de abril, donde al emerger el cultivo se encuentra con fotoperíodos fuertemente inductivos (fotoperíodos de 13,3 horas en marzo y de 12,1 horas en abril), se produce un acortamiento marcado en la duración de la etapa, con una pendiente de $-321,3^{\circ}\text{C}$, por cada aumento de una hora en el fotoperíodo. Este acortamiento tiene lugar hasta valores de fotoperíodo de 11,7 horas. A partir de ese umbral, los fotoperíodos en aumento ya no modifican la duración y la aparición de la *doble arruga*

sobre el ápice de crecimiento se produce cuando el cultivo acumula una suma térmica de 458 °C (Temperatura base= 0 °C), (Figura 4).

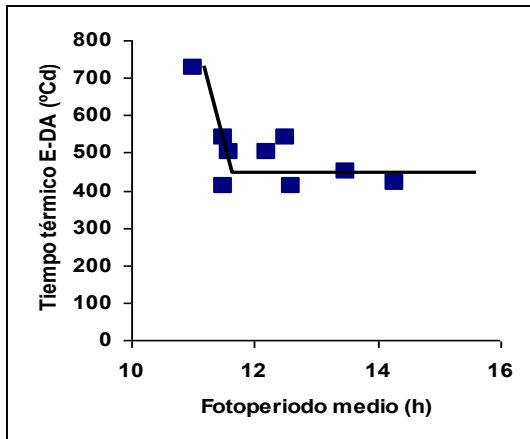


Figura 4: Relación entre el fotoperiodo medio y el tiempo térmico comprendido entre la emergencia y el estado de doble arruga en el ápice de crecimiento, expresado en grados días (°Cd). Umbrales críticos: tiempo térmico 458 °Cd (Tb=0 °C) y fotoperiodo 11,7 horas (Campolietto, 2006)

El período desde *doble arruga* hasta el estado de espiguilla terminal diferenciada (final del período de macollaje) presentó una duración comprendida entre 17 días para la fecha de siembra de septiembre y 101 días para la fecha de siembra de fines de abril (Figura 3). En la Figura 5 se observa que para la mayoría de las fechas de siembra la etapa se completaría con una suma térmica de aproximadamente 5010 °C (Tb=0), dentro de un rango de fotoperíodos comprendidos entre los 11,2 y 16 horas. Esta respuesta puede indicar que la duración de la etapa, estaría controlada principalmente por la temperatura, independientemente del fotoperiodo.

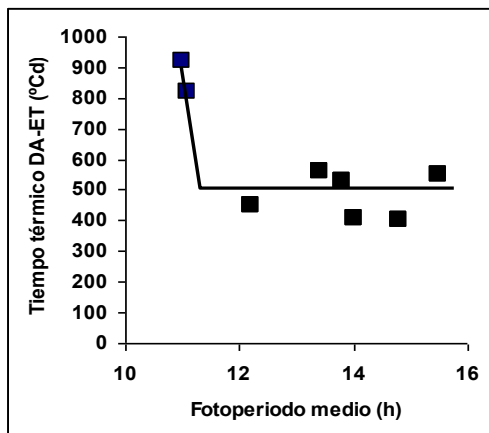


Figura 5: Relación entre el fotoperíodo medio y el tiempo térmico comprendido entre los estados de doble arruga y espiguilla terminal diferenciada, expresado en grados días ($^{\circ}\text{Cd}$). Umbrales críticos: tiempo térmico $501\text{ }^{\circ}\text{C}(\text{Tb}=0^{\circ}\text{C})$ y fotoperíodo 11,2 horas.

V.1.1.4- Elongación del tallo - panojamiento

Esta etapa se inicia cuando se detecta, al tacto, un nudo en la base del tallo, indicando el comienzo de encañazón que finaliza con posterioridad a antesis, cuando los tallos completan su alargamiento. En coincidencia con el proceso de elongación del tallo, cesa la producción de macollos y estos comienzan a morir, hasta estabilizarse en el número que el ambiente puede sostener. La muerte de los macollos se va produciendo en sentido inverso al de su formación y continua hasta antesis, momento en que queda definido el número de panojas que el cultivo va a tener. En alpiste, a diferencia de trigo, el \$eje principal mantiene una fuerte dominancia sobre el resto de los macollos, siendo el primero en panojar y produciendo panojas de mayor tamaño (Bodega *et al.*, 2010).

En el comienzo de esta etapa, la planta toma un porte erecto y la panoja se ubica en la base del tallo (equivalente a lo que conocemos en trigo como espiga a 1 cm del nudo de macollaje), tiene todas las estructuras florales de la panoja en antesis, pero su peso seco es muy bajo, alrededor del 0,5% del que tendrá en antesis. A partir del alargamiento del primer entrenudo, cada entrenudo siguiente se alarga más que el anterior modificando sustancialmente la arquitectura del canopeo. En alpiste, según el momento de siembra, es factible observar entre 6 a 7

entrenudos. Los tres últimos (el pedúnculo y los dos inmediatos inferiores) representan alrededor del 70% de la altura total del tallo.

Una vez emergida la última hoja del tallo, denominada hoja bandera, que en el caso del alpiste presenta un área significativamente inferior con relación al resto de las hojas emergidas (Tabla 2) la planta alcanza su máximo valor de área foliar. En ese momento la panoja se encuentra en la base de la vaina de la hoja bandera, a ese estado se lo reconoce como de preemergencia de la inflorescencia, estado de bota o vaina engrosada. Con posterioridad, y producto del alargamiento de los entrenudos, la panoja emerge por encima de la hoja bandera (Zadoks 59), en ese momento comienza la antesis, progresando desde las espiguillas del extremo superior de la panoja hacia las basales. El período de antesis se puede prolongar por un tiempo de alrededor de 20 días o más (Bodega *et al.*, 2008). Aunque sigue aproximadamente una distribución normal, los máximos porcentajes de antesis (10 a 15% diarios) se registran en la mitad de ese período.

Tabla 2: Área foliar de láminas de hojas inferiores (HI), de hoja bandera (HB), de hoja anterior a hoja bandera (HB-1); tallos y vainas (T+V), panojas, espigas, expresadas como porcentaje del total por planta (100%), en cultivos de alpiste y trigo situados en el mismo lote a una densidad de 552 tallos m⁻² (alpiste) y 620 tallos m² (trigo), en Balcarce. Datos facilitados por Bodega J.L. (no publicados).

	H.I(%)	HB (%)	HB -1	T+V	Nº Panojas o Espigas	Área foliar / planta (%)
Alpiste	47	4	8	34	7	100
Trigo	23	20	16	29	12	100

Los estados de preemergencia de la inflorescencia, emergencia, antesis y los 20 días posteriores a la misma, son muy importantes en la determinación del rendimiento del cultivo. Lo ideal es que el panojamiento ocurra con buenas condiciones de humedad, temperatura y radiación. Con respecto a temperaturas, la época de siembra se debe

elegir para que estos eventos ocurran con temperaturas templadas pero fuera del período con peligro de heladas tardías. En Balcarce, asumiendo un riesgo de heladas (temperaturas mínimas de 0 °C) menores al 10%, el panojamiento no debiera ocurrir antes del 5 de noviembre. En la figura 3 se observa que con emergencias posteriores a mediados de abril el panojamiento ocurre con posterioridad a la fecha mencionada. En cambio las siembras muy adelantadas de mediados de marzo pueden tener mayores probabilidades de daño por heladas.

La duración de la etapa que va desde que en el ápice de crecimiento se define la espiguilla terminal hasta panojamiento, presentó una variación comprendida entre los 17 días para la fecha de siembra de octubre y los 88 días para la fecha de siembra de mediados de marzo (Figura 3). Según Campolietto (2006), los fotoperíodos en aumento hasta las 15 horas producen un acortamiento en la duración de la misma a una tasa de 264,6 °Cd por hora de aumento en el fotoperíodo. Con posterioridad los aumentos de fotoperíodo no producen un acortamiento de la etapa, la que se completa cuando el cultivo acumula 173,6 °Cd. (Figura 6).

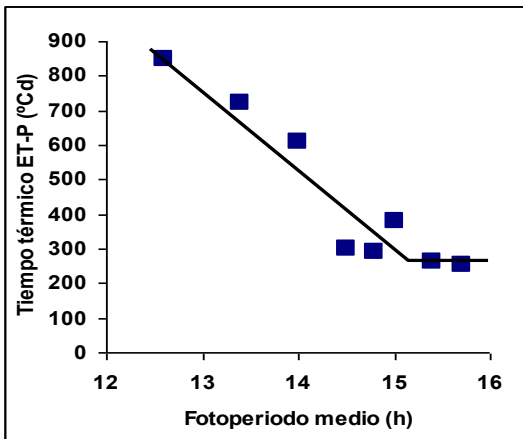


Figura 6: Relación entre el fotoperíodo medio y el tiempo térmico comprendido entre la diferenciación de la espiguilla terminal en el ápice de crecimiento y el panojamiento expresado en grados días (°Cd). Umbrales críticos: tiempo térmico 264,6 °Cd (Tb=0°C) y fotoperíodo de 15,2 horas.

En síntesis se puede observar que el alpiste tienen sensibilidad fotoperiódica con diferentes umbrales según la etapa del desarrollo que se considere: emergencia a doble arruga (11,7 h), doble arruga a espiguilla terminal (11,2 h) y desde espiguilla terminal a panojamiento (anthesis) (15 h). Si bien estos umbrales difieren con los mencionados

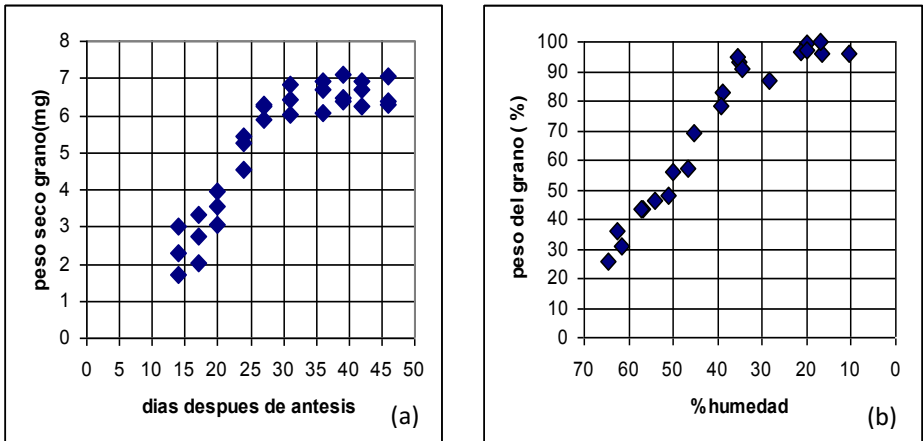
por Bodega et al.,(2003) (11,5 h) se debe tener en cuenta que los autores, en el trabajo mencionado, consideraron el período desde emergencia a panojamiento, no obstante el mayor contraste surge cuando lo comparamos con los resultados de Cooper y Calde (1963) quienes afirman que *Phalaris canariensis* y *Phalaris minor* son insensibles al fotoperíodo.

V.1.1.5- Llenado de los granos

Entre la antesis y la madurez fisiológica del cultivo, se produce el llenado de los granos, que va acompañado por senescencia foliar progresiva. El llenado de granos, en su fase inicial, produce el cuaje de las flores a granos y de esta forma queda definido el número de granos por panoja. Si bien en esta etapa los granos crecen a una tasa muy lenta, es considerada una fase crítica, ya que en este momento se produce la multiplicación de las células endospermáticas y cualquier efecto adverso puede disminuir sensiblemente el número de granos y el rendimiento (Xhardez, 2006). Esta fase inicial tiene una duración aproximada de 14 días y las envolturas florales (lemma y palea) llegan a su máximo peso seco. A continuación comienza la etapa de llenado efectivo de los granos, en donde se pueden distinguir los siguientes estados: (I) grano acuoso, cuando al presionar el grano sale un líquido acuoso, (II) grano lechoso, cuando al presionar el granos sale de ellos un líquido blanquecino, poseen aproximadamente el 50% del peso final y alcanzan el máximo contenido hídrico y (III) grano pastoso, cuando el grano comienza a perder su tonalidad verdosa y comienza a amarillarse, adquiere más consistencia de modo tal que bajo presión libera una sustancia pastosa y su contenido hídrico comienza a descender. Con posterioridad se alcanza la madurez fisiológica, en este momento el grano llegan a su máximo tamaño y cesa la acumulación de materia seca. En este estado el cultivo presenta, en promedio, un 60% de las panojas y pedúnculos de color amarillento. Las hojas ya se han secado y un 50% de las semillas ya presenta el color amarillo característico del cultivo con un porcentaje de

humedad comprendido entre el 20 y 25% Zarate (2010 a,b) (Figuras 7 a,b). Después de madurez fisiológica, la pérdida de humedad de los granos continúa a una tasa relativamente constante, llegando a la humedad comercial ($\leq 14\%$) entre 10 a 15 días, dependiendo de las condiciones de humedad y temperatura del ambiente. El período entre antesis y madurez fisiológica tiene una duración comprendida entre los 20 y 30 días, con un requerimiento térmico que oscila entre $496\text{ }^{\circ}\text{Cd}$ y $615\text{ }^{\circ}\text{Cd}$ (Temperatura base= $0\text{ }^{\circ}\text{C}$). El fotoperíodo no tiene efectos sobre la duración de esta etapa.

Figura 7: (a) evolución del peso seco del grano de alpiste en función del tiempo, en días, desde antesis y (b) evolución del peso seco del grano expresado como porcentaje del peso final del grano en madurez (100%) en relación con el porcentaje de humedad del grano.



En condiciones normales la principal fuente de asimilados para el llenado de los granos es la fotosíntesis posantesis. Aunque no se cuenta con datos de experimentos que muestren la contribución relativa de las reservas de pre antesis en el llenado de granos, los trabajos de Xhardez (2006) con defoliaciones parciales y totales (Tabla 3) realizadas en pre-panojamiento, panojamiento y post-panojamiento, muestran la importancia relativa que tienen las hojas inferiores en relación con las dos dos hojas superiores (hoja bandera y anterior) en el rendimiento de granos. Excepto la pérdida de la hoja bandera y anterior el resto de las defoliaciones tuvo efectos importantes sobre el rendimiento de granos

como consecuencia de cambios en el número de granos m^{-2} pero sin efectos sobre el peso de las semillas, que oscilaron para todos los tratamientos entre 7,1 y 7,4 g los mil granos. El efecto nulo de la defoliación sobre el peso de los granos pareciera estar indicando que la reducción en el número de granos, que experimentaron los tratamientos defoliados, guardó relación con la capacidad fotosintética remanente del cultivo para llenarlos.

Tabla 3: Efecto sobre el rendimiento de semillas de alpiste del corte de las láminas de de la hoja bandera y anterior (LHB+1), láminas de las hojas inferiores (LHI) y total de láminas (TL) en los momentos de: pre panojamiento, panojamiento y pos panojamiento (Xhardez, 2006).

	Rendimiento de semillas $kg\ ha^{-1}$			
	Corte de láminas			
Momentos	Testigo	LHB+ 1	LHI	TL
Pre Panojamiento	1627,2	1603,4	1398,2	958,7
Panojamiento	1627,2	1542,3	1245,3	1024,4
Pos Panojamiento	1627,2	1557,0	1368,6	1269,9

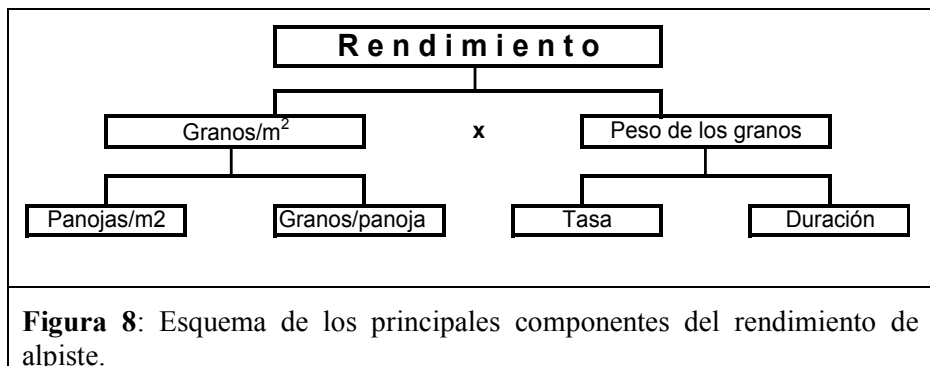
Diferencia mínima significativa 132,3 $kg\ ha^{-1}$ para comparar valores de rendimiento dentro del mismo momento de defoliación. ($P < 0.05$).

V.1.2- Relación entre la morfología externa de la planta y el ápice de crecimiento

Si bien se reconoce que no es exacto determinar el estado del ápice de crecimiento a través del aspecto externo de la planta (número de hojas, número de macollos, altura del pseudotallo, etc.), el trabajo de Campolietto *et al.* (2004) muestra una correlación interesante de la ocurrencia de los dos principales estados del ápice de crecimiento (doble arruga y espiguilla terminal) y la morfología externa de las plantas de alpiste. Los autores observaron que el estado de doble arruga se daba con el ápice de crecimiento ubicado a nivel de la superficie del suelo y con apenas 0,5 mm de largo, momento en que las plantas presentaban una altura de pseudotallos de 5 cm (medido desde la base de donde cambia de color de blanco a verde hasta la última lígula desarrollada). Asimismo, cuando el ápice se encontraba en el estado de espiguilla terminal presentaba 2 mm de longitud y se encontraba ubicado entre los 8 y 10 cm por encima de la superficie del suelo, momento en que las plantas poseían de 6 a 8 hojas, frecuentemente se detectaba un nudo y la altura de pseudotallos era de alrededor de 15-20 cm.

V.2- Determinación del rendimiento

Como en otros cultivos para grano, el rendimiento de alpiste puede expresarse como el producto de sus dos componentes numéricos principales: el número de granos por unidad de área y el peso individual de los granos. A su vez, cada uno de los componentes principales del rendimiento puede ser desagregado en otros sub componentes (Figura 8).



El número de granos por unidad de superficie es el principal componente en la determinación del rendimiento. Los trabajos realizados (Bodega *et al.* 1995, 2003a, Bodega, 2005, Cogliatti *et al.*, 2011) demuestran que tanto las poblaciones locales como los cultivares introducidos presentan una estrategia similar para definir el rendimiento. En todos los casos las variaciones de rendimiento siempre estuvieron asociadas con un cambio en el número de semillas por m², sin modificaciones importantes en el peso de los granos.

El número de granos por unidad de superficie es un componente complejo, que incluye la generación y el establecimiento de las diferentes estructuras reproductivas. La importancia relativa de las distintas etapas en la fijación de los granos (morfogénesis, fecundación, y primeras etapas de llenado de granos) dependen de la especie (Abatte *et al.*, 1998; Andrade and Sadras, 2000). Aunque en alpiste no se cuenta con bibliografía que ilustre cuál es la importancia relativa de la generación y la supervivencia de componentes del rendimiento sobre su determinación; las observaciones del ápice de crecimiento, realizadas por Campolietto (2006), parecieran indicar que el número de flores iniciadas, hasta comienzo de encañazón, es muy superior al de los granos formados, por lo que para determinar las mejores estrategias de manejo del cultivo es necesario conocer las razones que afectan la supervivencia de flores en la etapa comprendida entre comienzo de encañazón y antesis. En este sentido, el alpiste se asemejaría al modelo conceptual de determinación del rendimiento empleado en trigo por Fischer (1985, 2007). El autor ignora cualquier influencia directa del número de primordios de flores formados sobre el número de granos y supone que las diferencias en el crecimiento temprano del cultivo son

importantes solamente si afectan la formación de hojas, de manera que no se logre una completa interceptación de la radiación en el período crítico de crecimiento de la inflorescencia. En estudios en los que se sometió el cultivo de alpiste a limitaciones (por ejemplo, sombreado) en distintos momentos del ciclo, se observó que si el sombreado se producía alrededor de floración se afectaba más que cuando se alteraba el crecimiento durante otros períodos. De esta forma se determinó que existe un período crítico para la definición del número de granos. Los resultados de Sordini (2009) y Bodega *et al.* (2010) muestran que el período crítico para la determinación del número de granos en alpiste se extiende desde fines de macollaje hasta alrededor de 22 días posteriores a antesis (duración de 76 días aproximadamente). También indican que dentro de este amplio período existe uno de menor duración, en donde los sombreados produjeron las mayores mermas de rendimiento de granos y que se extiende desde los 35 días previos a antesis (comienzo de encañazón), hasta los 22 días posteriores a antesis.

Los autores coinciden en que la supervivencia de flores está en relación directa con la disponibilidad de carbohidratos destinados a la espiga durante el período crítico. Cualquier limitante en la disponibilidad de recursos para el cultivo (agua, nutrientes, radiación, etc.) en dicha etapa, se traducirá en una reducción importante del peso seco de las panojas, del número de granos por m² y finalmente del rendimiento en granos.

En este contexto, el rendimiento de grano del cultivo de alpiste dependerá de: (a) el estado del cultivo al momento de iniciar el período crítico y (b) las condiciones ambientales que disponga durante este período.

Las prácticas de manejo del cultivo deberán asegurar que este llegue al comienzo de la etapa crítica para la determinación del rendimiento con un adecuado número de plantas y un crecimiento foliar que le permitan interceptar el 95% de la radiación solar incidente y que las plagas, malezas y enfermedades no afecten su producción fotosintética.

Siendo que la radiación afecta lineal y positivamente el número de granos a través de la tasa de crecimiento del cultivo, y el aumento de la temperatura lo hace negativamente, acelerando el desarrollo, ha sido posible demostrar en alpiste, al igual que en trigo, que el número de granos depende de la relación de estos factores durante el período

crítico. Fischer (1985) definió a partir de estas ideas el concepto de cociente fototermal, representado por la ecuación $Q = R/T$, donde R es la radiación solar media diaria durante ese período ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$) y T es la temperatura media menos la temperatura base ($T_b = 4,5^\circ\text{C}$), para el mismo intervalo de tiempo.

Bodega *et al.* (2010) observaron, en alpiste, un adecuado ajuste entre el número de granos y el cociente fototermal, considerando el período crítico el intervalo entre los 35 días previos a antesis hasta los 22 días posteriores a la misma. No obstante la relación se mejoró cuando consideraron el período comprendido entre los 20 días previos a antesis y los 10 días posteriores, período que coincide con el momento en que la panoja acumula alrededor del 90% de la materia seca acumulada hasta antesis.

Este período tendría una extensión de $330 \text{ }^\circ\text{Cd}$ por sobre una $T_b = 4,5$ ($220 \text{ }^\circ\text{Cd}$ previos a antesis y $110 \text{ }^\circ\text{Cd}$ posteriores a antesis). Para ilustrar los aspectos cuantitativos de esta relación y obtener los rendimientos potenciales según radiación y temperatura, se puede realizar el siguiente cálculo: considerando un período crítico de $330 \text{ }^\circ\text{Cd}$ ($T_b=4,5^\circ\text{C}$) y un cociente fototermal, para la fecha normal de antesis de alpiste en Balcarce de $0,93 \text{ Mj m}^{-2} \text{ }^\circ\text{Cd}^{-1}$ (variable de acuerdo con los años) obtenemos $306,9 \text{ Mj m}^{-2}$. Como el cultivo crece con una eficiencia de uso de la radiación a una tasa promedio de $2,2 \text{ g Mj}^{-1}$, los $306,9 \text{ Mj m}^{-2}$ se corresponden con $675,2 \text{ g m}^{-2}$ de materia seca para este período. Si de este total se considera una partición a la panoja del 29%, se obtendrán 227 g de materia seca de panoja en antesis, que con un coeficiente de fertilidad de 250 semillas por gramo de panoja arrojaría 48951 semillas por m^{-2} . Considerando un peso de mil semillas de $6,1 \text{ g}$ se obtiene un rendimiento de 2996 kg ha^{-1} . Los valores así calculados pueden ser contrastados con los rendimientos reales obtenidos en determinados años y zonas, para hacer estimaciones de los potenciales del cultivo en esos ambientes.

V.2.1- Comparación entre alpiste y trigo

El alpiste es un cultivo de invierno con ciclo y prácticas de manejo similares a las utilizadas en trigo pan. En este apartado se

analizará comparativamente la población argentina de alpiste y un cultivar de trigo pan con genes de enanismo (Buck sureño) en lo referente al crecimiento y determinación del rendimiento, contrastando características ecofisiológicas relacionadas con la productividad.

V.2.1.1- Intercepción de radiación

La producción de biomasa por un cultivo puede ser expresada como el producto entre la cantidad de radiación incidente, la capacidad del cultivo para interceptarla y la eficiencia con la que el cultivo convierte la radiación interceptada en biomasa.

Uno de los principales objetivos del manejo de cultivos de alta producción es lograr que las hojas intercepten la mayor parte de la radiación solar incidente. Cuanto mayor es la radiación solar interceptada por un cultivo, mayor es su tasa de crecimiento. La Figura 9 (a) muestra la evolución de la intercepción de radiación fotosintéticamente activa, expresada como porcentaje de la radiación incidente, en función del tiempo a partir de la emergencia, para los cultivos de trigo y alpiste.

En las primeras etapas de desarrollo el trigo superó al alpiste en su capacidad de intercepción, debido al lento crecimiento del alpiste entre la emergencia y el estado de cuatro hojas. Si bien estas diferencias entre los dos cultivos se mantuvieron hasta el comienzo de elongación de tallos, con posterioridad el alpiste experimentó un importante crecimiento que le permitió llegar a antesis con valores de intercepción de radiación similares a los del trigo. El área foliar durante el período de llenado de semillas se mantuvo por igual período de tiempo en ambos cultivos.

La radiación fotosintéticamente activa interceptada durante la estación de crecimiento, aunque puede variar con los años y momentos de siembra, fue de 622 MJ m^{-2} y 701 MJ m^{-2} , para el alpiste y trigo, respectivamente. Lo que representó el 64% y el 71% de la radiación fotosintéticamente activa total incidente.

V.2.1.2- Producción de biomasa

La producción de biomasa, que está estrechamente relacionada con la radiación interceptada, reflejó las diferencias en los niveles de interceptación entre ambos cultivos (Figura 9 b). En antesis la producción de materia seca del trigo superaba en un 17% a la de alpiste ($965,7 \text{ g m}^{-2}$ vs. $822,5 \text{ g m}^{-2}$) y a cosecha esta diferencia fue del 26 % ($1367,5 \text{ g m}^{-2}$ y 1089 g m^{-2}).

Las tasas de crecimiento (calculadas entre los 35 días previos a antesis y los 7 días posteriores a la misma) fueron en alpiste un 18% inferiores a las de trigo, registrando valores de $20,4 \pm 1,5$ y $25,7 \pm 1,3 \text{ g MS m}^{-2} \text{ día}^{-1}$, para alpiste y trigo respectivamente.

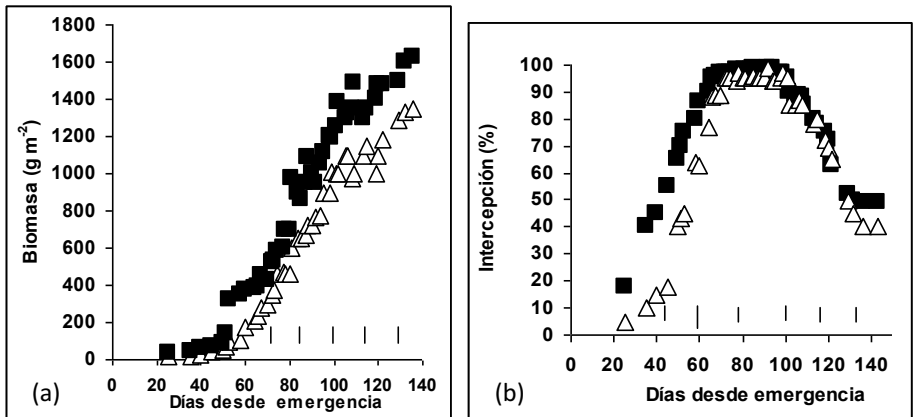


Figura 9: (a) Interceptación de la radiación y (b) biomasa acumulada en función de los días desde la emergencia para alpiste Δ y trigo \blacksquare . Las barras verticales indican los errores estándar de las medias. Valores promedios de los años 2000, 2001, 2002 y 2003, en Balcarce.

V.2.1.3- Eficiencia de conversión

La eficiencia de conversión de la radiación interceptada en biomasa aérea, fue calculada como la pendiente de la regresión entre la biomasa aérea y la radiación fotosintéticamente activa interceptada, ambas acumuladas durante la estación de crecimiento. Tanto en alpiste como en trigo, la regresión lineal de ambas variables indica que la eficiencia de conversión de la radiación interceptada en materia seca fue similar, con valores de $(2,17 \text{ g MJ}^{-1})$ (Figuras 10 a,b).

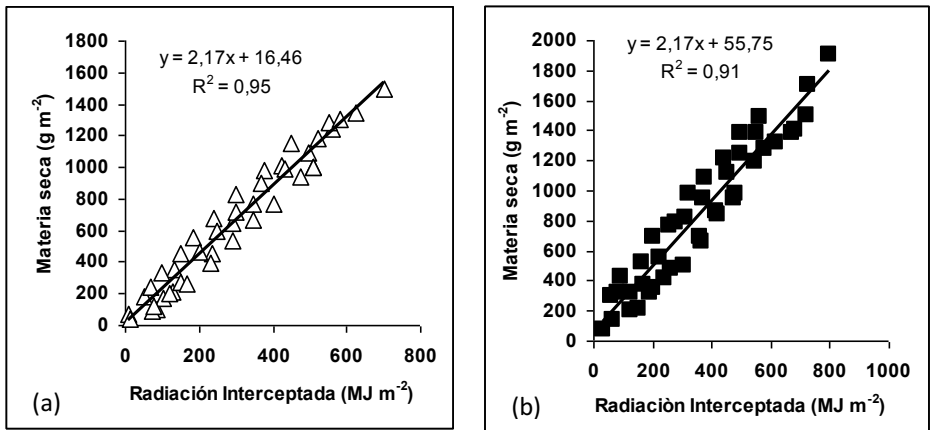


Figura 10: Eficiencia de conversión de la radiación interceptada en (a) alpiste Δ y (b) trigo \blacksquare , en Balcarce.

V.3- Rendimiento de granos y sus componentes

El rendimiento de granos del cultivo de trigo ($463,5 \text{ g m}^{-2}$, promedio de cuatro años) fue 3,5 veces superior al de alpiste ($132,7 \text{ g m}^{-2}$). En la Figura 11 se ilustra la producción total de biomasa, el rendimiento de granos y el índice de cosecha de ambos cultivos.

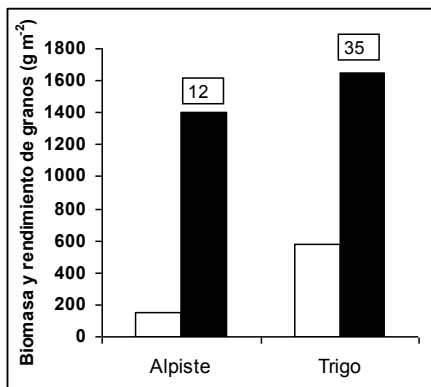


Figura 11: Rendimiento de grano (barras blancas), biomasa total (barras negras) e índice de cosecha (en los recuadros) para trigo y alfiste. Máximo error estándar de las medias para rendimiento de grano fue 21,2 y 15,1 para trigo y alfiste, respectivamente.

Las variaciones anuales de los rendimientos en ambos cultivos estuvieron asociadas, principalmente, con el número de granos por m⁻² (Figura 12) y no con el peso de los mismos. Estas variaciones en el número de granos estuvieron acompañadas, en trigo, por cambios en el número de espigas m⁻² y en menor medida por cambios en el número de granos por espiga, mientras que en alfiste la asociación fue mayor con el número de granos por panoja que con el número de panojas m⁻² (Figuras 13 a y b).

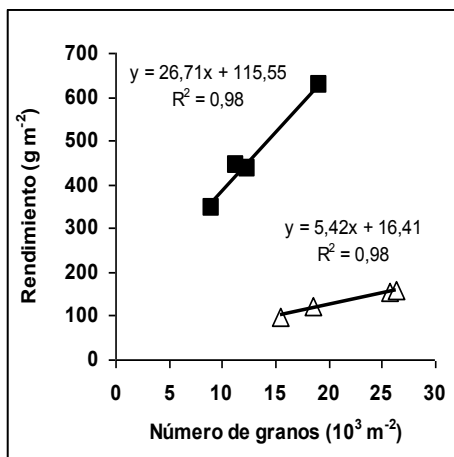


Figura 12: Relación entre rendimiento de granos y número de granos m⁻² para alfiste (Δ) y trigo (■). Valores promedios de los años 2000, 2001, 2002 y 2003, en Balcarce.

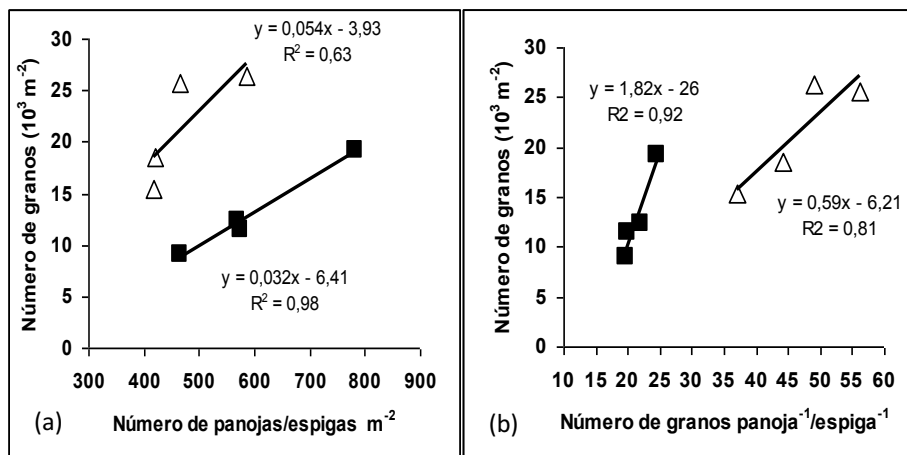


Figura 13: Relación entre el número de granos m^{-2} en función de: a) número de panojas o espigas m^{-2} y b) número de granos por panoja o espiga en alpiste (Δ) y trigo (■). Valores promedio de los años 2000, 2001, 2002 y 2003, en Balcarce.

Siguiendo el modelo propuesto por Fischer (2007) se analizó en ambos cultivos las diferencias en la determinación del número de granos en función de: (a) el período de crecimiento de la inflorescencia, (b) la tasa de crecimiento del cultivo y (c) la tasa de partición de materia seca a las inflorescencias.

a) Período de crecimiento de la inflorescencia

El tiempo transcurrido entre el comienzo de la elongación de tallos y la antesis no presentó diferencias entre ambos cultivos y tuvo una duración de 30-35 días. Las siembras se localizaron desde mediados a fines del mes de julio (Figura 3).

b) Crecimiento de hojas, tallo e inflorescencias en pre antesis

A partir de los 35 días previos a la antesis, se registró un crecimiento importante de las hojas, tallos y, en menor proporción, de las inflorescencias. En ese momento, los tallos tenían acumulado el 24,3% y el 26,7% y las inflorescencias el 0,1% y 0,6% de la materia seca de antesis, en el alpiste y trigo, respectivamente. En las Figuras 14 a y b se

puede observar que el máximo peso seco de las hojas se alcanzó unos 20 días previos a antesis (coincidiendo con la emergencia y expansión de la hoja bandera). Con posterioridad, tanto en trigo como en alpiste, los dos órganos que continuaron su crecimiento fueron los tallos y las inflorescencias. En esta etapa la panoja de alpiste y la espiga de trigo acumulan más del 95% de la materia seca que tendrán en antesis, y es aquí donde se evidencian las mayores diferencias entre ambos cultivos. En trigo se constata un mayor período de crecimiento de la espiga (21 días) en relación con el alpiste (14 días).

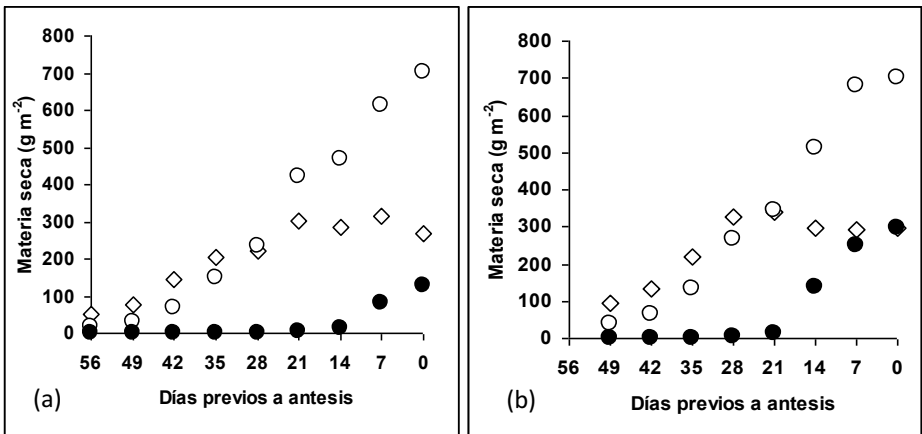


Figura 14: Materia seca acumulada en hojas(◇), tallos (incluyendo vainas)(○), panojas y espigas (●) en función de los días previos a antesis (a) alpiste,(b) trigo. Valores promedios de los años 2000-2001-2002-2003.

c) Peso seco de las inflorescencias

El número de granos por m^{-2} se relacionó positivamente con el peso seco de las inflorescencias en antesis tanto para trigo ($r^2=0,99$, $P<0,05$, $n= 4$) como para alpiste ($r^2=0,90$, $P<0,05$, $n= 4$)

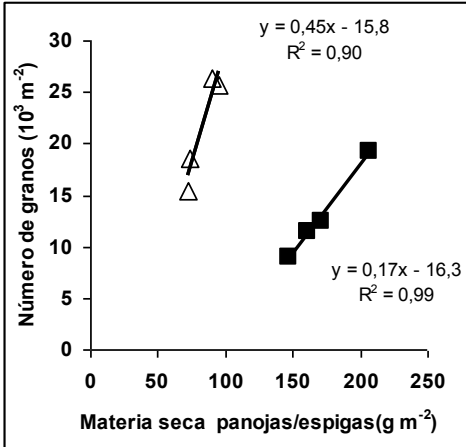


Figura 15: Número de granos m^{-2} en función de la materia seca de panojas o espigas en antesis para alpiste (Δ) y trigo (■). Valores promedio de los años 2000, 2001, 2002 y 2003, en Balcarce.

Si bien los pesos de las inflorescencias del trigo en antesis, fueron superiores a las de alpiste, las diferencias no surgieron como consecuencia de los mayores valores de biomasa logrados por este cultivo, que fueron sólo 17% superiores (Tabla 5), sino que fueron la consecuencia de mayor duración y mayor tasa de crecimiento de la inflorescencia.

El análisis del peso seco de las inflorescencias en antesis, a través de sus dos componentes: (a) duración del período de rápido crecimiento y (b) tasa de acumulación de materia seca; evidencia importantes diferencias entre ambos cultivos. En alpiste el crecimiento lineal de la panoja se produce desde los 14 días previos a antesis, mientras que en trigo comienza desde los 21. Además, el trigo evidencia una mayor tasa de partición de materia seca a la espiga que el alpiste. En la Tabla 4 se puede observar que con tasas de crecimiento similar de los tallos ($14,9 g m^{-2} día^{-1}$ para alpiste y de $15,6 g m^{-2} día^{-1}$ para trigo) el alpiste particiona a las inflorescencias 28,6% y el trigo 39,3%. Como consecuencia de estas diferencias, ambos cultivos llegan a antesis con

valores relativamente similares de pesos de tallos pero muy distintos en peso seco de inflorescencias (Tabla 5).

Tabla 4: Tasas de crecimiento de tallos (TCT), estimadas por regresión lineal en el período comprendido entre los 35 días previos a antesis y los 14 días posteriores. Tasas de crecimiento de panojas (TCP) y espigas (TCE), estimadas por regresión lineal en el período comprendido entre los 14 días previos a antesis y los 7 días posteriores y su proporción, expresada como porcentaje (%) de la tasa de crecimiento total (TCT+TCP o TCE), para los años 2000, 2001, 2002 y 2003, en Balcarce.

Años	ALPISTE			TRIGO		
	TCT (g m ⁻² día ⁻¹)	TCP (g m ⁻² día ⁻¹)	TCP/ (TCT+TCP) %	TCT (g m ⁻² día ⁻¹)	TCE (gm ⁻² día ⁻¹)	TCE/ (TCT+TCE) %
2000	16,1 a	6,2 a	27,9 a	18,0 a	13,9 a	43,6 a
2001	15,7 a	6,0 a	30,8 a	14,0 b	8,9 b	39,0 b
2002	15,1 a	5,5 a	27,5 a	15,6 b	10,0 b	39,1 b
2003	12,5 b	4,9 a	28,2 a	14,6 b	8,0 b	35,4 b

Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente (P<0.05).

Tabla 5: Peso seco total en antesis (PSTA) de alpiste y trigo, y proporción de tallos y panojas o espigas, expresadas como porcentaje del PSTA para cuatro años, en Balcarce.

Años	ALPISTE			TRIGO		
	PSTA g m ⁻²	Tallo (%)	Panoja (%)	PSTA g m ⁻²	Tallo (%)	Espiga (%)
2000	1012 a	61 a	8 b	1108 a	61 a	23 a
2001	928 a	65 a	10 a	977 b	58 a	22 ab
2002	684 b	62 a	9 ab	938 bc	57 a	21 b
2003	666 b	63 a	10 a	840 c	57 a	19 c

Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente ($P < 0.05$).

El índice de fertilidad: La inversa del índice de fertilidad (la cantidad de materia seca de inflorescencia, en antesis, necesaria para que se fije una semilla) fue 3,4 veces superior en trigo que en alpiste. En trigo se necesitaron, en promedio, $13,7 \pm 2$ mg de materia seca de espiga por grano, mientras que en alpiste se requirieron $4 \pm 0,5$ mg de materia seca de panoja por semilla. La fertilidad de la panoja resultó de 73 semillas por gramo de materia seca de espiga de trigo y 250 semillas por gramo de materia seca de panoja de alpiste.

V.4- Aspectos a tener en cuenta para mejorar el rendimiento potencial de los cultivares de alpiste

Del análisis de las principales diferencias observadas en la determinación del rendimiento de alpiste en relación con el trigo surgen tres aspectos, cuya mejora puede producir importantes efectos sobre el rendimiento del cultivo de alpiste: (1) la intercepción de radiación del cultivo en sus primeros estadios; (2) la duración del período de crecimiento de la panoja y (3) la partición de materia seca a la panoja en este período. En la Tabla 6 se presentan la estimación de los efectos

cuantitativos de la mejora de cada uno de estos tres aspectos (Bodega *et al.* 2014, en revisión).

Tabla 6: Estimación del rendimiento de alpiste calculado con base en las hipótesis de mejora de la intercepción de radiación (IR) o la partición de materia seca a la panoja (PP), considerando que el alpiste llegara a los valores obtenidos en trigo (Bodega *et al.*, 2014).

Cambios	PSTA g m ⁻² (*)	Panoja (%)	Materia seca de panoja g m ⁻²	Semillas m ⁻² (**)	Rendimiento g m ⁻² (***)	Rendimiento %
Sin cambios	822	10,4	85,5	21372	132,5	100
Mejorando IR	964	10,4	100,3	25064	155,4	117
Mejorando PP	822	21	172,6	43155	267,6	202
Mejorando IR+PP	964	21	202,4	50610	313,8	237

(*) Peso seco total en antesis (**) Índice de fertilidad 250 granos gramo⁻¹ de materia seca de panoja. (***) peso de mil semillas 6,2 g.

La lentitud en la germinación, sumada al lento crecimiento desde emergencia hasta inicios de macollaje, hacen que el alpiste llegue al fin de macollaje con valores de intercepción de radiación inferiores a los de trigo.

La mayor intercepción de radiación le da al cultivo de trigo una más alta acumulación de materia seca, dado que la eficiencia de conversión es similar en ambos cultivos.

Una mejora en el crecimiento inicial del cultivo de alpiste o disminución de la distancia entre los surcos de siembra, que asegure niveles de intercepción de la radiación incidente iguales o superiores al 90%, produciría incrementos de rendimiento de alrededor del 17%. Para este cálculo se consideró una biomasa en antesis de 964 g m⁻², que manteniendo una proporción de panoja del 10,4%, un índice de fertilidad de 250 granos por gramo de panoja y un peso de mil semillas de 6,2 g arrojaría un rendimiento de 155,4 g m⁻².

La situación podría mejorar notablemente con el logro de cultivares de alpiste que posean aumento en la duración del período de mayor crecimiento de la inflorescencia acompañado de una mayor partición de fotoasimilados a la panoja. Con la mejora de estos atributos, hasta niveles similares a los observados en trigo, se podrían lograr incrementos de rendimiento de alrededor del 202 % (1325 vs 2676 kg.ha⁻¹). Por lo tanto, la disminución de la competencia entre la panoja y el tallo surge como un aspecto central a considerar para la mejora del rendimiento del cultivo de alpiste.

En trigo estos cambios estuvieron ligados a la aparición de los cultivares semienanos, con genes *Gai/Rht₁* y *Gai/Rht₂*, que presentaban menor competencia entre los tallos y las espigas, altos índices de cosecha y mayor fijación de granos. Además, los cultivares semienanos, eran menos susceptibles al vuelco lo que les permitió ser cultivados con mayores dosis de fertilizantes.(Abatte, *et al.*, 1998; Slafer *et al.*, 2005; Foulkes *et al.*, 2009).

En Argentina, los trabajos de (Bodega *et al.*, 1995, 2003 a,b; Bodega G. 2005; Cogliatti *et al.*, 2011) demuestran que, tanto las poblaciones locales como los cultivares introducidos, tienen un comportamiento similar y se asemejarían al observado en los cultivares de trigo, denominados genéricamente tradicionales, (sin genes *Gai Rht₁* y *Gai Rht₂*) en donde la competencia por carbohidratos entre tallo e inflorescencia, durante el período crítico, favorecen al tallo limitando la fijación de un mayor número de granos (Brooking y Kirby 1981; Bodega y Andrade, 1996; Slafer *et al.*, 1994, 2003, 2005; Fischer, 2007; Foulkes *et al.*,2009). Además, en alpiste, al igual que en los trigos de tipo tradicional, el rendimiento se relaciona directamente con la biomasa aérea y no con el índice de cosecha (Bodega *et al.*,1998, 2010; Miravalles *et al.*, 2002; Cogliatti *et al.*, 2011) siendo esta una importante limitante para el logro de altos rendimientos, ya que los elevados valores de biomasa van acompañados de serios problemas de vuelco de plantas, principalmente en cultivos sembrados en suelos de alta fertilidad nitrogenada y buena disponibilidad hídrica.

Los efectos potenciales de la disminución de altura de los tallos de alpiste, ligados a una mejora en la partición de materia seca a la panoja, pueden cuantificarse utilizando el mismo razonamiento que Austin *et al.* (1980), cuando estimó el máximo índice de cosecha, para trigos en

Inglaterra, de 0,62. Así, con base en los datos locales y considerando, en alpiste, (1) que la materia seca aérea no cambia, (2) que la materia seca invertida en hojas y envolturas florales no debe disminuir, (3) que la materia seca invertida en tallos y vainas puede ser reducida un 50%, (4) que el peso de las envolturas florales debe ser aumentada para contener los granos extras (20% del rendimiento de granos), se obtuvo la Tabla 7 en donde se puede ver que incrementando los niveles de partición de materia seca hacia la panoja sería posible lograr índices de cosecha del 41% y niveles de rendimientos de 4490 kg/ha, sin aumentar la actual producción de biomasa. En este contexto, la relación de rendimientos con el cultivo de trigo se reduciría a 1,63 (7340 kg/ha en trigo vs 4490 kg/ha en alpiste).

Tabla 7: Rendimiento potencial de la población argentina de alpiste y del cv. de trigo Buck Sureño, utilizando los criterios de redistribución de biomasa total entre partes aéreas, panojas, tallos y hojas, según Austin, (1980).

	Austin*	%	Austin**	%	Trigo +	%	Alpiste +	%	Trigo ++	%	Alpiste ++	%
	g m ⁻²		g m ⁻²		g m ⁻²		g m ⁻²		g m ⁻²		g m ⁻²	
Granos	707	49	895	62	479	37	133	1	734	55	449	41
Envolturas Florales	143	10	181	13	110	7	26	2	147	11	90	8
Láminas	139	10	139	10	160	11	170	1	160	12	170	16
Tallos + vainas	453	31	226	15	582	44	760	7	290	22	380	35
Biomasa a cosecha	1442		1441		1331		1089		1331		1089	100

(*)Austin, (1980).Rendimiento de grano y distribución de materia seca en los modernos cultivares de trigo de U.K.

(**)Austin, (1980).Máximo índice de cosecha para los cultivares modernos de trigo de U.K. redistribuyendo la asignación de materia seca sin cambios en la biomasa total a cosecha.

(+)Bodega et. al.,(2014).Rendimiento de grano y distribución de materia seca en una población local de alpiste y en el cv de trigo Buck Sureño.

(++)Bodega et. al., (2014). Rendimientos de grano e índices de cosecha máximos, aplicando los criterios de Austin a la población de alpiste y al cv. Buck Sureño.

V.4- Referencias

- Abbate, P. E.; Andrade, F. H.; Lázaro, L.; Bariffi, H.; Berardocco, H. G.; Inza, V. H. and Marturano, F. (1998). Modern wheat grain yields increase in Argentina. *Crops Science*. 38: 1203-1209.
- Andrade, F. H. and Sadras, V.O. (2000). Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires. 443 p.
- Austin, R. B. (1980). Physiological limitations to cereals yields and ways of reducing them by breeding. In: Hurd, R.G., Biscoe, P.V and Dennis, D. (Eds). *Opportunities for increasing Crop Yields*. Association of Applied Biology. Pitman, London. pp.3-9.
- Baker, C. K. and Gallagher, J. N. (1983). The development of winter wheat in the field. I. Relation between apical development and plant morphology within and between seasons. *Journal of Agricultural Science*. Cambridge 101: 327-335.
- Bodega, G. I. (2005). Efecto de la época y densidad de siembra sobre el crecimiento, rendimiento y sus componentes en CDC Maria y una población local de alpiste (*Phalaris canariensis* L.). Tesis de Ingeniero Agrónomo. U.N.M.d.P. Facultad de Ciencias Agrarias. Balcarce, Argentina. 46 pp
- Bodega, J. L. and Andrade, F. H. (1996). The effect of genetic improvement and hybridization on grain and biomass yield of bread wheat. *Cereal Res. Commun.* 24 : 171-177
- Bodega, J. L.; de Dios, M. A.; Rodriguez, R and Pereyra Iraola, M. M. (1995). Caracterización agronómica de poblaciones de alpiste (*Phalaris canariensis* L.). *Revista Facultad de Agronomía Buenos Aires*. 15 (2-3): 161-17.
- Bodega, J. L.; de Dios, M. A. and Pereyra Iraola, M. M. (1998). Evaluation of two growth regulators on development stem bending and seed yield in canary grass. (*Phalaris canariensis* L.). *Tests of Agrochemicals and Cultivars* 19. (*Annals of Applied Biology* 132, Supplement) pp. 34-35.
- Bodega, J. L.; de Dios, M. A. and Pereyra Iraola, M. M. (2003a). Análisis comparativo del rendimiento de semillas y otras características de interés agronómico en poblaciones locales y cultivares introducidos de alpiste. *Revista Facultad de Agronomía Buenos Aires*. 23(2-3):147-154.
- Bodega, J. L.; de Dios, M.A. and Pereyra Iraola, M. M. (2003b). Sowing date affects yield components of canarygrass seed. *Can. J. Plant Sc.* 83: 357-362.
- Bodega, J. L.; de Dios, M. A. and Pereyra Iraola, M. M. 2008. Distribución diaria de la antesis en una población y un cultivar de alpiste (*Phalaris*

canariensis L.).VII Congreso Nacional de Trigo, V Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño Invernal y I Encuentro del MERCOSUR. 2,3,4 de julio. Santa Rosa, 2-5

Bodega, J. L.; de Dios, M. A. and Pereyra Iraola, M. M. (2010). Alpiste: efectos de sombreos antes y después de antesis sobre el rendimiento de granos y sus componentes. Revista Facultad de Agronomía Buenos Aires 30 (3): 137-149.

Bodega, J. L.; de Dios, M. A. and Pereyra Iraola, M. M. (2014). Comparative analysis of the determination of grain number and yield in wheat and canarygrass. En Field Crop Research. (En revision).

Brooking, I. R. and Kirby E. J. M. (1981). Interrelationships between stem and ear development in winter wheat: effects of a Norin 10 dwarfing gene, Gai/Rht2. Agric Sci., Camb. 97: 373-381.

Campolietto, L.; Bodega, J. L.; de Dios, M. A. and Pereyra Iraola, M. M. (2003). Efectos de la temperatura del aire y del suelo sobre la duración de la etapa siembra-emergencia en Alpiste (*Phalaris canariensis* L.). XIII Congresso Brasileiro de Agrometeorología. Santa María, RS, Brasil. pp 3-7.

Campolietto, L.; Bodega, J. L.; de Dios, M. A. and Pereyra Iraola, M. M. (2004). Relación entre los estados de desarrollo del ápice de crecimiento y características externas de la planta de alpiste (*Phalaris canariensis* L.) en respuesta a distintos momentos de siembra. XXV Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. Santa Rosa, La Pampa. pp. C13-17.

Campolietto L. (2006). Efectos de la época de siembra sobre los estados fenológicos del cultivo de alpiste (*Phalaris canariensis* L). Tesis de graduación. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce. Argentina 65 p.

Cogliatti, M.; Bongiorno, F.; Dalla Valle, H. and Rogers, W.J. (2011). Canaryseed (*Phalaris canariensis* L.) accessions from nineteen countries show useful genetic variation for agronomic traits. Can. J. Plant. Sci. 91(1):37-48.

Cooper, J.P. and Calder, D.M.1963. Inductive requirements for flowering of some temperature grasses. J.Br. Grassl.Soc. 19:6-14.

Fischer, R. A. (1985). Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. J. Agric. Sci. (Cambridge)105, 447-461.

Fischer, R. A. (2007). The importance of grain or kernel number in wheat: A reply to Sinclair and Jamieson. Field Crops Research 105:15-21.

- Foulkes, M. J.; Reynolds, M. P. and Sylvester-Bradley, R. (2009). Genetic Improvement of grain crops: Yield Potential. In Sadras, V and Calderini, D. (Eds). *Crop Physiology, Applications for genetic improvement and agronomy*. Elsevier Inc. pp.355-385.
- Gardner, J.S.; Hess, W.M. and Trione, E.J. (1985). Development of a young wheat spike: A SEM study of Chinese Spring Wheat. *Am.J.Bot.* 72: 548-559.
- Miravalles, M. T.; Gallez, L. M. and Möckel, F. E. (2002). Alpiste: Revisión de la situación del cultivo. *Revista. Facultad. Agronomía.* 22:7-17.
- Naya, M. (2006). Efectos de la densidad de siembra sobre el rendimiento de semillas y sus componentes en alpiste (*Phalaris canariensis* L.). Tesis de graduación. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce. Argentina 69 p.
- Palmieri, G.; Bodega, J.L; Dios M.A. y Pereyra Iraola; M. (2008). Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y sus componentes en alpiste (*Phalaris canariensis* L). Actas del VII Congreso Nacional de Trigo, V Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño Invernal. I Encuentro del MERCOSUR. pp. S29.
- Pascale, A. J. y Giordano, H. J. (1962). Características bioclimáticas que determinan la época de siembra del alpiste. *Revista Facultad de Agronomía Buenos Aires.* 15 (2): 30-51.
- Porter, J. R.; Kirby, E. J. M.; Day, W.; Adam, J.; Appleyard, M.; Ayling, S.; Baker, C. K.; Beale, E. P.; Belford, R. K.; Biscoe, P. V.; Chapman, A.; Fuller, M. P.; Hampson, J.; Hay, R. K. M.; Hough, M. N.; Mattheus, S.; Thompson, W. J.; Hes, A. H.; Willington, V. B. and Wood, D. W. (1987). An analysis of morphological development stages in Avalon winter wheat crops with different sowing dates and at ten sites in England and Scotland. *J. Agric. Sci, Camb.* 109: 108-123.
- Serrano, H. y Madaloni, J. (1964). Cereales menores, alpiste. En: Parodi, L. R. eds. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería vol. II.* Buenos Aires. Argentina. pp.609-614.
- Slafer, G. A.; Calderini, D. F.; Miralles, D. J., and Dreccer, M. F. (1994). Preanthesis shading effects on the number of grains of three bread wheat cultivars of different potential number of grains. *Field Crops Research*, 36: 31-39.
- Slafer, G. A.; Miralles, D. J.; Savin, R.; Whitechurch, M. and Gonzalez, F. G. (2003). Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en trigo. En: Satorre, E.H, Benech, A., Slafer, G.A.;

De La Fuente; E.B.; Miralles, D.J.; Otegui, M.E. and Savin, R. (2003). Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo. 101-163 pp. Ed. FAUBA.

Slafer, G. A.; Araus, J. L.; Royo, C. and Garcia del Moral, L. F. (2005). Promising ecophysiological traits for genetic improvement of cereal yields in Mediterranean environments. *Ann. Appl. Biol.* 146, 61-70.

Sordini, M. A. (2009). Efecto de la variación de radiación solar incidente en diferentes etapas de desarrollo del alpiste (*Phalaris canariensis* L.) sobre el rendimiento y sus componentes. Tesis de graduación. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce. Argentina 48p.

Xhardez, F. C. (2006). Evaluación de los efectos de la defoliación sobre el rendimiento de semillas y sus componentes en alpiste (*Phalaris canariensis* L.). Tesis de graduación. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce. Argentina 45p.

Zadoks, J. C.; Chang, T. T. and Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stage of cereals. *Weed Res.* 14: 415-421.

Zarate, J. (2010b) Crecimiento del grano e indicadores de madurez en alpiste (*Phalaris canariensis* L.) sembrado en distintos momentos. Tesis de graduación. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce. Argentina 67p.

Zarate, J.; Bodega, J. L; Dios M. A. y Pereyra Iraola M. M. (2010a). Alpiste: Estimación del momento de madurez fisiológica y su relación con el porcentaje de humedad de las semillas. Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. La Plata, 26-29 de setiembre. En CD.

CAPÍTULO VI

RECURSOS GENÉTICOS

Maximiliano Cogliatti

VI.1- Población local

VI.2- Cultivares comerciales de alpiste

VI.3- Aspectos a mejorar

VI.4- Referencias

Al tratar aspectos relacionados con los recursos genéticos del alpiste, es oportuno recordar que se trata de un especie diploide ($2n=2x=12$) (Bennett and Smith, 1976), que se reproduce preponderantemente por autofecundación (Matus-Cadiz and Hucl, 2006).

VI.1- Población local

En la Argentina es poco lo que se ha invertido en materia de mejoramiento genético de la especie, lo que queda en evidencia en la falta de cultivares comerciales nacionales. Bodega *et al.* (1995), determinaron que lo que se siembra en nuestro país son poblaciones que exhiben un comportamiento similar entre sí, en cuanto a su morfología, fenología y productividad. Tratando de explicar las similitudes observadas, los autores sugirieron que podría tratarse de una única

población de alpiste, formada como resultado de la mezcla reiterada de genotipos que, inicialmente, pudieron ser introducciones debidamente identificadas.

VI.2- Cultivares comerciales

A nivel mundial, al igual que en nuestro país, y en relación a otros cereales, el alpiste ha tenido poco mejoramiento genético, lo cual queda en evidencia en la existencia de alrededor de una docena de cultivares comerciales. La escasez de cultivares probablemente responda a la limitada variabilidad genética hallada en esta especie (Poverene *et al.*, 1994; Bodega *et al.*, 1995 and 2003, Putnam *et al.*, 1996; Miravalles *et al.*, 2002, Matus-Cadiz and Hucl, 1999 y 2002, Cogliatti *et al.*, 2011).

Entre los cultivares comerciales están “Alden”, “Keet” y “Elias”, obtenidos por el Dr. Robert Robinson de Universidad de Minnesota, EE.UU, en los años 1973, 1979 y 1983, respectivamente (Robison, 1978 y 1983). Los tres cultivares húngaros “Abad, Karcsu y Lizard”; la variedad holandesa “Cantate” obtenida por la compañía Joordens/Zaden en 1985; el cultivar “Judita” desarrollado en la República Checa y las tres variedades obtenidas en el Centro de Desarrollo de Cultivos de la Universidad de Saskatchewan, Canadá: “EDC-María”, “EDC-Togo” y “EDC-Bastia”. Los tres cultivares canadienses son los más recientes y su principal característica es la ausencia de pelos en la cobertura de los granos (granos glabros).

“EDC-María” se registró en el año 1997 y fue el primer cultivar glabro. El carácter glabro fue obtenido como resultado de mutagénesis química, con azida sódica, sobre semillas del cultivar “Keet”. Evaluaciones realizadas en Saskatchewan, Canadá, en el período 1992-1996 no mostraron diferencias entre los cultivares para tiempo a panojamiento, tiempo a madurez, y altura de las plantas. Sin embargo, “EDC-María” exhibió un rendimiento en granos entre un 4 y 13 % menor que “Keet”.

(Hucl *et al.*, 2001a). La liberación de “CDC-María”, incentivó nuevos trabajos orientados a estudiar la composición de los granos de alpiste en busca de potenciales usos alimenticios, farmacológicos e industriales. Para mayor información referirse el apartado *Usos actuales y potenciales de los granos de alpiste*, del *Capítulo II*.

“CDC-Togo” fue el segundo cultivar glabro y se registró en el año 2007. El mismo derivó del cruzamiento de CDC-María x Cantate. (Canadian Food Inspection Agency. Crop Report CDC-Togo, 2009).

CDC-Bastia es otro cultivar glabro que se caracteriza por exhibir mayor rendimiento que CDC-María y CDC-Togo cuando se lo cultiva en condiciones de sequía. El mismo fue registrado en el año 2008 (Hucl, 2009).

En la Tabla 1 se presentan los datos obtenidos en el programa de testeo de variedades de la provincia de Saskatchewan, Canadá (Varieties of Grain Crops, 2013). Si se comparan los tres cultivares glabros, se observa que CDC-Bastia y CDC-Togo superan en rendimiento a CDC-María en un 13 y 11 %, respectivamente. Asimismo, se observa que CDC-Togo presenta un peso de mil granos 11 % mayor al resto. Por otro lado, los cultivares pilosos exhiben una superioridad en el rendimiento de más del 7 % respecto a los cultivares glabros.

Tabla 1: Performance agronómica de variedades de alpiste cultivadas en la provincia de Saskatchewan comparadas con CDC-María (Varieties of Grain Crops, 2013).

Cultivar	Tipo	Ambientes evaluados (sitios- años)	Rendimiento (%)	Días a panojamiento	Días a madurez	Altura (cm)	Peso de 1000 granos (g)
CDC-María	glabra	88	100	58	104	103	7,3
CDC-Bastia	glabra	76	113	+1	0	+2	0,0
Cantate	pilosa	31	129	+1	+2	0	+0,2
Keet	pilosa	88	121	+2	+2	+5	-0,2
CDC-Togo	glabra	81	111	+1	+1	+1	+0,8

Los granos comunes de alpiste, descascarados, exhiben una coloración marrón oscuro. La tendencia es que los nuevos cultivares posean pericarpio de color amarillo, pensando en su futura utilización en la elaboración de alimentos para humanos. Este carácter ya existe y fue obtenido por mutagénesis inducida (Hucl *et al.*, 2001b). Por lo tanto, es esperable que a corto plazo se disponga de cultivares glabro y con pericarpio amarillo. Ambos caracteres, grano glabro y semilla color amarillo, están controlados por un solo gen recesivo y segregando de forma independiente (Matus-Cádiz *et al.*, 2003). Esto indicaría que son rasgos fácilmente transferibles a través de cruzamientos.

En Tabla 2 se muestra el desempeño agronómico de la población argentina (Pob. Local), junto a 9 de los cultivares comerciales de alpiste mencionados. En ella se observa que si bien que existieron diferencias para todos los caracteres evaluados. Sin embargo, ninguno de los cultivares difirió de la población local en el rendimiento en grano, número de granos por metro cuadrado y altura de las plantas.

Tabla 2: Rendimiento en grano (Rto); peso de mil granos (P-1000); número de granos por metro cuadrado (NG); índice de cosecha (IC); altura de las plantas (H) y días de emergencia a madurez de cosecha de accesiones de alpiste evaluadas en Azul, en los años 2004, 2005 y 2006. Adaptado de Cogliatti *et al.* (2011).

Cultivar	Rto. (kg/ha)	P-1000 (g)	NG (granos/m ²)	IC (%)	Altura (cm)	E-MC (días)
Judita	1191a	6,3 a	18731 ab	18,3 a	98,8 bc	147 e
CDC-Maria	1283 ab	7,2 cd	18034 ab	19,1 ab	100,6 bc	139 a
Pob. local	1324 abc	6,7 b	19716 ab	20,5 abc	98,83 bc	141 ab
Alden	1355 abc	6,9 bc	19463 ab	20,8 bc	101,4 c	145 cde
Karcsu	1368 abc	6,8 b	20194 ab	19,3 abc	101,9 c	141 ab
Abad	1368 abc	7,1cd	19247 ab	21,2 abc	99,8 bc	143 bc
Keet	1499 bc	7,2 cd	20923 ab	22,3 bc	95,8 ab	144 bc
Cantate	1516 bc	8,5 e	18007 a	21,4 abc	92,6 a	148 e
Lizard	1519 bc	7,2 cd	21181 b	21,6 abc	98,5 bc	146 cde
Elias	1540 c	7,4 d	20892 ab	22,4 c	99,33 bc	147 de

Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente ($P < 0.05$).

VI.3- Aspectos a mejorar

Más allá de las mejoras genéticas realizadas en la especie, es evidente que aún quedan aspectos sobre los cuales trabajar. A continuación discuten aquellos de mayor relevancia:

Productividad: El principal cultivo que compite por el área de siembra con el alpiste es el trigo, el cual presenta un rendimiento 3,5 veces superior a este. Si bien el precio del alpiste supera al de trigo, es necesario mejorar su rendimiento para que se convierta en una alternativa viable. En el Capítulo V se expusieron algunos “aspectos a tener en cuenta para mejorar el rendimiento potencial de los cultivares de alpiste”. Asimismo, en los párrafos subsiguientes se mencionan algunos rasgos a mejorar que presentan una alta correlación con el rendimiento en granos.

Enanismo: la obtención de genotipos enanos o semienanos, podría revertir la tendencia a volcarse que exhiben las plantas de alpiste cuando se las cultiva en condiciones óptimas para el logro de su rendimiento potencial. Esto permitiría adecuar el planteo de producción para maximizar el rendimiento, por ejemplo produciendo bajo riego y aplicando mayores dosis de fertilizantes.

Índice de cosecha: este aspecto podría mejorarse seleccionando aquellos genotipos que destinen una mayor proporción de fotoasimilados a los granos y menor a hojas y tallos. Como resultado, se esperaría una reducción del vuelco de plantas y un incremento en el rendimiento en granos.

Desarrollo radicular: la disponibilidad de cultivares con un mayor desarrollo radicular mejoraría la exploración del suelo por parte del cultivo, optimizando la captación de agua y nutrientes. Esto podría favorecer la extensión del área de producción de alpiste hacia suelos más marginales.

Precocidad: la obtención de variedades precoces podría favorecer la elección del cultivo de alpiste, por sobre otros como el trigo y la cebada,

como antecesor del cultivo de soja de segunda, puesto que liberaría anticipadamente los lotes.

Resistencia a herbicidas: como se mencionó en el apartado *Maleza*, del *Capítulo IV*, el alpiste es muy sensible a la aplicación de la mayoría de los herbicidas disponibles, lo que limita seriamente las alternativas de control, especialmente de algunas malezas difíciles como por ejemplo la avena negra (*Avena fatua*) y el trigollos (*Lolium temulentum*). Además, también es afectado negativamente por la presencia de ciertos residuos de herbicidas en suelo, aplicados en los cultivos antecesores. Por lo tanto, la disponibilidad de cultivares con resistencia a herbicidas podría ser una solución viable al problema planteado.

Resistencia a enfermedades: como se mencionó en el apartado *Enfermedades* del *Capítulo IV*, son pocas las enfermedades que afectan al cultivo de alpiste. No obstante, el moteado de la hoja en Canadá, y la escaldadura en Argentina, son dos enfermedades sobre las cuales habría que trabajar en la obtención de genes de resistencia o tolerancia, ya que han generado pérdidas de rendimiento de importancia.

Propiedades fisicoquímicas de los granos: en relación a lo mencionado en el apartado *Usos actuales y potenciales de los granos de alpiste*, perteneciente al *Capítulo II*, el mejoramiento genético enfocado en la obtención de cultivares ricos en determinadas sustancias nutricionales, farmacológicas o de aplicación industrial, podría favorecer la difusión de su cultivo.

VI.4- Referencias

Bennett, M. D. and Smith, J. B. (1976). Nuclear DNA amounts in angiosperms. *Phil Trans R Soc Lond B*. 274: 227-274.

Bodega, J.L.; De Dios, M.A.; Rodríguez, R.H. y Pereyra Iraola, M. (1995). Caracterización agronómica de poblaciones comerciales de alpiste. *Revista Facultad de Agronomía* 15 (2-3): 161–170.

Bodega, J.L.; De Dios, M.A. y Pereyra Iraola, M. (2003). Análisis comparativo del rendimiento en semillas y otras características de interés agronómico en poblaciones locales y cultivares introducidos de alpiste. *Revista Facultad de Agronomía*, 23 (2-3): 147-154.

Canadian Food Inspection Agency. Crop Report CDC-Togo (2009). <www.inspection.gc.ca/english/plaveg/pbrpov/cropreport/acg/app00004963e.s.html>(fecha de acceso 08/10/2010)

Cogliatti, M.; Bongiorno, F.; Dalla Valle, H. and Rogers, W. J. (2011). Canaryseed (*Phalaris canariensis* L.) accessions from nineteen countries show useful genetic variation for agronomic traits. *Canadian Journal Plant Science* 91: 1 -12.

Hucl, P. (2009). Canaryseed breeding & research Update, Crop Development Centre, University of Saskatchewan. <<http://www.cropweek.com/presentations/2009/2009-jan12-canaryseed-hucl.pdf>>(fecha de acceso 08/10/2010)

Hucl, P.; Matus-Cádiz, M.; Vandenberg, A.; Sosulski, F. W.; Abdel-Aal, E. S. M.; Hughes, G. R. and Slinkard, A. E. (2001a). CDC Maria annual canarygrass. *Canadian Journal Plant Science* 81: 115–116.

Hucl, P.; Han, H. L.; Abdel-Aal, E. S. M. and Hughes, I. G. R. (2001b). Development and quality of glabrous canaryseed. AFIF Project # 96000287. <<http://www.agriculture.gov.sk.ca/19960287.pdf>> (fecha de acceso 10/11/2012)

Matus-Cádiz, M. A. and Hucl, P. (1999). Isoenzyme variation withing and among accessions of annual *Phalaris* species in North America Germoplasm Collections. *Crop. SCI* 39: 1222-1228.

Matus-Cádiz, M. A. and Hucl, P. (2002). Morphological variation within and among five annual *Phalaris* species. *Canadian Journal Plant Science*, 82: 85-88.

Matus-Cádiz, M. A.; Hucl, P. and Vandenberg, A. (2003). Inheritance of hull pubescence and seed color in annual canarygrass. *Canadian Journal Plant Science*, 83: 471-474.

Matus-Cadiz, M. y Hucl, P. (2006). Outcrossing in annual canarygrass. *Canadian Journal Plant Science* 46: 243-246.

Miravalles, M.T.; Gallez, L.M.; Möckel, F.E. (2002). Alpiste: Revisión de la situación del cultivo. *Revista Facultad de Agronomía*, 22(1): 7-17.

Poverene, A.M.; Carrera, D.; Marincioni, M.C.; Bodega, J.L. (1994). Variación isoenzimática en una colección de alpiste. *Actas del III Congreso Nacional de Trigo y I Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-Invernal, Bahía Blanca*. pp 279 – 280.

Putnam, D.H.; Miller P.R.; Hucl P. (1996). Potential for production and utilization of annual canarygrass. *CFW* 41:75-83.

Robinson, R. G. (1978). Registration of “Keet” annual canarygrass. *Crop Science* 19: 562.

Robinson, R. G. (1983). Registration of “Elias” annual canarygrass. *Crop Science* 23: 1011.

CAPÍTULO VII

HERRAMIENTAS PARA EL ESTUDIO DE LA VARIACIÓN GENÉTICA EN ALPISTE

W. John Rogers

VII.1- Isoenzimas

VII.2- Proteínas de reserva del grano

VII.3- Marcadores moleculares

VII.4- Metabolómica

VII.5- Referencias

VII.1- Isoenzimas

Durante las últimas cuatro décadas aproximadamente, se han desarrollado herramientas bioquímicas dirigidas a estudiar la variación genética en los cultivos. Una de ellas es el uso de isoenzimas, las cuales son variantes, en términos de su secuencia de aminoácidos, de una enzima que cataliza una reacción química determinada. Las variantes podrían ser los productos del mismo gen, es decir, generadas por distintos alelos (estrictamente llamados aloenzimas en este caso), o de distintos genes, aunque siempre referidas a enzimas que catalizan la misma reacción. En general se detectan las distintas variantes a través de electroforesis en geles de almidón o de acrilamida en la que se logra separarlas con base en su punto isoeléctrico. Después de teñir el gel utilizando protocolos específicos para cada enzima, se visualizan las

distintas variantes como bandas que se localizan, de acuerdo con dicho punto, en distintas ubicaciones a lo largo del gel, el cual incluye un gradiente de pH, lo que permite así lograr la separación deseada. Hoy en día se pueden analizar varias docenas de distintas enzimas con esta metodología. Esta metodología ha sido aplicada al estudio de la variación en alpiste y en otras especies pertenecientes al género *Phalaris*. Por ejemplo, Poverene *et al.* (1994) encontraron que, a través del estudio de cinco isoenzimas, existió muy poca variación entre veintiuna poblaciones de alpiste de Argentina, pero que se observó considerable variación intrapoblacional, lo que fue confirmado a través de la selección, a partir de las poblaciones, de líneas que difirieron entre sí para la posición y la intensidad de ciertas bandas, correspondientes a la variación alélica y a la frecuencia relativa de los alelos (revelando heterogeneidad dentro de las selecciones), respectivamente. Además de las poblaciones, tres cultivares fueron incluidos en el estudio, y se demostró que dos de ellos (“Keet” y “Elías”) mostraron patrones de bandas distintos comparados con los de las poblaciones, mientras el otro (“Belga”) no mostró tales diferencias. En conclusión, no obstante la variación limitada observada entre las poblaciones, hubo indicaciones de que, a través de la selección, se podría transformar la variación intrapoblacional en variación interpoblacional, lo que podría tener aplicaciones como una herramienta en la producción de líneas endocriadas homogéneas.

Otros estudios han analizado las isoenzimas de una base de germoplasma más amplia. Por ejemplo, Matus y Hucl (1999) analizaron, utilizando ocho isoenzimas en geles de almidón, cinco especies del género *Phalaris* (*P. canariensis*, *P. brachystachys*, *P. minor*, *P. paradoxa* y *P. angusta*), incluyendo 49 accesiones provenientes de distintos países de *P. canariensis*. En total se observaron 62 bandas contemplando todas las especies, 19 de las cuales aparecieron en *P. canariensis*, aunque solamente seis de ellas fueron polimórficas. En todas las especies la variación observada dentro de las accesiones fue baja (lo que fue consistente con un estudio llevado a cabo en *P. brachystachys* y *P. minor* por Villarroya *et al.*, 1983) y la variación entre accesiones dentro de cada especie también resultó baja, con la excepción de *P. minor*. Esta última especie es un autotetraploide ($2n = 4X = 28$) y su mayor variación probablemente esté asociada con esta condición.

P. canariensis, como se ha comentado con anterioridad, exhibe escasa variabilidad, lo cual ha dificultado su mejoramiento genético. Matus y Hucl (1999) plantearon que, enfrentado con baja variación intra-específica, una posible estrategia para incrementar dicha variación podría ser la utilización de hibridación inter-específica, y que la mejor candidata para hibridación con *P. canariensis* debería ser *P. brachystachys*, dado que ambas especies son diploides con el mismo número de cromosomas ($2n = 2X = 12$), mientras que las otras dos especies diploides incluidas en su estudio (*P. paradoxa* y *P. angusta*) tienen 14 cromosomas. Asimismo, *P. canariensis* y *P. brachystachys* son similares en su contenido de ADN relativo y su longitud cromosómica total, y como consecuencia muestran esencialmente el mismo contenido de ADN por unidad de longitud (Kadir, 1974).

Con respecto al uso de isoenzimas para la caracterización de la variación genética de alpiste, se puede concluir que no se encontraron altos grados de variabilidad entre las accesiones estudiadas en la literatura.

VII.2- Proteínas de reserva del grano

La constitución proteica de los granos, visualizada mediante la técnica de electroforesis en geles de poliacrilamida, ha sido ampliamente utilizada como herramienta experimental y para el seguimiento y control en la comercialización de cultivares en trigo y otras especies. Como antecedente, se puede citar el trabajo publicado por Poverene *et al.* (1994) en el cual se observaron patrones electroforéticos distintivos entre las poblaciones argentinas de alpiste y los cultivares de origen estadounidense "Keet" y "Elias". Estos resultados permiten especular sobre la utilidad potencial de dicha metodología para la correcta identificación genotípica.

De la misma manera, los patrones proteicos obtenidos por electroforesis, podrían resultar potenciales marcadores genéticos si se los puede asociar con determinados caracteres agronómicos. En tal sentido, Carrillo *et al.* (1990) determinaron las asociaciones entre bandas electroforéticas de ciertas variaciones alélicas de las gluteninas de alto peso molecular (HMW) con el rendimiento en grano y con la

calidad industrial en trigo. Asimismo, Javornik *et al.* (1991) establecieron la asociación entre la resistencia a ciertas enfermedades de cultivares de trigo con la presencia de patrones electroforéticos pertenecientes a un grupo de secalinas, incorporados al genoma a través de la translocación 1BL.1RS, correspondiente al brazo corto del cromosoma 1R de centeno. Por último, se puede citar la utilización de patrones electroforéticos de las proteínas de reserva de los granos de trigo candeal (*Triticum durum*) para la identificación de cultivares y su asociación con la calidad industrial (Lerner *et al.* 2004).

Cogliatti (2009) analizó los patrones proteicos obtenidos por electroforesis en geles de poliacrilamida (SDS-PAGE) de una colección de germoplasma de alpiste conformada por 57 materiales (47 poblaciones y 10 cultivares) originarias de 19 países (Argentina, Brasil, Canadá, Egipto, España, Estados Unidos, Holanda, Hungría, Irán, Italia, Jordania, Marruecos, México, Portugal, Rep. Checa, Siria, Suecia, Suiza y Turquía). Mediante el método de electroforesis (SDS-PAGE) se halló escasa variabilidad entre las introducciones debida a la constitución proteica de los granos, dado que se obtuvieron patrones electroforéticos semejantes tanto para las proteínas de reserva de los granos extractables en alcohol (Fig. 1), como para las no extractables en alcohol (Fig. 2). Para esta segunda técnica, se observó sólo una diferencia cualitativa entre una de las líneas (Nro. 19 en la Fig. 2) y las restantes: esta línea tuvo una banda denominada 2* en lugar de la banda 3 presente en las otras. Para ambos métodos se observaron diferencias en la intensidad de las bandas, las cuales estuvieron asociadas con diferentes concentraciones de las distintas fracciones proteicas, probablemente provocadas por diferencias ambientales.

Dada la muy limitada variabilidad hallada en los patrones electroforéticos de las proteínas de los granos de alpiste, esta metodología no permitiría explorar potenciales asociaciones entre éstos y caracteres de interés agronómico.

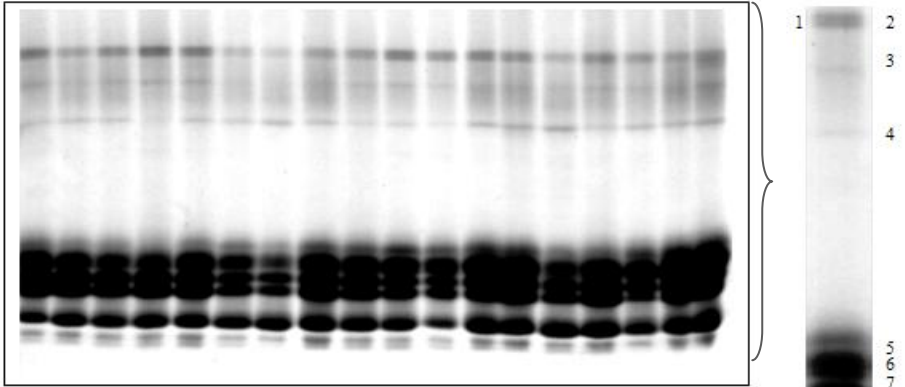


Figura 1: Patrones electroforéticos de las proteínas de los granos de alpiste extractables en alcohol. A la derecha se muestra una imagen ampliada con las bandas enumeradas. (SDS-PAGE 17%). Cogliatti (2009)

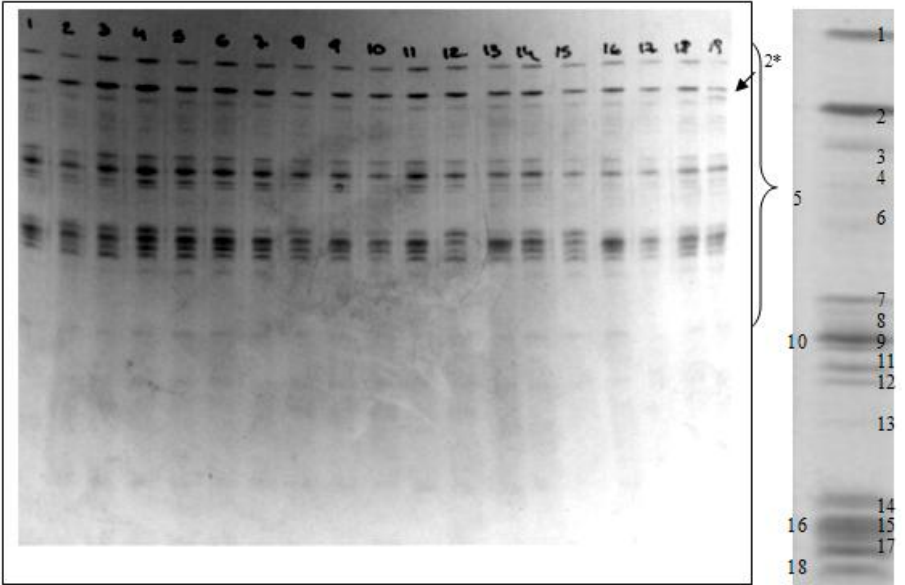


Figura 2: Patrones electroforéticos de las proteínas de los granos de alpiste no extractables en alcohol. A la derecha se muestra una imagen ampliada con las bandas enumeradas. (SDS-PAGE 17%) Cogliatti (2009)

En las últimas dos décadas se ha desarrollado la tecnología de marcadores moleculares para el estudio de la variación genética en los cultivos, y recientemente se aplicó esta metodología al estudio de la variación presente en alpiste (Li *et al.*, 2010). En este estudio, se desarrollaron marcadores de tipo SSR (“simple sequence repeat”, también conocidos como micro-satélites) en una colección de cuarenta y ocho accesiones. De los treinta y siete micro-satélites polimórficos estudiados, el PIC (“polymorphic information content”) varió entre 0,08 y 0,73, con un promedio de 0,36. Se mostró que este nivel de polimorfismo fue suficiente como para permitir un análisis filogenético de las accesiones, permitiendo agruparlas en cinco grupos mayores (coeficiente de similaridad de 0,75), cuatro de los cuales incluyen dos a cuatro accesiones en cada uno, mientras el quinto grupo incluyó las treinta y cinco accesiones restantes. Dos de los pequeños grupos incluyeron accesiones provenientes de la misma región. Se observaron otros agrupamientos dentro de la colección, como por ejemplo un grupo a nivel de similaridad de 0,85 que contuvo la mayoría de las accesiones de Irán, mientras los cultivares norteamericanos “Elias” y “Togo” se encontraron agrupados juntos en un grupo a similaridad 0,79. Los cultivares “Katan” y “Danah-Ghanari” mostraron una similaridad de 0,94, un reflejo de su pedigrí común. Fueron caracterizadas relaciones adicionales entre accesiones provenientes de distintas regiones, y se demostró que accesiones provenientes de regiones vecinales tendieron a mostrar similaridades entre sí. Sin embargo, accesiones de algunas regiones fueron distribuidas en distintos grupos, y en general no fue posible lograr agrupar las accesiones limpiamente por región.

En conclusión, la metodología de marcadores moleculares empleada en este estudio mostró ser una herramienta más poderosa para la identificación de variación genética que el análisis de isoenzimas.

VII.3- Marcadores moleculares

En las últimas dos décadas se ha desarrollado la tecnología de marcadores moleculares para el estudio de la variación genética en los cultivos, y recientemente se aplicó esta metodología al estudio de la variación presente en alpiste (Li *et al.*, 2010). En este estudio, se

desarrollaron marcadores de tipo SSR (–simple sequence repeat”, también conocidos como micro-satélites) en una colección de cuarenta y ocho accesiones. De los treinta y siete micro-satélites polimórficos estudiados, el PIC (–polymorphic information content”) varió entre 0,08 y 0,73, con un promedio de 0,36. Se mostró que este nivel de polimorfismo fue suficiente como para permitir un análisis filogenético de las accesiones, permitiendo agruparlas en cinco grupos mayores (coeficiente de similaridad de 0,75), cuatro de los cuales incluyen dos a cuatro accesiones en cada uno, mientras el quinto grupo incluyó las treinta y cinco accesiones restantes. Dos de los pequeños grupos incluyeron accesiones provenientes de la misma región. Se observaron otros agrupamientos dentro de la colección, como por ejemplo un grupo a nivel de similaridad de 0,85 que contuvo la mayoría de las accesiones de Irán, mientras los cultivares norteamericanos –Elias” y –Fogo” se encontraron agrupados juntos en un grupo a similaridad 0,79. Los cultivares –Katan” y –Daneh-Ghanari” mostraron una similaridad de 0,94, un reflejo de su pedigrí común. Fueron caracterizadas relaciones adicionales entre accesiones provenientes de distintas regiones, y se demostró que accesiones provenientes de regiones vecinales tendieron a mostrar similaridades entre sí. Sin embargo, accesiones de algunas regiones fueron distribuidas en distintos grupos, y en general no fue posible lograr agrupar las accesiones limpiamente por región.

En conclusión, la metodología de marcadores moleculares empleada en este estudio mostró ser una herramienta más poderosa para la identificación de variación genética que el análisis de isoenzimas.

VII.4- Metabolómica

Durante años aún más recientes, se ha desarrollado una disciplina adicional, denominada “metabolómica”, la que se puede definir como una disciplina que permite la detección, cuantificación y el estudio del conjunto de metabolitos de una célula, tejido u órgano (Roessner, 2009).

Dado que dichos metabolitos son moléculas pequeñas producidas por el metabolismo de un organismo, el cual generalmente es muy dependiente de su actividad génica, la metabolómica constituye una herramienta potencialmente valiosa para la caracterización de la variabilidad genética presente en una colección de germoplasma. Esta tecnología fue aplicada por primera vez al estudio de alpiste por Cogliatti *et al.* (2011) y Rogers *et al.* (2012). En este análisis, se determinaron los perfiles metabólicos en treinta y tres accesiones de alpiste por “electrospray ionization - mass spectrometry” (ESI-MS; ionización por “electrospray” - espectrometría de masa), a través de la extracción de los metabolitos en los granos por solventes basados en metanol y cloroformo. Subsecuentemente, a través de una serie de análisis de componentes principales (PCA) aplicados a las composiciones de metabolitos de cada accesión, clasificada de acuerdo con su región geográfica de origen, se pudo lograr discriminar la mayoría de las regiones entre sí. Por ejemplo, en un análisis inicial de los datos, en el cual se incluyeron todas las regiones, se pudo distinguir las accesiones provenientes de Irán y Suecia de las restantes, y además las accesiones provenientes de Marruecos-Egipto-Jordania, las cuales en este caso se superpusieron entre sí. Subsecuentemente se excluyeron los datos correspondientes a estas regiones y se repitió el análisis; como resultado se pudieron distinguir las regiones de Brasil, México y Turquía de las restantes. En un tercer análisis, se lograron distinguir las regiones de Italia, Portugal, Suiza y EEUU de las restantes. Finalmente, de un cuarto análisis, se lograron discriminar las demás regiones, aunque con mayor grado de superposición entre sí.

Además de los análisis generales, se realizaron análisis comparando pares contrastantes de regiones geográficas. Como resultado, se pudieron identificar las masas de mayor influencia en las separaciones,

lo que se hizo sobre la base de las cargas (loadings) generadas por los PCA. Como ejemplo, en la Figura 3 se muestra la separación entre las accesiones provenientes de México y las de Irán, donde se puede discernir una clara discriminación entre las dos regiones geográficas (datos no publicados).

De este análisis, se concluye que ESI-MS permite de manera promisoría discriminar el germoplasma de alpiste de distintas regiones geográficas, información valiosa en programas de mejoramiento genético, dado que la base de la discriminación fue principalmente la variación genética. Queda para identificar en el futuro los metabolitos específicos responsables de las diferencias, a fin de explorar su relación con el comportamiento agronómico.

Se prevé que la combinación de esta técnica con la de los marcadores moleculares resultaría en una poderosa metodología para la discriminación de distintos materiales de alpiste.

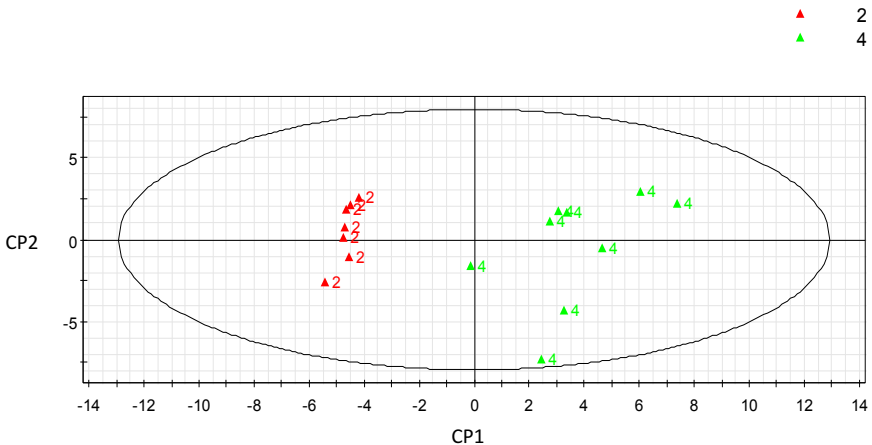


Figura 3: Separación por componentes principales (CP) 1 y 2 de las accesiones de México (código 2) e Irán (código 4)

VII.5- Referencias

Carrillo, J.M.; Rouset, M.; Qualsen, C.O. and Kasandra, D.D. (1990). Use of recombinant inbred lines of wheat for study of association of high-molecular-weight glutenin alleles to quantitative traits. 1. Grain yield y quality prediction tests. *Theor. Appl. Genet.* 79: 321-330.

Cogliatti, M.; Bongiorno, F.; Dalla Valle, H. and Rogers, W.J. (2011). Canaryseed (*Phalaris canariensis* L.) accessions from nineteen countries show useful genetic variation for agronomic traits. *Journal of Plant Science* 91: 1-12.

Cogliatti, M. (2009). Variabilidad genética en alpiste como base para su mejoramiento. Trabajo de tesis de Magister Sc. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata. Bs. As. Argentina. 67 pp

Jvornik, B.; Sinkovic, T.; Vapa, L.; Koebner, R.M.D. and Rogers, W.J. (1991). A comparison of methods for identifying and surveying the presence of 1BL.1RS translocations in bread wheat. *Euphytica* 54: 45-53.

Kadir, Z.B.A. (1974). DNA values in the genus *Phalaris* (Graminea). *Chromosoma* 45: 379-386.

Lerner S.E.; Cogliatti, M.; Ponzio N.R.; Seghezzi M.L.; Molfese E.R. y Rogers W.J. (2004). Genetic variation for grain protein components and industrial quality of durum wheat cultivars sown in Argentina. *Journal of Cereal Science* 40: 161-166.

Li J.; Båga, M.; Hucl, P. and Chibbar, R.N. (2011). Development of microsatellite markers in canary seed (*Phalaris canariensis* L.). *Molecular Breeding* 28: 611-621.

Matus-Cádiz M. and Hucl, P. (1999). Isoenzyme variation within and among accessions of

annual *Phalaris* species in North America Germplasm Collections. *Crop Science* 39: 1222-1228.

Poverene, A.M.; Carrera, A.; Marincioni, M.C. y Bodega, J.L. (1994). Variación isoenzimática en una colección de alpiste. III Congreso Nacional de Trigo y I Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-Invernal, Bahía Blanca. Libro de actas pp 279-280.

Roessner U. and Bacic, A. (2009). Metabolomics in plant research. *Australian Biochemist* 40: 9-11 and 20.

Rogers, W. J., Cogliatti, M.; Burrell, M. M.; Steels, C.; Kallenberg, F.; Bongiorno, F. y Dalla Valle, H. (2012). Mejoramiento y metabolómica del cultivo de alpiste (*Phalaris canariensis*). En “Cereales de Invierno: la investigación científico-técnica” desarrollada por el INBA, (CONICET/FAUBA), el BIOLAB AZUL (CIC-PBA/FIBA/FAUNCPBA), la Facultad de Agronomía - UBA y la Facultad de Agronomía - UNCPBA. Compilado por SA Stenglein, MV Moreno, M Cogliatti, WJ Rogers, MA Carmona y RS Lavado. 1ra ed. Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Bs. As., 2012. ISBN 978-950-658-301-9, pp: 147-153.

Villarroya, M.; Cadahia, E. y Garcia-Baudin, J.M. (1983). Variabilidad isoenzimática en *Phalaris minor* Retz. y *P. brachystachys* Link. Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Serie Agrícola 23: 85-95. Madrid, España.

CAPITULO VIII

ASPECTOS DE LA COMERCIALIZACIÓN Y RESULTADOS ECONÓMICOS. SINGULARIDADES DEL ALPISTE RESPECTO DE LOS MERCADOS DE GRANOS TRADICIONALES.

María Daniela Menici y Graciela Bilello

VIII.1- Introducción

VIII.2- Caracterización de la producción y el comercio mundial de alpiste

VIII.2.1- Evolución de la superficie y producción mundial

VIII.2.2- Principales países productores de alpiste

VIII.2.3- Principales países exportadores

VIII.2.4- Principales países importadores

VIII.3- Argentina

VIII.3.1.- Superficie y producción

VIII.3.2- Zonas productoras de alpiste

VIII.4- Provincia de Buenos Aires

VIII.4.1- Principales partidos productores

VIII.5- Partido de Azul

VIII.6- Resultados del cultivo de alpiste para el partido de Azul

VIII.7- Consideraciones Finales

VIII.8- Referencias

VIII.9- ANEXO: Normas de comercialización de alpiste

VIII.1- Introducción

Los cereales y oleaginosas con elevado volumen de producción y comercialización a escala mundial como el trigo, maíz, soja y girasol, presentan mercados internacionales activos. Sus cotizaciones derivan de los principales destinos y tienden a reflejarse en los precios de los puertos argentinos por lo que, excepto situaciones de corto plazo, determinan lo que ocurre internamente con los precios de los mismos. En el ámbito local, los precios de referencia son conocidos como “precios pizarra” o “de cámara” y son publicados por las llamadas Bolsas de Cereales, representando un precio orientativo de las operaciones que se registraron en sus Cámaras Arbitrales.

En el caso del alpiste, los analistas sostienen que la producción canadiense, principal exportador, es la que determina los precios mundiales¹. Sin embargo, dadas las características de la producción global, su mercado² se define como muy volátil, y por la condición de ser considerado un cultivo menor habitualmente no presenta cotizaciones formales en los mercados tradicionales.

VIII.2- Caracterización de la producción y el comercio mundial de alpiste

VIII.2.1- Evolución de la superficie y producción mundial

Si bien la superficie y la producción mundial presentan, promedio de las últimas cuatro décadas, incrementos acumulados del 108 % y 132 %, respectivamente (Figura 1), el alpiste sigue siendo considerado un cultivo menor. Esto se debe, principalmente, a: I- sus bajos volúmenes de producción, comparado con otros cereales como por

1 Entre el 70 y 80% de la producción canadiense se exporta, principalmente a Europa, Sudamérica y los EE.UU.

2 La naturaleza del mercado hace que ante la escasez u exceso de producción en algunos años se origine una variación considerable del precio de año en año.

ejemplo el trigo y la cebada³, II- la escasez de inversiones públicas y/o privadas en el mejoramiento genético y tecnológico del cultivo⁴ y III- a las restricciones en su uso⁵, el cual se limita, por el momento, a la alimentación de aves de compañía y silvestres⁶.

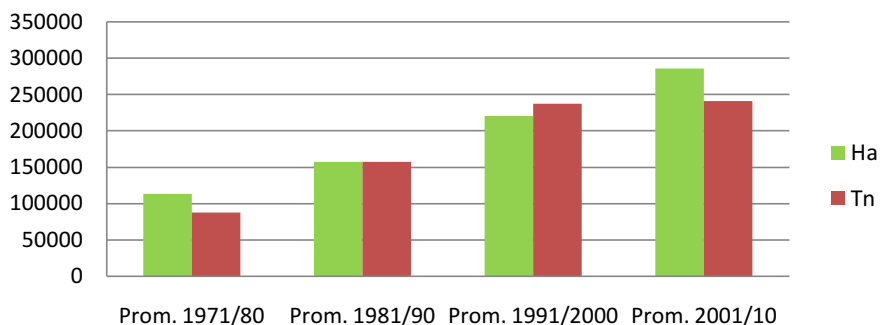


Figura 1: Evolución superficie y producción mundial. Elaboración propia según datos de la FAO

La Figura 1 muestra una evolución de la producción mundial que a ojos vista no presenta grandes oscilaciones en las cuatro décadas analizadas, con un constante y moderado incremento en la superficie implantada y la producción.

No obstante, debe tenerse en cuenta que son promedios de cada década y cuando se analizan plazos de tiempo más cortos, las fluctuaciones en la producción y superficie destinada al cultivo están directamente relacionadas con las oscilaciones drásticas que se dan en los precios en

3 En términos porcentuales, la producción mundial de alpiste representa 0.17% de la de cebada y tan solo el 0.04% de la de trigo (Statistical Data Base of the Organization of the United Nations Food and Agriculture - FAOSTAT-2010).

4 Tanto por parte de los organismos públicos como por las multinacionales productoras de semillas. La restricción en la inversión pública y/o privada para su mejoramiento genético y tecnológico provoca que el tipo de manejo del cultivo que se aplica a esta especie dependa en gran medida a las innovaciones hechas en otros cultivos similares (Cogliatti, 2012).

5 El alpiste es destinado casi exclusivamente a la alimentación de pájaros, solo o en mezclas, aunque la industria absorbe un pequeño porcentaje en la elaboración entre otras cosas de aperos para tejidos y la destilación de bebidas (Yaguez, 2002).

6 Existe un mercado creciente de aves de compañía en países con importantes poblaciones urbanas como los EE.UU., Bélgica, España, Italia, México y Brasil. Además en los últimos años ha adquirido una gran importancia en países de Europa y América del Norte, el cuidado y alimentación de aves silvestres como resultado de la mayor conciencia de conservación de la naturaleza y para el embellecimiento de las actividades al aire libre (Edo Lin, 2005).

el mercado mundial de este producto. A modo de ejemplo, la producción de alpiste a nivel global para la década 2001-2010, muestra una evolución cíclica, si bien tendería a estabilizarse en los últimos años (Figura 2). Los operadores de este mercado indican que generalmente al aumento de la demanda mundial le sigue un aumento de la producción que, a su vez, ocasiona un descenso en los precios y una consiguiente reducción en las tierras destinadas a la siembra al año siguiente. Esto comporta una notable variación de los precios y una producción anual que consideran, podría definirse como oscilante. Otros factores que determinan la producción mundial de alpiste son las condiciones climáticas estacionales (de la que depende el cultivo de dicha semilla), y sobre todo la calidad de la semilla de siembra utilizada.

Según datos de la FAO⁷, para el año 2010 la producción mundial se ubicó alrededor de las 186 mil toneladas y la superficie en aproximadamente 237 mil hectáreas (Figura 2).

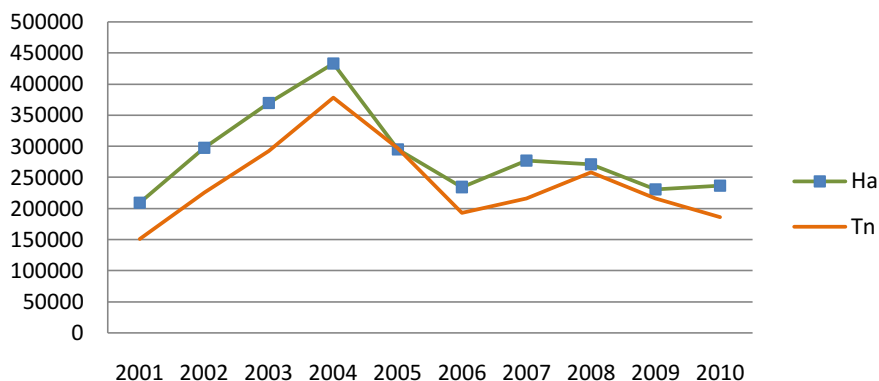


Figura 2: Superficie y producción mundial -Período 2001-2010. Elaboración propia según datos de la FAO.

VIII.2.2- Principales países productores de alpiste

Hasta finales de la década de 1970/80 la Argentina fue el principal país productor de alpiste. En la actualidad nuestro país se

⁷<http://faostat.fao.org/>(2012)

encuentra entre los tres primeros, siendo Canadá el líder indiscutido en el ranking mundial. (Tabla 1).

Tabla 1: Principales países productores de alpiste entre 1961 y 2010.

Países	1961/70		1971/80		1981/90		1991/00		2001/10	
	t	%	t	%	t	%	t	%	t	%
Argentina	42.660	54,3	38.470	44,1	47.840	30,4	27.164	11,4	15.893	6,4
Australia	7.610	9,7	10.444	12	9.298	5,9	4.893	2,1	4.987	2
Canadá	-	0	2.300	2,6	80.320	51,1	171.890	72,4	188.580	75,6
República Checa	-	0	-	0	-	0	-	0	446	0,2
Hungría	-	0	-	0	-	0	27.702	11,7	9.067	3,6
México	6.361	8,1	10.541	12,1	10.090	6,4	927	0,4	337	0,1
Marruecos	5.610	7,1	16.051	18,4	4.374	2,8	-	0	-	0
Países Bajos	1.211	1,5	-	0	-	0	-	0	-	0
España	3.655	4,7	5.054	5,8	1.665	1,1	199	0,1	57	0
Tailandia	400	0,5	1.000	1,1	1.681	1,1	2.200	0,9	26.652	10,7
Turquía	8.468	10,8	2.251	2,6	430	0,3	312	0,1	220	0,1
Uruguay	2.610	3,3	1.179	1,4	1.580	1	1.999	0,8	3.052	1,2
Totales	78.585	100	87.290	100	157.278	100	237.285	100	249.290	100

Fuente: Elaboración propia según datos de la FAO

En el promedio de la última década analizada (2001/10) Canadá aportó un 75,6 % a la producción mundial. Para el mismo período otras áreas importantes de producción fueron: Tailandia (10,7 %), Argentina (6,4 %), Hungría (3,6 %) y Australia (2 %). Aunque con participaciones más reducidas, se encuentran otros países productores como Uruguay, México, República Checa, Turquía (Tabla 1).

VIII.2.3- Principales países exportadores⁸

En relación con el comercio internacional, Canadá introdujo en el mercado, para el promedio del quinquenio 2005-2009, aproximadamente el 83% de la producción mundial de alpiste, con un volumen aproximado entre las 150 y 200 mil toneladas. El resto de las exportaciones mundiales correspondieron a Bélgica (5%), Argentina (3%), a EE.UU. (un 3%) y a Hungría (2%) (Figura 3).

⁸ La producción con destino comercial se introdujo en los Estados Unidos en la década de 1950 y se extendió a Canadá en la década de 1970.

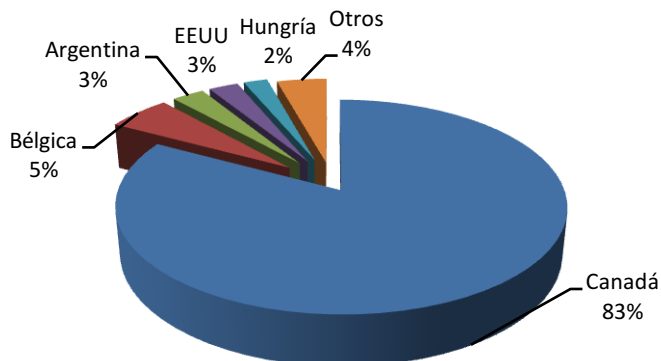


Figura 3: Principales países exportadores (En porcentaje de aporte a la producción total). Elaboración propia según datos de la FAO.

Una gran parte de las exportaciones de Canadá se dirige a México y a países de América del Sur; en este último caso, el volumen de las exportaciones canadienses depende estrictamente del nivel de producción argentina.

VIII.2.4- Principales países importadores

Por su parte, los principales países importadores son México, Brasil y Bélgica, quienes en conjunto absorbieron, para el promedio del período 2005-2009, 102 mil toneladas, es decir aproximadamente el 50 % de las importaciones mundiales (Figura 4). Brasil es el principal comprador de alpiste proveniente de la Argentina, mientras que la demanda de los mercados europeos se satisface principalmente con las exportaciones de Hungría.

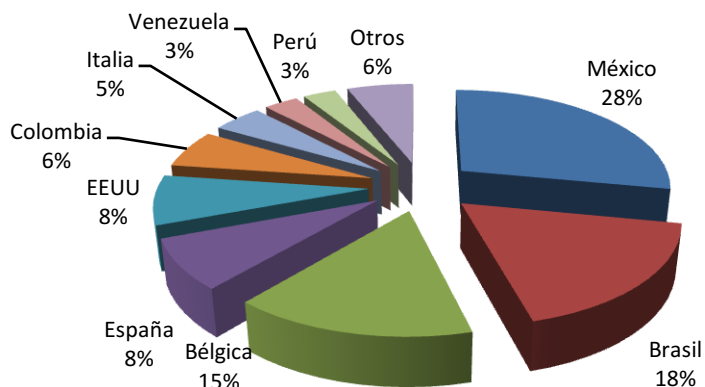


Figura 4: Principales países importadores (%). Elaboración propia según datos de la FAO.

VIII.3- Argentina

VIII.3.1.- Superficie y producción

Como sucede a nivel mundial, el área de siembra nacional de alpiste presenta oscilaciones anuales muy pronunciadas, que afectan directamente los volúmenes de producción y sus posteriores precios. Como se mencionara anteriormente, en las décadas del 70 y 80, la Argentina producía aproximadamente el 50 % del tonelaje mundial de alpiste (Yaguez, 2002). Los datos del MinAgri (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación) indican que para la campaña 1977/78 se registró el máximo de superficie sembrada, con un valor de 75 mil hectáreas, y en la campaña 1982/83 la máxima producción, con un valor de 63 mil toneladas (Figura 5).

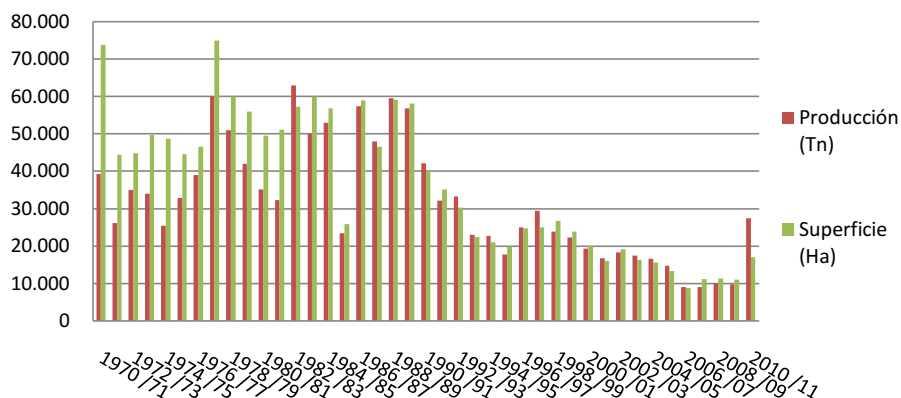


Figura 5: Evolución área sembrada y producción. Elaboración propia según datos del MinAgri.

Sin embargo, según señala un informe de la ex SAGyP (2003)⁹ (hoy MinAgri), con el transcurso de los años el alpiste fue perdiendo su condición de alternativa de producción para los productores primarios, al perder rentabilidad frente a otras opciones, y debido también a otros factores limitantes que han imposibilitado la recuperación y estabilización del cultivo. En primer lugar, se destacan aspectos vinculados a la implantación y manejo del cultivo a los cuales muchos productores no están habituados. En segundo término, la noción de que se trata de “cultivo especulativo” puesto que sus granos son de fácil conservación en silos durante periodos prolongados de tiempo, lo cual ha traído aparejado, en más de una oportunidad, que el volumen exportado en un periodo comercial superara holgadamente al volumen de granos cosechados en la campaña agrícola correspondiente, en la medida que las cotizaciones del producto se desplazaban hacia valores altos. Finalmente, se debe tener en cuenta, la poca transparencia del

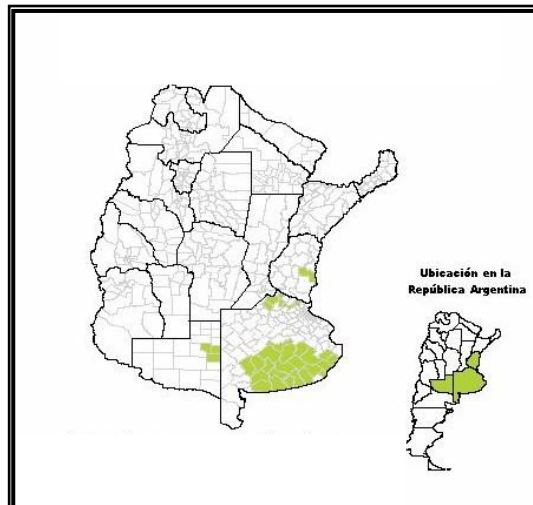
⁹http://www.old.siaa.gov.ar/estimaciones_agricolas/03-por_cultivo/_archivo/000000_Cereales/000000_Alpiste/

mercado en el que conviven muy pocos compradores¹⁰ con un destino casi exclusivo del producto para la exportación.

VIII.3.2- Zonas productoras de alpiste

Los datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación demuestran que la principal región productora de alpiste ha sido históricamente la provincia de Buenos Aires (Mapa 1 y Figura 6), en tanto que provincias como Córdoba y Santa Fe han efectuado aportes poco significativos a la producción entre las décadas de los 70 y 80. Entre Ríos y La Pampa irrumpen muy modestamente a partir de principios del año 2000.

Mapa 1: Zonas productoras de alpiste. Fuente: MinAgri 2012.



10 — .se presentan dificultades al momento de conseguir compradores que pujen entre sí por los lotes que salen a la oferta. De esta forma, en muchas épocas del año, el mercado toma los niveles de precios que los compradores desean imprimirle, sin incluir el libre juego de la oferta y la demanda”. (Entrevista Operador de Granos Acopio Zonal).

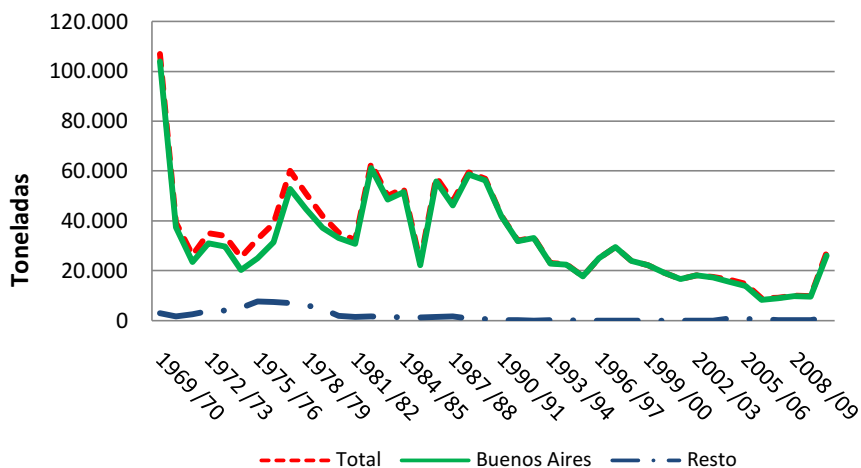


Figura 6: Evolución producción alfiste. Campañas 1969/70-2010/11. Buenos Aires vs Resto. Elaboración propia según datos del MinAgri.

Para el promedio de las campañas 2006/07 – 2010/11, Buenos Aires aportó el 96,24% de la producción total del país (12.547 toneladas), mientras que Entre Ríos, La Pampa y Córdoba lo hicieron en un 3,61% (470 toneladas), en un 0,08% (11 toneladas) y en un 0,07% (9 toneladas), respectivamente (Figura 7). El intrascendente aporte a la producción total de las provincias de La Pampa y Córdoba (que representan menos que la carga de un camión cerealero), llevan a poner en duda la exactitud de la información de fuentes oficiales en este producto en particular debido, probablemente, a la existencia de un porcentaje mayor de ventas informales que para otros granos.

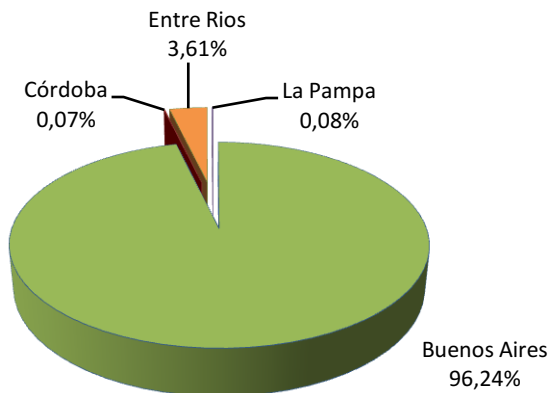


Figura 7: Aportes por provincias al total de producción. Promedio quinquenio 2006/07 - 2010/11. Elaboración propia según datos del MinAgri.

VIII.4- Provincia de Buenos Aires

Buenos Aires fue durante muchos años el núcleo de la producción de alpiste, el cual compitió con otros cultivos de invierno. En la Figura 8 se observa el comportamiento de la producción y la superficie sembrada durante las campañas 2001/02 - 2010/11. Allí se evidencia una caída en la producción y superficie a partir de la campaña 2002/2003 hasta la campaña 2006/2007, pasando de las 18 mil toneladas y 19 mil hectáreas sembradas a 8 mil toneladas y 7,7 mil hectáreas, respectivamente. A partir de allí comienza a recuperarse lentamente llegando a un pico de producción en la campaña 2010/2011 de 26 mil toneladas, con una superficie aproximada de 15 mil hectáreas.



Figura 8: Buenos Aires, superficie y producción. Campañas 2001/02 - 2010/11. Elaboración propia según datos del MinAgri.

VIII.4.1- Principales partidos productores

Con relación a la contribución que efectúan los partidos a la producción total de alpiste de la provincia de Buenos Aires, cuando se analizan los promedios de producción de las campañas 2001/02 – 2010/11, los que mayormente han aportado han sido, en orden de importancia, Olavarría (1800 t), Azul (1033 t), Coronel Suárez (940 t), General Lamadrid (935 t), Balcarce (932 t), Necochea (851 t), Tres Arroyos (807 t), Lobería (788 t) y Tandil (652 t). Estos nueve partidos contribuyeron aproximadamente con un 75% a la producción provincial (Figura 9).

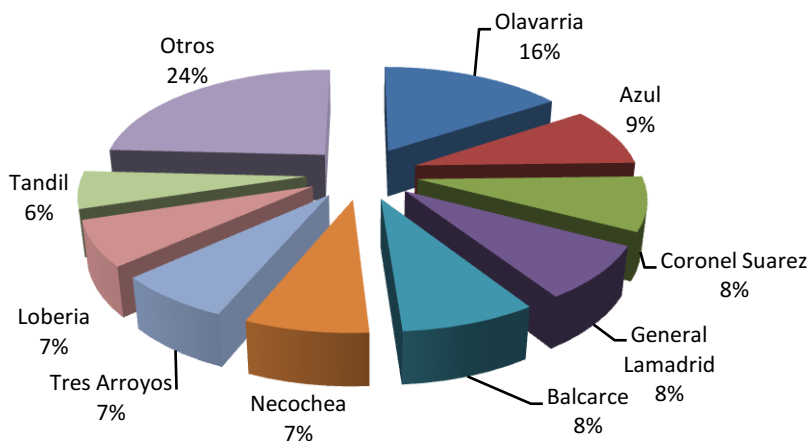


Figura 9: Aportes porcentuales por Partido a la producción deBs As. Promedio campañas 2001/02-2010/11. Elaboración propia según datos del MinAgri.

En términos relativos de superficie y para el mismo período, se encuentran nuevamente Olavarría y Azul liderando los lugares con un 12,6 y 9,6% del total provincial (1650 y 1235 hectáreas, respectivamente). Le siguen Necochea y Tres Arroyos con un 8,6% (1125 hectáreas cada uno), Coronel Suárez y General Lamadrid con un promedio de 7,6% (alrededor de 1000 hectáreas cada uno), Tandil con el 6% (790 hectáreas) y más abajo Lobería y Balcarce con aproximadamente 3,6 y 2,9% (475 y 380 hectáreas, respectivamente) (Figura 10).

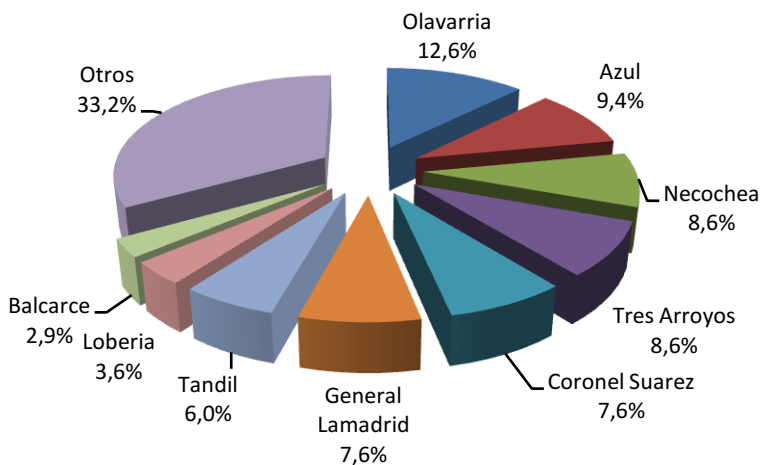


Figura 10: Aportes porcentuales por Partido a la superficie deBs As. Promedio campañas 2001/02-2010/11. Elaboración propia según datos del MinAgri.

Los partidos que presentan mayores rendimientos para el promedio de las campañas 2001/02 a 2010/11 fueron Coronel Suárez, General Lamadrid, Tandil y Azul, que están aproximadamente en los 1250 -1200 kg/ ha, mientras que Olavarría se encuentra alrededor de los 950 kg/ha. La media de la provincia para dicho período fue de aproximadamente 1100 kg/ha (Figura 11).

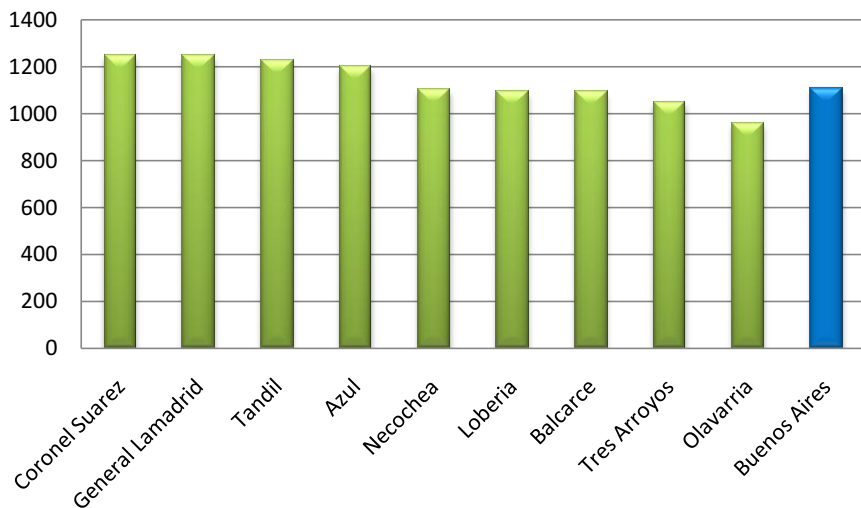


Figura 11: Rendimiento promedio por Partido vs rendimiento promedio Buenos Aires. Campañas 2001/02-10/11. Elaboración propia según datos del MinAgri.

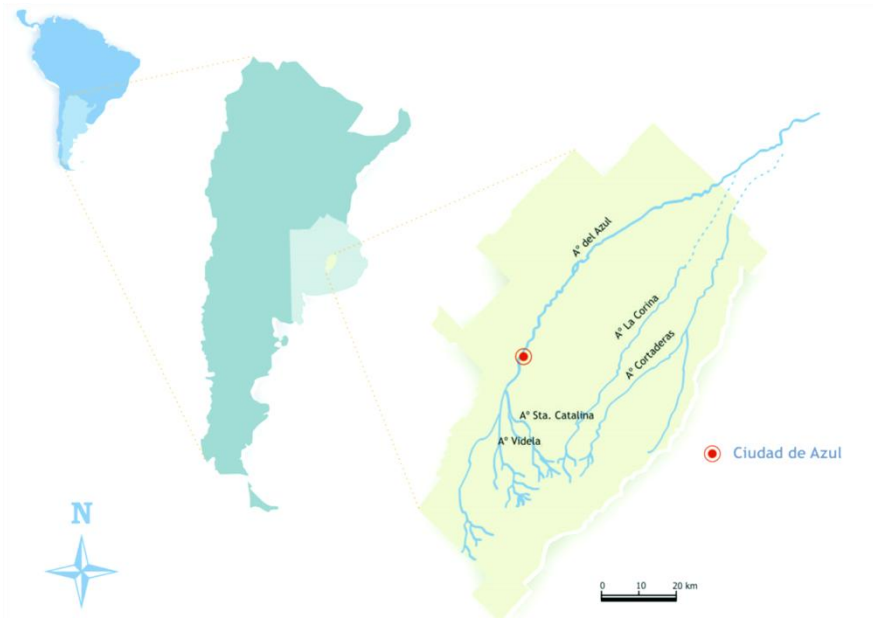
VIII.5- Partido de Azul

El partido de Azul está ubicado en el centro de la provincia de Buenos Aires (Mapa 2). En él se destaca la presencia de una empresa local que está considerada como la primera exportadora argentina de alpiste¹¹. La misma posee entre sus diversas instalaciones una alpistera¹², única en la región, y trabaja casi de manera conjunta con el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca en el establecimiento de los precios oficiales. Dada su trayectoria y sus conocimientos del mercado se ha convertido en una referente nacional en la temática.

¹¹ <http://www.noticiaenfoto.com.ar/>, julio 2011.

¹² Se trata de plantas específicas, destinadas únicamente al acopio y acondicionamiento del alpiste.

Mapa 2: Ubicación del partido de Azul en la provincia de Buenos Aires. (Digitalizado por el Instituto de Hidrología de Llanuras – Azul 2010)



Historicamente, a partir de la campaña 1976/77, el principal cultivo de invierno del partido ha sido el trigo, por debajo y en orden de importancia se encuentran, hasta la campaña 2002/03, la avena, el alpiste y la cebada cervecera. Cabe mencionar que de estos tres cultivos, el único que ha presentado continuidad en la siembra es el alpiste. A partir de la campaña 2002/03 comienza a cobrar importancia en la región el cultivo de cebada cervecera, relegando al tercer y cuarto lugar a la avena y al alpiste, respectivamente. (Figura 12).

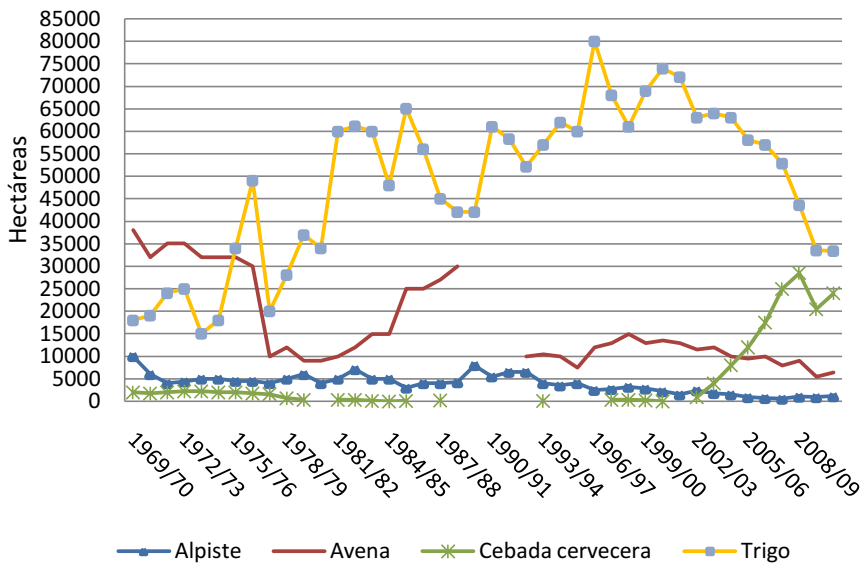


Figura 12: Partido de Azul. Evolución en la superficie sembrada con cultivos invernales. Campañas 1969/70 - 2010/11. Elaboración propia según datos del MinAgri.

Amplificando la figura anterior –entre campañas 2001/02 y 2010/11-, se observa una caída en la superficie sembrada de trigo y avena, de aproximadamente el 50%. Por su parte la cebada cervecera ha logrado posicionarse hasta llegar a las 24 mil ha sembradas desde las exiguas 900 hectáreas para la campaña 2002/03. El alpiste para el período analizado, presenta una reducción en el área de siembra de aproximadamente un 26% (Figura 13).

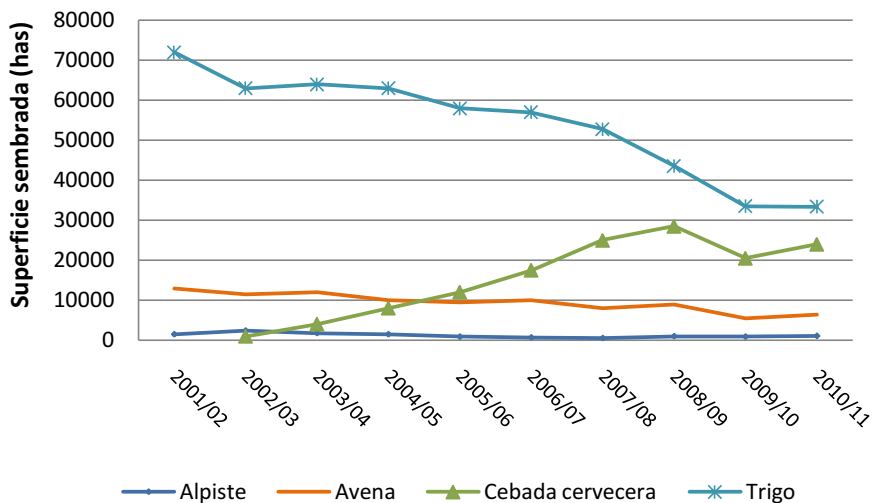


Figura 13: Partido de Azul. Superficie Cultivos de invierno - Campañas 2001/02-2010/11. Elaboración propia según datos del MinAgri.

Para el promedio de las campañas 2006/07-2010/11 la superficie del partido sembrada con cultivos de invierno se repartió entre el trigo con un 57,3%, cebada cervecera con un 30%, avena con un 10,1%, alpiste con un 1,1%, colza con un 0,9% y trigo candeal con un 0,6% (Figura 14).

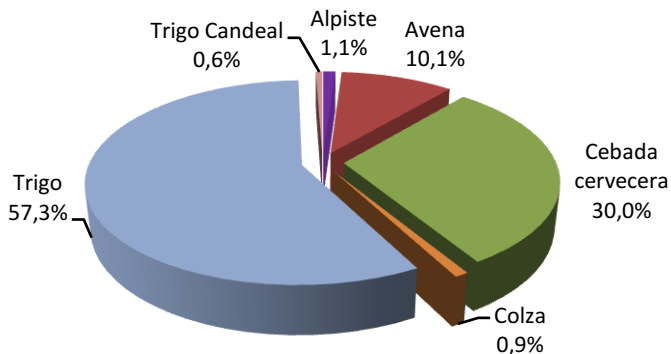


Figura 14: Partido de Azul. Superficie sembrada con cultivos de invierno (%). Promedio Campañas 2006/07-10/11. Elaboración propia según datos del MinAgri

Para alpiste se observa que la superficie sembrada y la producción, en las últimas diez campañas, muestran una tendencia similar a la revelada a nivel provincial (Figura 8 y 15).

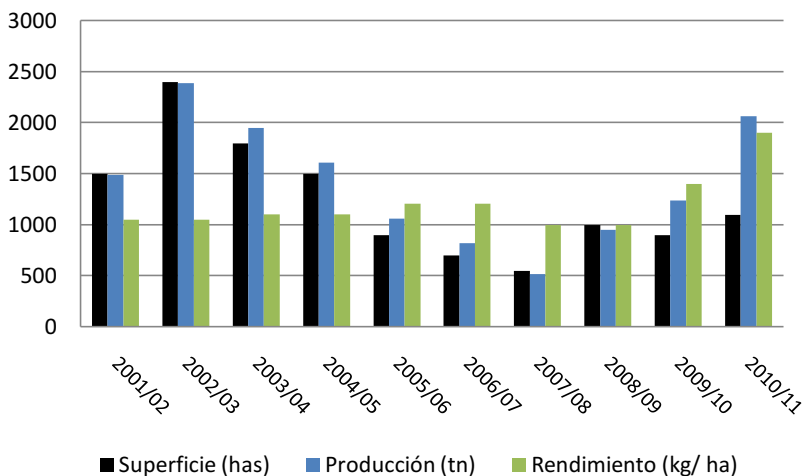


Figura 15: Partido de Azul. Campañas 2001/02-2010/11. Elaboración propia según datos del MinAgri.

Entre las campañas 2002/03 - 2007/08 se evidencia una caída en la superficie sembrada y en la producción del 78 y 77%, respectivamente;

mientras que a partir de dicho período se evidencia una tendencia ascendente en ambas variables, con un crecimiento en la superficie de siembra del 100% y en la producción del 290%. En cuanto a los rendimientos, luego de una tendencia levemente creciente entre las campañas 2001/02 - 2006/07, se destaca un incremento del orden del 57% entre las campañas 2006/07 - 2010/11, pasando de 1205 a 1900 kg/ha (Figura 15).

VIII.6- Resultados del cultivo de alpiste para el partido de Azul.

En el presente apartado se analizan los resultados económicos del cultivo de alpiste para el partido de Azul, utilizando como indicador el margen bruto.

En la Tabla 2 se presenta la estimación de los precios promedios anuales recibidos por el productor de alpiste, entre los años 2008 y 2012. Los mismos se establecieron a partir de los precios FOB (libre a bordo del buque) promedios mensuales publicados por el Ministerio de Agricultura. Estos sirvieron de base para el cálculo de los precios FAS (precio de la mercadería puesta sobre camión o vagón en los puertos o fábricas. Para obtener el precio que recibe el productor, al precio FAS, también llamado disponible, se le debe descontar los gastos de comercialización, comisiones y transporte.

Cabe destacar que las comisiones y paritarias, así como el flete largo, no tienen incidencia en la formación del precio promedio recibido por el productor. En el primero de los casos, se debe a que el acopio local no realiza percepción alguna sobre los mencionados conceptos para el caso específico del alpiste. Mientras que en el segundo, el productor del partido o zonas aledañas, entrega directamente su producción al acopio, teniendo que afrontar únicamente el flete del campo a la planta.

Tabla 2: Estimación del precio promedio en chacra, expresado en u\$/t.

Año	2008	2009	2010	2011	2012
Precio FOB Promedio	609	486	501	540	562
Derechos de Exportación 20%	122	97	100	108	112
Gtos. Fobbing (1)	8	8	8	8	8
Precio FAS Promedio	479	381	392	424	441
Comisión y Paritaria	0	0	0	0	0
Flete Corto (30 km) (2)	5,06	6,40	7,19	7,61	11,22
Impuesto s/Ingresos Brutos	1,53	1,02	1,00	1,03	0,97
Precio Promedio en chacra	472	374	384	416	429

Elaboración propia

(1) Los gastos de fobbing incluyen la carga y descarga en puertos, SENASA, inspecciones, almacenaje, comisión corredor FOB, y gastos comerciales en la compra de la mercadería.

(2) Con base a la tarifas establecidas por la Confederación Argentina del Transporte Automotor de Cargas (CATAC) para cada año.

El rendimiento logrado (Tabla3) se estableció de acuerdo con la tecnología habitual implementada en la zona y considerando los promedios del partido para las últimas campañas¹³. El cultivo se plantea bajo la modalidad de siembra y cosecha directa¹⁴.

¹³MinAgri, 2012.

¹⁴Para el caso del alpiste existe la posibilidad de realizar la cosecha efectuando primero el hilerado y en forma diferida la trilla, esto permitiría una mejor calidad del producto cosechado. La cosecha directa por su parte cuenta con la ventaja de poder realizar soja de 2o en el mismo lote.

Tabla 3: Resultados

		Año				
Rendimiento: 1,7 (Tn/ha)		2008	2009	2010	2011	2012
Labores *	u\$s/ ha	51,03	49,56	59,22	71,02	78,62
Semilla	u\$s/ ha	58,45	46,70	48,05	51,87	53,92
Fertilizantes *	u\$s/ ha	124,40	55,70	66,75	89,60	88,75
Agroquímicos *	u\$s/ ha	26,46	11,92	10,94	11,92	14,60
Cosecha *	u\$s/ ha	44,90	44,70	41,40	51,90	69,00
Costo Directo	u\$s/ ha	305,24	208,58	226,35	276,31	304,89
Ingreso en Chacra	u\$s/ ha	803,22	635,32	653,15	706,56	729,54
Margen Bruto	u\$s/ ha	497,98	426,74	426,79	430,25	424,65
Retorno	u\$s/ u\$s	2,63	3,05	2,89	2,56	2,39
Rendimiento de Indiferencia	Tn/ ha	0,58	0,47	0,51	0,58	0,61

Elaboración propia.

* Con base a valores publicados por la Revista Márgenes Agropecuarios para Julio 2008, 2009, 2010, 2011 y 2012.

Del análisis de la composición de los costos directos, se observa que en términos porcentuales y para el promedio de los períodos analizados, los de mayor incidencia son los fertilizantes y las labores con un 33% y un 24%, respectivamente, mientras que la cosecha, semilla y agroquímicos tienen una incidencia del 20%, 17% y 6%, respectivamente.

La diferencia entre los ingresos en chacra y los costos directos indica que los márgenes brutos del alpiste oscilaron entre un mínimo de 424,65 u\$s/ha para el año 2012 y un máximo de 497,98 u\$s/ha para el año 2008. Los retornos generados para los diferentes períodos se encontraron entre los 2,39 y los 3,05 dólares por dólar de costo invertido. Finalmente el rendimiento promedio que hubiese permitido al productor la cobertura de los costos de implantación y protección del cultivo (rendimiento de indiferencia) se estima en aproximadamente 550 kg /ha (Tabla 3).

Si bien en el presente trabajo no se ha efectuado el cálculo de márgenes brutos para el trigo y la cebada, debe destacarse que datos recabados¹⁵ para el alpiste dan indicios de resultados superiores en un 213 % y 162 % respecto de los cultivos mencionados¹⁶.

VIII.7- Consideraciones finales

Dadas las características de la producción mundial, el mercado del alpiste se puede definir como muy volátil, al tiempo que no presenta cotizaciones “formales” en los mercados de granos. Al respecto, y por la importancia de Canadá como principal productor-exportador, es su producción la que determina los precios internacionales del producto.

Por su parte, Argentina, debido a diversos factores que limitaron el mantenimiento y la expansión del cultivo, ha perdido su posición de principal productor pero continúa presente entre los principales oferentes mundiales, aunque con aportes reducidos. Históricamente ha sido la provincia de Buenos Aires el núcleo productor de alpiste del país, aportando en promedio más del 95% a la producción total.

El partido de Azul se ubica a nivel provincial entre los que más contribuyen a la producción de alpiste, sin embargo, sus niveles de siembra son muy bajos en comparación con la superficie destinada a otros cultivos de invierno típicos en la región, como el trigo y la cebada. Existe en la ciudad una alpistera reconocida a nivel regional y nacional que en el ranking, es la primera empresa exportadora de alpiste del país.

Los márgenes brutos arrojados por el cultivo son positivos y a pesar de la volatilidad del mercado, resultan competitivos respecto de otras producciones invernales.

Del análisis efectuado, se considera que para el cultivo de alpiste están dadas las condiciones agroedafoclimáticas y comerciales para que los

15 Campaña 2011/12, según análisis propios y entrevistas a técnicos asesores de productores agropecuarios.

16En la región para la campaña 2011/12, se verificaron para el trigo y la cebada respecto del alpiste, costos directos superiores del 28 y 21% respectivamente, precios de venta/t inferiores del 226 % y 255 % respectivamente, y rendimientos/ha mayores -135% en trigo y 158% en cebada-. Nuevamente debe hacerse referencia a la alta incidencia que presenta el flete largo en los márgenes brutos del trigo y la cebada.

productores de la región lo consideren en su canasta de cultivos agrícolas como una alternativa de diversificación productiva y de reducción del riesgo comercial.

VIII.8.- Referencias

Cogliatti, M. (2012) “*Canaryseed Crop*” Revista Scientia Agropecuaria, ISSN 2077-9917, Vol. 3, No. 1, 2012, pags. 75-88. Universidad Nacional de Trujillo: Facultad de Ciencias Agropecuarias.
<http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=3892272>

Edo Lin (2005) FAO Consultant. –Production and processing of small seeds for birds. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2005.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Base de datos estadísticos integrada on-line. <http://faostat.fao.org/>

Gonzalez Torres F. y Rojo Hernandez C. (2005) Prontuario de Agricultura”. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaria General Técnica. Ediciones Mundi Prensa. Madrid.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (MinAgri)
<http://www.minagri.gob.ar/site/index.php>

Sistema Integrado de Información Agropecuaria (MinAgri)
<http://www.siiia.gov.ar/>

Yaguez J. (2002) –Alpiste: Un cultivo olvidado”. Convenio INTA - Ministerio de Asuntos Agrarios - Pcia de BsAs.
<http://anterior.inta.gob.ar/f/?url=http://anterior.inta.gob.ar/barrow/info/documentos/agricultura/alpiste/alpiste.pdf>

ANEXO I

NORMA DE CALIDAD PARA LA COMERCIALIZACION DE ALPISTE

1.- Se entiende por alpiste, a los efectos de la presente reglamentación, a los granos de la especie *Phalaris canariensis* L.

2.- BASE DE COMERCIALIZACION:

La compra-venta de alpiste se regirá por la siguiente base de comercialización:

2.1. **Cuerpos extraños comunes, descascarado y roto:** CUATRO POR CIENTO (4%), (Excluidos los cuerpos extraños similares al alpiste).

3.- TOLERANCIAS DE RECIBO:

Las entregas de alpiste quedan sujetas a las siguientes tolerancias de recibo:

3.1. **Cuerpos extraños comunes, descascarado y roto:** Máximo VEINTE POR CIENTO

(20%).

3.2. **Cuerpos extraños similares al alpiste:** Máximo CUATRO POR CIENTO (4%).

3.3. **Granos dañados:** Máximo DOS POR CIENTO (2%).

3.4. **Granos verde intenso:** Máximo DIEZ POR CIENTO (10%).

3.5. **Cornezuelo:** Máximo CERO COMA UNO POR CIENTO (0,1%).

3.6. **Humedad:** Máximo CATORCE POR CIENTO (14%).

3.7. **Chamico:** DOS (2) semillas cada CIEN (100) gramos.

3.8. **Excrementos de roedores:** Máximo DOS (2) unidades en TRESCIENTOS (300) gramos.

3.9. **Insectos y/o arácnidos vivos:** Libre.

3.10. Asimismo, la mercadería que por cualquier otra causa no especificada en este punto sea de calidad inferior será considerada fuera de la tolerancia de recibo.

4.- DEFINICIONES Y ESPECIFICACIONES:

4.1. **Cuerpos extraños comunes, descascarado y roto:** Se considerarán como tales las materias inertes, restos vegetales y todo grano o pedazo de grano que no sea de alpiste, (exceptuando los que se detallan en el apartado siguiente), los granos de alpiste vanos,

descascarados, rotos y las glumas adheridas a los granos. Se incluyen los esclerotos de cornezuelo, las semillas de chamico y los excrementos de roedores, en tanto su valor no supere el establecido por la tolerancia de recibo.

4.2. **Cuerpos extraños similares al alpiste:** Se consideran como tales, el hoyo, lino, sorgo de alepo y garaví, que por su conformación son difíciles de separar.

4.3. **Granos dañados:** Se considera todo grano o pedazo de grano de alpiste que presente una alteración manifiesta en su constitución, incluyendo los ardidos, calcinados, brotados, etc.

4.4. **Granos verde intenso:** Son aquellos que presentan una manifiesta coloración verdosa debida a inmadurez fisiológica.

4.5. **Cornezuelo:** Son las fructificaciones del hongo *Claviceps purpurea*.

4.6. **Humedad:** Es el contenido de agua, expresado en por ciento al décimo sobre muestra

tal cual. Se determinará según lo especificado en la Norma XXVI (Metodologías varias) o en la que en el futuro la reemplace.

4.7. **Chamico:** Son las semillas de *Datura ferox* L.

4.8. **Insectos y/o arácnidos vivos:** Se consideran como tales los que afectan a los granos en el almacenamiento.

5.- BONIFICACIONES Y REBAJAS:

La compra-venta de alpiste natural queda sujeta a las bonificaciones y rebajas que se establecen a continuación.

5.1. Cuerpos extraños comunes, descascarado y roto: Por valores inferiores a la base se bonificará a razón del UNO POR CIENTO (1%) por cada por ciento o fracción proporcional. Por lo que exceda la base y hasta la tolerancia de recibo se rebajará a razón del UNO POR CIENTO (1%) o fracción proporcional. Por mercadería recibida que exceda la tolerancia y hasta el TREINTA POR CIENTO (30%) se rebajará a razón del UNO COMA CINCO POR CIENTO (1,5%).

5.2. Cuerpos extraños similares al alpiste: Hasta la tolerancia de recibo se rebajará a razón del UNO POR CIENTO (1%) por cada por ciento o fracción proporcional. Por mercadería recibida que exceda la tolerancia de recibo y hasta el OCHO POR CIENTO (8%) se rebajará a razón del DOS POR CIENTO (2%).

5.3. Granos dañados: Por mercadería recibida que exceda la tolerancia de recibo y hasta el SEIS POR CIENTO (6%) se rebajará a razón del UNO POR CIENTO (1%) por cada por ciento o fracción proporcional.

5.4. Granos verde intenso: Por mercadería recibida que exceda la tolerancia establecida y hasta el VEINTE POR CIENTO (20%) se rebajará a razón del CERO COMA CINCO POR CIENTO (0,5%) por cada por ciento o fracción proporcional.

5.5. Cornezuelo: Por mercadería recibida que exceda la tolerancia establecida y hasta CERO COMA CINCO POR CIENTO (0,5%) se rebajará a razón de DIEZ POR CIENTO (10%) por cada por ciento o fracción proporcional.

5.6. Humedad: Por mercadería recibida que exceda la tolerancia establecida se aplicará un descuento del UNO COMA CINCO POR CIENTO (1,5%) por cada por ciento o fracción proporcional.

5.7. Chamico: Por mercadería recibida que exceda la tolerancia establecida se aplicará una merma de peso del UNO COMA TRES POR CIENTO (1,3%) y gastos convenidos de zarandeo.

6.- MECANICA OPERATIVA PARA EL RECIBO DE LA MERCADERIA:

A fin de evaluar la calidad de la mercadería de cada entrega se extraerá una muestra representativa de acuerdo al procedimiento establecido por la NORMA XXII (Muestreo en granos), o la que en el futuro la reemplace.

Una vez extraída la muestra original representativa del lote se procederá a determinar si la mercadería se encuentra dentro de las tolerancias de recibo fijadas.

La humedad se determinará según lo indicado en la NORMA XXVI (Metodologías Varias) o la que en el futuro la reemplace. Se determinará por simple apreciación visual la presencia de insectos o arácnidos vivos, mediante el uso de una zaranda apropiada para tal fin.

La aparición de un insecto o arácnido vivo o más en la muestra será motivo de rechazo de la mercadería.

7.- MECANICA OPERATIVA PARA LA DETERMINACION DE LA CALIDAD:

Previa homogeneización manual de la muestra lacrada se procederá a separar, mediante el uso de un homogeneizador y divisor de muestras, DOS (2) fracciones representativas de VEINTICINCO (25) gramos cada una, sobre las cuales se separarán manualmente los defectos. Los pesos de las fracciones se promediarán, expresándose los resultados en por ciento al décimo.

8.- CONDICIONES PARA EXPORTACION:

En las operaciones de alpiste apto para exportación se admitirán las siguientes tolerancias máximas:

8.1. Cuerpos extraños comunes, descascarado y roto: Máximo CUATRO POR CIENTO (4%).

8.2. Cuerpos extraños similares al alpiste: Máximo CUATRO POR CIENTO (4%). En caso de no cubrirse totalmente esta tolerancia, la diferencia podrá ser utilizada para ampliar el porcentaje admitido de cuerpos extraños comunes, descascarado y roto, sin superar la suma de ambos rubros el OCHO POR CIENTO (8%).

8.3. Para el resto de los rubros regirán las tolerancias y rebajas establecidas en los puntos 3 y 5 respectivamente.

CUADRO RESUMEN

RUBROS	BASE	TOLERANCIA DE RECIBO	BONIFICACIONES	REBAJAS	OBSERVACIONES
Cuerpos Extraños comunes, desc. y roto (1)	4 %	20 %	Para valores inferiores a la base a razón de 1% por c/ por ciento o fracción proporcional.	Por lo que exceda de la base y hasta la tolerancia de recibo a razón de 1% por c/ % o fracción proporcional.	Por mercadería recibida que excede la tolerancia de recibo y hasta 30% se rebajará a razón de 1,5%.
Cuerpos Extraños similares al Alpiste (2)	--	4 %	----	Hasta la tolerancia de recibo a razón del 1% por c/ % o fracción proporcional.	Por mercadería recibida que excede la tolerancia de recibo y hasta 8% se rebajará a razón de 2%.
Granos Dañados	--	2 %	----	Por mercadería recibida que exceda la tolerancia de recibo y hasta 6% a razón de 1% por c/% o fracción proporcional.	----
Granos verdes intensos	--	10 %	----	Por mercadería recibida que excede la tolerancia de recibo y hasta 20% a razón de 0,5% por c/% o fracción proporcional.	----
Cornezuelo	--	0,1 %	----	Por mercadería recibida que excede la tolerancia de recibo y hasta 0,5% a razón de 10% por c/% o fracción proporcional.	----
Humedad	--	14 %	----	Por mercadería recibida que excede la tolerancia de recibo a razón de 1,5% por c/% o fracción proporcional.	----
Chamico	--	2 semillas c/ 100 grs.	Por mercadería recibida que excede la tolerancia de recibo se aplicará una merma de peso de 1,3% y gastos de zarandeo.		

LIBRE DE INSECTOS Y ARACNIDOS VIVOS

EXCREMENTOS DE ROEDORES: Máximo 2 unidades cada 300 grs.

CUERPOS EXTRAÑOS COMUNES, DESCASCARADO Y ROTO:

(1) Se considerarán como tales las materias inertes, restos vegetales y todo grano o pedazo de grano que no sean alpiste, los granos de alpiste vanos, descascarados, rotos y las glumas adheridas a los granos. Se incluyen a los esclerotos de cornezuelo, las semillas de chamico y los excrementos de roedores, en tanto su valor no supere el establecido por las tolerancias de recibo.

CUERPOS EXTRAÑOS SIMILARES AL ALPISTE:

(2) Se considerarán como tales, el hoyo, lino, sorgo de alepo y garaví, que por su conformación son difíciles de separar.

CONDICIONES DE EXPORTACION:

En las operaciones de alpiste apto para exportación se admitirán las siguientes tolerancias máximas:

CUERPOS EXTRAÑOS COMUNES,
DESCASCARADO Y ROTO: MAXIMO 4%.

CUERPOS EXTRAÑOS SIMILARES AL
ALPISTE: MAXIMO 4%.

En caso de no cubrirse totalmente esta tolerancia, la diferencia podrá ser utilizada para ampliar el porcentaje admitido de cuerpos extraños comunes, descascarado y roto, sin superar la suma de ambos rubros el 8%. Para el resto de los rubros (Granos dañados, granos verde intenso, cornezuelo, humedad, chamico y excremento de roedores) regirán las tolerancias y rebajas establecidas en la norma de clasificación precedente.

Fuente: BOLSA DE COMERCIO DE ROSARIO-
<http://www.bcr.com.ar/pages/laboratorios/normas.aspx>



Manuel Cogliatti, 2012. Chacra Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

ISBN 978-950-658-345-3



9 789506 583453