



Universidad Nacional de Cuyo

Carrera de Postgrado en Horticultura

Universidad Nacional de Cuyo - Facultad de Ciencias Agrarias
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - Regional Cuyo



Tesis de Maestría

**FACTORES QUE AFECTAN LA EMISIÓN DE
ESCAPO FLORAL Y PRODUCCIÓN DE
BULBILLOS AÉREOS EN AJO
(*Allium sativum* L.)**

Mónica Elizabeth Guiñazú

Director

Dr. Ing. Agr. Ricardo Tizio

Comité Orientador

M.Sc. Ing. Agr. José Luis Burba

M.Sc. Ing. Agr. Victor Lipinski

M.Sc. Ing. Agr. Pablo Gomez Riera

Mendoza – Argentina

2001

*A mis Padres que les debo todo
A mi Esposo que siempre me apoyó
A mi Hijo razón de mi vida*

FACTORES QUE AFECTAN LA EMISIÓN DE ESCAPO FLORAL Y PRODUCCIÓN DE BULBILLOS AÉREOS EN AJO (*Allium sativum* L.)

RESUMEN

El ajo constituye el principal producto agrícola no transformado destinado a la exportación en Mendoza. En la Argentina, la ausencia de cultivares específicas de ajo y producción de semilla fiscalizada han sido unas de las principales debilidades del sistema exportador. Para que los materiales provenientes de los planes de mejoramiento y saneados lleguen rápidamente al productor es necesario acelerar la tasa de multiplicación de los mismos. Con esta finalidad, los bulbillos aéreos que se forman en el extremo del escapo de ajo tipo "colorado" (Grupo IV, Argentina) libre de virus, pueden ser utilizados como propágulos en la producción de ajo "semilla. El objetivo general del presente trabajo fue establecer la influencia del: genotipo, liberación de virus (OYDV y LYSV), tamaño de "diente" empleado como propágulo, fertilización nitrogenada y conservación de los escapos luego de la cosecha, en la producción de bulbillos aéreos.

En Mendoza, Argentina, se evaluaron durante el ciclo 1994, 32 introducciones de ajo tipo "colorado" de distinto origen, por su hábito de floración y producción de bulbillos aéreos. Se llevaron a cabo durante los años 1995 y 1996 dos ciclos de ensayos, en los que se evaluó en una población clonal de ajo "colorado criollo" (AR-I-051) y una de ajo "ruso" (AR-I-033) el efecto del saneamiento viral sobre la floración y producción de bulbillos aéreos, trabajando con material crónicamente enfermo y libre de OYDV y LYSV. En AR-I-051 además se estudió el efecto del tamaño de "diente" (2; 3,5 y 5 g ó 1,2; 3,2 y 5,2 g) e influencia de la fertilización nitrogenada (0, 50 y 100 kg.ha⁻¹ de N como SO₄(NH₄)₂). Entre 1995 y 1998, se compararon diversos métodos de "curado" de los escapos luego de la cosecha de las plantas (en planta entera, cortados de distintas longitudes, mantenidos en seco o con inmersión de sus bases en agua o en solución nutritiva con o sin el regulador del crecimiento CCC).

Se concluye que la producción de bulbillos aéreos depende del genotipo considerado. En ajo "colorado" se distinguen 5 grupos por su modalidad de floración y potencialidad de producción de bulbillos. La producción de bulbillos aéreos útiles (>2,4 mm de diámetro) depende del tiempo transcurrido entre floración y cosecha y no entre plantación y floración. Se puede predecir la cantidad de bulbillos aéreos útiles (Numa) sobre la base del diámetro de espata (espa) y la longitud de escapo (long) al momento de cosecha, según la ecuación: $Numa = - 81,62 + 4,79 \text{ espa} + 1,05 \text{ long}$ ($r^2 = 0,88$).

La capacidad de cada genotipo de emitir escapos, disminuye con la liberación de OYDV y LYSV, por lo que la producción por hectárea de bulbillos aéreos útiles es menor en el material saneado. El empleo de material saneado, “dientes” grandes, como la fertilización con N producen plantas de mayor tamaño y con mayor área foliar, lo que se traduce en un mayor rendimiento en la producción de bulbos. Sin embargo, la producción de bulbillos aéreos por hectárea disminuye, debido al menor porcentaje de plantas que emiten escapos y no a la disminución del número de bulbillos por planta. En cambio, todas aquellas condiciones que favorecen menor expresión vegetativa de las plantas aumentan la emisión de escapos.

El “curado” de los escapos separados de la planta madre se puede llevar a cabo sin necesidad de realizar la inmersión de la base de los mismos en agua o en solución nutritiva con o sin CCC. La longitud a la cual se deben cortar los escapos, de manera de no afectar la producción de bulbillos, depende del grado de crecimiento de los bulbillos en el campo. La longitud de corte del escapo en ajo “criollo”, con escaso crecimiento de los bulbillos aéreos en el campo, no debe ser inferior a 50 cm. En ajo “ruso”, que presenta al momento de cosecha de las plantas un desarrollo avanzado de los bulbillos aéreos, los escapos pueden cortarse de menor longitud, sin afectar la producción de bulbillos aéreos. La longitud del escapo, en planta o separado de ella, afecta la producción de bulbillos aéreos en forma directamente proporcional.

Palabras clave: *Allium sativum* L., ajo, floración, bulbillos aéreos, clasificación, saneamiento, tamaño de bulbilllo, nitrógeno, poscosecha, “semilla” .

**FACTORS INFLUENCING FLORAL SCAPE EMISSION AND
PRODUCTION OF AERIAL BULBILS IN GARLIC
(*Allium sativum* L.)**

SUMMARY

Garlic is the main non-processed agricultural export product of Mendoza. Two of the main weaknesses of the Argentine exporting system have been the lack of specific cultivars and the production of certified seed. In order for the products obtained by genetic improvement and free of viruses to reach the farmer quickly, it is necessary to increase the reproduction rate of the plant. With this in mind, the aerial bulbils that develop on the scape of the virus free red type garlic (group IV, Argentina) can be used as reproductive material to produce garlic seed. The general purpose of this project was to establish the effect of: genotype, virus elimination (OYDV y LYSV), size of the clove used as reproductive material, nitrogen fertilization and methods of conservation of the floral scape after harvest, on the production of aerial bulbils.

During 1994, 32 introductions of red type garlic from different origins were evaluated for their scape emission habit and aerial bulbil production, in Mendoza, Argentina. During 1995 and 1996 two cycles were carried out, in which a clone population of "native red" garlic (AR-I-051) and one of "Russian" (AR-I-033) garlic were assayed for flowering and production of aerial bulbils, in relationship to their virus load, comparing OYDV and LYSV free and chronically ill material. In AR-I-051 the size of the clove (2; 3,5 and 5 g or 1,2; 3,2 and 5,2 g) and nitrogen fertilization (0, 50 and 100 kg.ha⁻¹ of N as SO₄(NH₄)₂) were also considered. Between 1995 and 1998 several methods for curing the scapes after harvest were tried (whole plant, plant cut at different lengths, dried plant, base immersed in water or in a nutrient solution with or without the growth regulator CCC).

We conclude that the production of aerial bulbils depends on the genotype that is evaluated. In red type garlic 5 groups can be distinguished on the basis of scape emission and potential production of bulbils. The number of useful aerial bulbils (greater than 2.4 mm diameter) depended on how much time transpired between bloom and harvest, and not on the time between planting and bloom. The number of useful aerial bulbils (Numa) can be predicted based on the variables of spathe diameter (espa) and scape length (long) at harvest, according to following equation: $Numa = - 81.62 + 4.79 \text{ espa} + 1.05 \text{ long}$ ($r^2 = 0.88$).

The genotypes that had a reduced virus (OYDV y LYSV) load presented a lower rate of floral scape emission; as a consequence the number of useful aerial bulbils

produced per hectare was lower in the reduced virus load material. Healthy material, large cloves, as well as nitrogen fertilization produced larger plants with larger leaf area, which resulted in a greater bulb production per hectare. But the production of aerial bulbils per hectare was lower, due to the smaller percentage of plants that produced floral scapes, and not because of a reduction of bulbils per plant. All the conditions that favored a reduced vegetative growth of the plant increased the production of floral scapes.

The scapes can be cured separated from the mother plant, without it being necessary to immerse the base in water or nutrient solution with or without CCC. The length that the scapes should be cut at so as to not influence the bulbil production depends on the growth of the bulbils in the field. The cut scape length in native garlic, in which there is little growth of the bulbils in the field, should be above 50 cm. In the Russian garlic, in which the bulbils have attained a larger size at the moment of harvest, the scapes can be cut shorter, without damaging the production of aerial bulbils. The scape length, with the plant or cut off, has a directly proportional effect on the production of aerial bulbils.

Key words: *Allium sativum* L., garlic, bloom, aerial bulbils, classification, healthiness, bulbil size, nitrogen, post harvest, "seed".

AGRADECIMIENTOS

La autora desea manifestar su agradecimiento a las siguientes personas e instituciones:

Al Dr. Ing. Agr. Ricardo Tizio por sus valiosas enseñanzas tanto en el aspecto científico como humano.

Al Ing José Luis Burba, por proponer la realización de este tema de estudio y por su constante e inquebrantable apoyo durante toda su realización.

A los Ing. Victor Lipinski, Pablo Gomez Riera, Olga Stahlschmidt por sus aportes, que permitieron enriquecer este trabajo.

A la Ing. Elisa Gustafson por las traducciones al idioma inglés.

A los Ings. Marcelo Alberto y Cecilia Césari por su contribución en el análisis de los datos empleando el paquete estadístico SPAD.N.

A la Secretaría de Ciencia y Técnica (U.N. Cuyo) que a través de becas de posgrado y subsidios para la investigación me permitieron afrontar la maestría y la tesis.

A la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo por propiciar estudios de posgrado a sus docentes.

Al personal de la Cátedra de Fisiología Vegetal (Facultad de Ciencias Agrarias-U.N.C.) y de la Estación Experimental Agropecuaria La Consulta (INTA) que mediante su apoyo material y humano posibilitaron la realización de este trabajo.

A COPEMEN S.A. por facilitar el uso de "semilla" saneada.

INDICE

Página

CAPÍTULO 1

ASPECTOS GENERALES Y ANTECEDENTES	1
1. ASPECTOS GENERALES.....	2
2. FACTORES QUE AFECTAN LA EMISIÓN DE ESCAPO Y FORMACIÓN DE BULBILLOS AÉREOS	5
2.1. Aspectos genéticos	5
2.2. Temperatura	6
2.3. Fotoperíodo	7
2.4. Tamaño del “diente” o de la planta	7
2.5. Suministro de agua	8
2.6. Fertilización nitrogenada	8
2.7. Densidad y sistema de plantación	9
2.8. Reguladores del crecimiento	9
2.9. Crecimiento del escapo y de los bulbillos aéreos	10
2.10. Estado sanitario de las plantas	11
3. FACTIBILIDAD DE EMPLEO DE LOS BULBILLOS AÉREOS EN LA PRODUCCIÓN DE “SEMILLA” DE AJO.....	12
3.1. Obtención de material saneado	12
3.2. Aumento de la tasa de multiplicación	12
4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	14
4.1. Hipótesis principal	14
4.2. Hipótesis secundarias	14
4.3. Objetivo general	14
4.4. Objetivos específicos	14
5. BIBLIOGRAFÍA	15

CAPÍTULO 2

CLASIFICACIÓN DE GERMOPLASMA DE AJO “COLORADO” POR SU HÁBITO DE EMISIÓN DE ESCAPO Y PRODUCCIÓN DE BULBILLOS AÉREOS	22
RESUMEN	23
SUMMARY	23
1. INTRODUCCIÓN.....	24
2. MATERIALES Y MÉTODOS	26
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4. CONCLUSIONES.....	38
5. BIBLIOGRAFÍA.....	39

CAPÍTULO 3

EFFECTO DEL LIBERACIÓN DE OYDV (*onion yellow dwarf potyvirus*), Y LYSV (*leek yellow stripe potyvirus*), SOBRE LA PRODUCCIÓN DE BULBILLOS AÉREOS DE AJO “COLORADO” (*Allium sativum* L.).....43

RESUMEN	44
SUMMARY	44
1. INTRODUCCIÓN.....	45
2. MATERIALES Y MÉTODOS	47
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
3.1. Año 1995	51
3.2. Año 1996	60
4. CONCLUSIONES.....	66
5. BIBLIOGRAFÍA.....	67

CAPÍTULO 4

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y EL TAMAÑO DE “DIENTES” PLANTADOS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE BULBILLOS AÉREOS DE AJO TIPO “COLORADO” (*Allium sativum* L.)71

RESUMEN	72
SUMMARY	72
1. INTRODUCCIÓN.....	73
2. MATERIALES Y MÉTODOS	75
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	79
3.1. Año 1995	79
3.2. Año 1996	87
4. CONCLUSIONES.....	96
5. BIBLIOGRAFÍA.....	97

CAPÍTULO 5

EFFECTO DEL MANEJO POSCOSECHA DE ESCAPOS FLORALES DE AJO TIPO “COLORADO” (*Allium sativum* L.), SOBRE LA PRODUCCIÓN DE BULBILLOS AÉREOS.101

RESUMEN	102
SUMMARY	102
1. INTRODUCCIÓN.....	103
2. MATERIALES Y MÉTODOS	105
2.1. Año 1995 – 96	105
2.2. Año 1996 – 97	106
2.3. Año 1997 – 98	108
2.4. Año 1998 – 99	108

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	110
3.1. Año 1995 - 96	110
3.2. Año 1996 - 97	114
3.3. Año 1997 – 98	116
3.4. Año 1998 – 99	119
4. CONCLUSIONES.....	124
5. BIBLIOGRAFÍA.....	125

CAPÍTULO 6

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS GLOBAL	129
1. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS GLOBAL.....	129
2. APLICACIONES.....	134
3. BIBLIOGRAFÍA.....	135

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1: Análisis de clasificación jerárquica de 32 poblaciones clonales de ajo "colorado". Dendrograma (Índice de disimilitud relativo: Índices en porcentajes de la suma de los índices : 10,75082 MIN = 0,01% / MAX = 54,58%).....	31
Figura 2.2: Representación en el primer plano factorial del agrupamiento de las poblaciones clonales logrado con el corte del árbol en cinco clases (eje 1= primer componente principal, eje 2 = segunda componente principal).	32
Figura 2.3: Ecuación de regresión y coeficiente de determinación de la producción de bulbillos aéreos mayores a 2,4 mm vs. el número de días de floración a cosecha.	37
Figura 3.1: Evolución de la emisión de escapos en ajo "colorado criollo" (A) y "ruso" (B), saneado y crónicamente enfermo, 1995.	52
Figura 3.2: Evolución del peso seco total de las plantas de ajo "colorado criollo" (A) y "ruso" (B), saneado y enfermo a través del ciclo de cultivo, 1995.	54
Figura 3.3: Evolución del área foliar de las plantas de ajo "colorado criollo" (A) y "ruso" (B), saneado y enfermo a lo largo del ciclo de cultivo, 1995.....	55
Figura 3.4: Efecto del saneamiento viral en la producción de bulbillos aéreos por planta florecida de ajo "colorado ruso" y "criollo", saneado y enfermo, 1995.	57
Figura 3.5: Efecto del saneamiento viral en la producción de bulbos de ajo "colorado criollo" y "ruso", saneado y enfermo, 1995.....	59
Figura 3.6: Efecto del saneamiento viral en la distribución por calibres de la producción de bulbos de ajo "colorado ruso" y "criollo", saneado y enfermo, 1995.....	60
Figura 3.7: Evolución de la emisión de escapo en ajo "colorado criollo" (A) y "ruso" (B), saneado y crónicamente enfermo, 1996.	61
Figura 3.8: Evolución del peso seco total de las plantas de ajo "colorado criollo" (A) y "ruso" (B), saneado y crónicamente enfermo, a través del ciclo de cultivo, 1996.....	62
Figura 3.9: Evolución del área foliar de las plantas de ajo "colorado criollo" (A) y "ruso" (B), saneado y enfermo a lo largo del ciclo de cultivo, 1996	63
Figura 4.1: Evolución de la emergencia a campo de las plantas provenientes de los tres tamaños de "dientes", 1995..	80
Figura 4.2: Evolución de la emisión de escapos en ajo "colorado criollo" (A) con diferentes dosis de fertilizante nitrogenado y (B) según el tamaño de "diente", 1995.	81

Figura 4.3:	Número de bulbillos aéreos total y mayor de 2,4 mm por planta, 1995.	85
Figura 4.4:	Efecto del tamaño de “diente” y la fertilización nitrogenada sobre la producción de bulbos, 1995.	87
Figura 4.5:	Evolución de la emergencia a campo de las plantas provenientes de los tres tamaños de “dientes”,1996.	88
Figura 4.6:	Evolución de la emisión de escapo según el tamaño de “diente” empleado en la plantación (A) y la fertilización nitrogenada (B), 1996.	90
Figura 4.7:	Evolución del peso seco total de las plantas durante el ciclo de cultivo (A) según el tamaño de “diente” y (B) la fertilización nitrogenada, 1996.	91
Figura 4.8:	Efecto del tamaño de “diente” y la fertilización nitrogenada sobre la producción de bulbos, 1996.	94
Figura 4.9:	Número de bulbillos aéreos totales y mayores de 2,4 mm por planta florecida, 1996.	94
Figura 5.1:	Distribución por calibres del número total de bulbillos aéreos de ajo tipo “ruso”, según los tratamientos poscosecha de los escapos florales, 1995.	112
Figura 5.2:	Distribución por calibres del número total de bulbillos aéreos de ajo tipo “criollo”, según los tratamientos poscosecha de los escapos florales, 1995.	113
Figura 5.3:	Efecto de la longitud de los escapos durante el “curado” en seco sobre el número de bulbillos aéreos totales y mayores de 2,4 mm, 1996.	115
Figura 5.4:	Efecto de la longitud de los escapos durante el “curado” sobre el número de bulbillos aéreos totales y mayores de 2,4 mm, 1997.	117
Figura 5.5:	Ecuación de regresión y coeficiente de determinación entre la longitud de escapo y la producción de bulbillos aéreos mayores de 2,4 mm, 1997.	118
Figura 5.6:	Efecto de la longitud de los escapos unidos a las plantas durante el “curado”, sobre el número de bulbillos aéreos totales y mayores de 2,4 mm, 1998.	120
Figura 5.7:	Ecuación de regresión y coeficiente de determinación de la longitud de escapo vs. el número total de bulbillos aéreos (A) y el número de bulbillos mayores de 2,4 mm (B), 1998.	120
Figura 5.8:	Peso medio de bulbo de plantas originadas de “dientes” de 2 g y con distinta longitud de escapo, 1998.	121

Figura 5.9:	Producción de bulbillos aéreos de plantas provenientes de “dientes” de distinto peso con escapos de igual longitud, unidos a las plantas durante el “curado”, 1998.	122
Figura 5.10:	Efecto del peso de “diente” sobre el peso medio de los bulbos, 1998.	123
Figura 5.11:	Distribución de la longitud de los escapos de plantas de ajo colorado “criollo” provenientes de “dientes” de 2 a 5 g.	124

LISTA DE FOTOS

	Página
Foto 5.1: Escapos de ajo “colorado ruso” al momento de cosecha de las plantas.....	110
Foto 5.2: Escapos de ajo “colorado criollo” al momento de cosecha de las plantas	110

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 2.1: Introducciones de ajo “colorado” (grupo IV) sometidas a evaluación durante 1994, en La Consulta, Mendoza, Argentina.	26
Cuadro 2.2: Calibres para bulbillos aéreos de ajo.	28
Cuadro 2.3: Coeficientes de correlación entre los caracteres considerados.	29
Cuadro 2.4: Valores propios, proporción de la variación y vectores propios asociados con los cuatro primeros ejes del análisis de componentes principales (PC) de los caracteres considerados.	30
Cuadro 2.5: Poblaciones clonales dentro de los grupos formados y valores medios de los caracteres más importantes.	33
Cuadro 2.6: Resumen del procedimiento stepwise del SAS para la variable dependiente numa . Las variables explicatorias evaluadas fueron: long, cent ,apic, espa, plfl, flco, flor y bulb.	38
Cuadro 3.1: Características físicas, químicas y de fertilidad de la fracción fina (menor de 2 mm) del suelo de la F.C.A. en los ensayos de los ciclos 1995- 1996.....	48
Cuadro 3.2: Síntesis de algunos detalles de manejo de los ensayos 1995 y 1996.	49
Cuadro 3.3: Calibres para bulbos comerciales.	50
Cuadro 3.4: Calibres para bulbillos aéreos de ajo.	50
Cuadro 3.5: Efecto del saneamiento viral en la emisión de escapos de ajo “colorado “criollo” y “ruso”, saneado y enfermo, 1995.	51
Cuadro 3.6: Efecto del saneamiento sobre el peso seco de las plantas a cosecha. y enfermo a través del ciclo de cultivo, 1995.	56
Cuadro 3.7: Partición de materia seca (%), entre los distintos órganos de la planta al momento de cosecha, 1995.....	56
Cuadro 3.8: Rendimiento por hectárea en bulbillos aéreos totales y mayores de 2,4 mm, en ajo “criollo” y “ruso”, saneado y enfermo, 1995.	58
Cuadro 3.9: Efecto del saneamiento sobre el peso seco de la planta de ajo “colorado criollo” y “ruso” a cosecha, 1996.	64
Cuadro 3.10: Partición de materia seca (%), entre los distintos órganos de la planta de ajo “colorado ruso” y “criollo”, saneado y crónicamente enfermo, al momento de cosecha, 1996.	64

Cuadro 3.11:	Rendimiento en bulbillos aéreos en el material saneado o crónicamente enfermo de ajo “colorado criollo” y “ruso”, 1996.	65
Cuadro 3.12:	Rendimiento de bulbos en material saneado o crónicamente enfermo de ajo “colorado criollo” y “ruso”, 1996.	66
Cuadro 4.1:	Características físicas, químicas y de fertilidad de la fracción fina (menor de 2 mm) del suelo de la F.C.A. en los ensayos de los ciclos 1995- 1996.....	76
Cuadro 4.2:	Síntesis de algunos detalles de manejo de los ensayos.....	77
Cuadro 4.3:	Calibres para bulbos comerciales.	78
Cuadro 4.4:	Calibres para bulbillos aéreos de ajo.....	79
Cuadro 4.5:	Efecto del tamaño de “diente” sobre el número de días hasta 50 % emergencia y porcentaje de emergencia final, 1995.	80
Cuadro 4.6:	Efecto del tamaño de “diente” y de la fertilización nitrogenada, sobre el número de hojas y peso seco (g) de los distintos órganos de la planta al momento de cosecha, 1995.	83
Cuadro 4.7:	Partición de materia seca (%), entre los distintos órganos de la planta al momento de cosecha, 1995.	84
Cuadro 4.8:	Efecto de la fertilización nitrogenada y del tamaño de “diente” sobre el peso de bulbillos aéreos producidos por planta y número de bulbillos aéreos por hectárea, 1995.	86
Cuadro 4.9:	Efecto del tamaño de “diente” sobre el número de días hasta 50% de emergencia y porcentaje de emergencia final, 1996.....	88
Cuadro 4.10:	Efecto de tamaño de “diente” y de la fertilización nitrogenada, sobre el número de hojas y peso seco (g) de los distintos órganos de la planta al momento de cosecha, 1996.	92
Cuadro 4.11:	Partición de materia seca (%), entre los distintos órganos de la planta a cosecha, 1996.....	93
Cuadro 4.12:	Efecto del tamaño de “diente” y fertilización nitrogenada sobre el número y peso de bulbillos aéreos producidos por planta y número de bulbillos aéreos por hectárea, 1996.	95
Cuadro 5.1:	Calibres de bulbillos aéreos.	106
Cuadro 5.2:	Efecto de los tratamientos poscosecha de escapos florales sobre la producción de bulbillos aéreos, en la población clonal de ajo colorado tipo “ruso”, 1995.....	111
Cuadro 5.3:	Efecto de los tratamientos poscosecha de escapos florales de ajo tipo “criollo” sobre la producción de bulbillos aéreos, 1995.	112

Cuadro 5.4:	Efecto de la longitud de corte del escapo en el "curado" sobre la producción bulbillos aéreos de ajo "criollo", 1996.	114
Cuadro 5.5:	Tasa de crecimiento relativo de los bulbillos aéreos durante el "curado" y número de días de duración del mismo, 1996.	116
Cuadro 5.6:	Efecto de la longitud de corte del escapo en el "curado" sobre la producción de bulbillos aéreos de ajo "criollo", 1997.	117
Cuadro 5.7:	Efecto de la longitud de los escapos unidos a las plantas durante el "curado", sobre la producción de bulbillos aéreos de ajo "criollo", 1998.	119
Cuadro 5.8:	Efecto del peso de "diente" plantado sobre la producción de bulbillos aéreos de ajo "criollo", para igual longitud de escapo, 1998.	122

CAPÍTULO 1

ASPECTOS GENERALES Y ANTECEDENTES

1. ASPECTOS GENERALES

El ajo es mundialmente utilizado como el principal condimento natural, y su valor en la medicina popular es muy reconocido. En el mercado internacional se verifica un aumento de la demanda de ajo, principalmente por la búsqueda de productos naturales (Burba 1997a). A nivel mundial se cultivaban en 1998 un millón de hectáreas, con una producción de 12.000.000 toneladas (Cadena Agroalimentaria y Agroindustrial de Ajo, 1999).

La importancia del ajo en la Argentina radica en ser una de las hortalizas que tradicionalmente se exporta (45 al 55 % de la producción nacional) (Burba 1993a, Cadena Agroalimentaria y Agroindustrial de Ajo, 1999). Se cultivan actualmente en el país unas 15.000 hectáreas con una producción aproximada a las 130.000 toneladas. En la región de Cuyo (oasis bajo riego de las provincias de San Juan y Mendoza), se producen ajos semi tardíos y tardíos (“blancos” y “colorados”), que sirven para abastecer fundamentalmente el mercado de exportación (Cadena Agroalimentaria y Agroindustrial de Ajo, 1999).

Mendoza concentra más del 80 % de la producción nacional de ajo, constituyendo la principal zona productora. El ajo es la hortaliza más cultivada en la provincia (30 % de la superficie hortícola). Según las últimas estadísticas se cultivan 12.000 ha, con rendimientos promedio de 11 t.ha⁻¹ (Cadena Agroalimentaria y Agroindustrial de Ajo, 1999). Del total de la producción mendocina, el 20 % se destina a “semilla”, el 4 % a industria, el 53 % se exporta, y el 23 % se comercializa en el mercado interno. El ajo constituye la principal exportación mendocina de producto agrícola no transformado, siendo una importante fuente de ingresos para la provincia (50 a 70 millones de dólares al año) (Estévez y Vanin 1997).

Uno de los factores más importantes de la producción de ajo, tanto para el mercado interno como para el de exportación, es la elección de la variedad y la calidad de la “semilla” que se va a sembrar. El valor económico que tiene la utilización de una buena “semilla” es tan alto que puede significar el éxito o fracaso de la producción, ya que este ítem representa aproximadamente el 50 % del costo de la producción (Escaff *et al.* 1991).

La multiplicación del ajo es en la práctica exclusivamente agámica, a través de los bulbillos (“dientes”). Si bien la propagación vegetativa conserva las características deseables del clon, también asegura la perpetuación de las infecciones sistémicas, entre ellas nemátodos (Del Toro 1989; Vega 1989), hongos, bacterias (Gatica y Oriolani 1989) y principalmente virus (Conci 1989; Muñoz 1989) que en algunos cultivares pueden reducir los rendimientos hasta en un 88 % (Canavelli y Conci 1993).

Hasta hace 10 años los productores de ajo consumo incrementaban paulatinamente la proporción de ajo malformado, enfermo y de bajo calibre, al utilizar como material de plantación en cada ciclo de cultivo aquél ajo que, por su inferior calidad, no se podía colocar para consumo. Esta selección negativa provocó en el tiempo muchas pérdidas para el país. Por otro lado, la ausencia de alternativas en la oferta de variedades de ajos argentinos y la concentración temporal de la producción dificultaban en parte la colocación de la producción (Burba 1993a y b).

Para revertir este panorama, a partir de 1989 se iniciaron programas de mejoramiento tendientes a obtener nuevos biotipos destinados a ampliar el período de oferta y la obtención de materiales destinados tanto al consumo, como a la industria (Burba 1993b). Por ejemplo diversificar la oferta exportable, a través de la producción de ajo en polvo, en verde y de ajo "semilla". Así la exportación de ajo "semilla", se perfila como un excelente negocio (Estévez y Vanin 1997).

Luego de obtener los clones selectos éstos deben ser saneados. Para ello se debe tener en cuenta que la propagación de plantas de ajo libres de patógenos por los sistemas tradicionales es muy cara y difícil. Esto se debe a que la propagación tiene que llevarse a cabo en un área naturalmente libre de vectores de enfermedades sistémicas. Además, las tasas de multiplicación comunes para estos cultivos en el campo son muy bajas (aproximadamente de 7 a 10 plantas por año), y por lo tanto son necesarios muchos años para obtener suficiente material libre de enfermedades para ser usado en los cultivos comerciales.

Multiplicando plantas libres de enfermedades en condiciones *in vitro* se pueden eliminar estos problemas, ya que se puede obtener un gran número de plantas en corto tiempo sin los riesgos de reinfección (Moriconi *et al.* 1990). Para los ajos locales se han puesto a punto los medios y condiciones de crecimiento para el cultivo de los meristemas (Nome *et al.* 1981; Conci *et al.* 1986), multiplicación masiva (Moriconi *et al.* 1990) (con tasas de multiplicación del orden de 1:8 cada aproximadamente 60 días) y bulbificación *in vitro* (Racca 1989). Sin embargo, el cultivo de plantas *in vitro* es costoso por las instalaciones que requiere y las drogas utilizadas, además de los conocimientos para mantener la identidad clonal y evitar la introducción de patógenos desconocidos.

Luego de sanear el material en laboratorio, las microplantas o microbulbillos producidos pasan a jaulas antiáfidos. Las plántulas que salen de laboratorio son débiles, poco rústicas, de cutícula muy delgada, sensibles a diferentes patógenos y soportan mal los tratamientos fitosanitarios. Los microbulbillos cosechados *in vitro* toleran sin inconvenientes los tratamientos fitosanitarios y, tras la ruptura de su dormición, producen plantas con un porcentaje de viabilidad que supera el 85 %, siempre que su tamaño sea superior a 5 mm de diámetro (Racca 1989).

Al aplicar estrategias de micropropagación y microbulbificación inducida, se produce material de condiciones morfológicas y fisiológicas desuniformes y con comportamiento diferencial en respuesta al manejo posterior: almacenamiento, ruptura de dormición y transferencia a tierra (sobrevivencia, conversión, multiplicación). Esta situación limita la eficiencia de los sistemas mencionados en la utilización de recursos, incrementan los costos de producción y finalmente retarda el proceso de difusión de propágulos de elevada potencialidad productiva (Castillo *et al.* 1993).

Las microplantas y microbulbillos constituyen la "semilla" básica Preinicial (clonal 0) en el esquema de producción de "semilla" certificada de ajo y su costo unitario es elevado (1,50 pesos). Luego, se multiplica bajo jaula antiáfidos durante cuatro años, obteniéndose en cada ciclo las llamadas clones 1 a 4.

En Mendoza, como material preinicial se emplean los microbulbillos mayores de 5 mm, que son los que tienen mayor posibilidad de sobrevivir, crecer y formar minibulbillos bajo jaula antiáfidos. Sin embargo, los microbulbillos durante el primer año tienen una tasa de multiplicación promedio de 2 y en el segundo ciclo de 7, obteniéndose en el tipo clonal "colorado" los menores valores (Moriconi 1997). Esta baja tasa de multiplicación encarece la obtención de "semilla" de ajo certificada.

Para que estos materiales provenientes de los programas de mejoramiento y saneados lleguen rápidamente al productor, es necesario aumentar su tasa de multiplicación, de manera de obtener los volúmenes de "semilla" certificada de ajo en corto tiempo.

La utilización de "semilla de semilleros" es hoy, en el mundo moderno, la única salida. Estos comercializan variedades normalizadas, con un ideotipo bien definido, de alta pureza genética y provenientes de cultivos sometidos a los más estrictos controles sanitarios, tanto de virus como de hongos, nemátodos o ácaros (Burba 1991).

El ajo tipo "colorado" (*H type* o *hard neck*) perteneciente al Grupo IV (Burba 1997b), se diferencia de los otros cultivados en el país, por la capacidad de emitir un escapo floral que emerge del falso tallo y remata en una inflorescencia encerrada o protegida por una hoja fuertemente modificada en forma de capuchón, la espata (Kothari and Shah 1974; Botti y Krarup 1978). La diferenciación del escapo floral se produce inmediatamente antes o simultáneamente con los bulbillos o "dientes". A pesar de que la diferenciación es casi simultánea, la aparición del escapo se produce bastante más tarde, cuando el bulbo se encuentra en pleno crecimiento (Aoba, citado en Lis *et al.* 1969; Takagi 1990).

En condiciones naturales, la inflorescencia de tipo umbelar que lleva el escapo floral, presenta bulbillos pequeños mezclados con flores que se marchitan y abortan (Mann 1952; Botti y Krarup 1978; DeMason 1990, Takagi 1990, Messiaen *et al.* 1993) o

sólo bulbillos (Kothari and Shah 1974). La causa de esa esterilidad ha sido atribuida a varios mecanismos: las flores del ajo no serían capaces de competir con el crecimiento rápido de los bulbillos aéreos en la inflorescencia (Koul and Gohil 1970); una serie de microorganismos interferiría con la reproducción sexual (Konvicka *et al.* 1978); el *tapetum* podría degenerar antes de la mitosis del polen (Etoh 1982); anomalías morfológicas de las flores contribuirían a la esterilidad (Etoh and Ogura 1977) entre otras causas.

Muñoz de Con (1973), siguiendo a Font Quer (1965), adopta el término "bulbilo" para los "dientes" que se forman en la parte aérea, distinguiéndolos del término "bulbillo", que aplica a los formados de un bulbo bajo tierra. Burba *et al.* (1987) proponen restringir el uso del término "bulbillos aéreos" para aquellos que se ubican en el extremo del escapo floral emergido, reemplazando algunas de las flores de la inflorescencia, y hablar de "bulbillos laterales" al referirse a los que se forman lateralmente sobre el escapo.

Los bulbillos aéreos, cuya cantidad y tamaño varían según los clones, pueden también ser utilizados como material de propagación en la producción de ajo "semilla" con algunas ventajas de costos (Regina 1979), ya que permitirían aumentar la tasa de multiplicación durante el segundo ciclo en jaula (Xu *et al.* 1997). Los bulbillos aéreos producen plantas de las que se obtienen bulbos pequeños, pero de los "dientes" de éstos se obtienen bulbos mayores que en muchos casos superan en rendimiento al material clonal que se utilizó como punto de partida (Muñoz de Con 1973; Popova 1975; Regina 1979)

2. FACTORES QUE AFECTAN LA EMISIÓN DE ESCAPO Y FORMACIÓN DE BULBILLOS AÉREOS

2.1. Aspectos genéticos

Entre los factores genéticos podemos citar que no todos los clones tienen la capacidad para emitir escapo floral, y algunos, cuando lo hacen, no emergen del falso tallo por lo que no pueden visualizarse (Takagi 1990). Los ajos de tipo "colorado" generalmente lo presentan en forma externa y su eliminación manual es la labor denominada "descanutado", sacar el "chifle" o "chiflote", "destolado", "desvirotado" o "descolado" porque según las regiones se denomina al escapo floral como: "canuto", "chifle", "chiflote", "tola", "virote" o "cola" (Lanzavechia 1991).

Además, el tipo "colorado" es una población formada por materiales de diferente origen como son los denominados, español y criollo. Estos materiales difieren notablemente respecto a la emisión del escapo. Los materiales criollos emiten el escapo antes que los españoles y el escapo llega a representar hasta el 27 % del peso del bulbo, mientras que para los españoles sólo alcanza el 4 % (Lanzavechia 1993). En poblaciones

con mayoría del tipo español, con escapos de menor tamaño y emisión tardía, las diferencias de rendimiento en bulbos entre el descanutado y el testigo no existen o son muy pequeñas, pues en esos casos la planta es capaz de producir fotoasimilados para ambos órganos (escapo y bulbo) (Borgo *et al.* 1993).

Burba *et al.* (1994) al evaluar 25 introducciones de ajo "colorado" por su característica de emisión de la vara floral observaron que existía suficiente variabilidad entre clones para los caracteres referidos a floración. El porcentaje de floración variaba entre 35 % y 100 % y el momento de emisión de los escapos se iniciaba entre mediados de octubre y fines de noviembre según los materiales.

2.2. Temperatura

Los cultivares de zonas templadas no florecen sin una previa exposición a bajas temperaturas (menores de 10 °C). Estas pueden ser suministradas durante el almacenamiento de los bulbos o durante el crecimiento de las plantas. Sin embargo, los mayores porcentajes de floración (13 a 43 %) se logran haciendo crecer las plantas a 10 °C bajo días cortos (9 a 10 horas) (Pooler and Simon 1993). Nakamura (1985) y Takagi (1990) también citan la necesidad de bajas temperaturas y fotoperíodos cortos para inducir la floración en ajo. En general, las temperaturas para floración son más bajas que las necesarias para la bulbificación (Takagi 1990; Messiaen *et al.* 1993). La temperatura óptima y la duración del período de frío varía con la cultivar, pero períodos mayores de 5 meses disminuyen el porcentaje de floración (Takagi 1990).

Aparentemente, en el ajo "colorado" existe un fuerte efecto de las temperaturas durante el almacenamiento sobre la velocidad de emisión del escapo. En ensayos realizados en Mendoza, en los cuales se probaron temperaturas de almacenamiento de 5 °C, 10 °C, 15 °C, 25 °C y temperatura ambiente, los primeros tratamientos que mostraron emisión de escapo 204 días después de plantación fueron los de 10 °C y 15 °C, igualándose todos 12 días después. Además, al duplicar el tiempo de almacenamiento a 10 °C, de 15 a 30 días, el porcentaje de escapos pasó del 10 al 75 % (Stahlschmidt *et al.* 1995). De la misma manera, en ensayos realizados en Brasil con las cultivares Quitéria y Chonan, se observó que al aumentar el período de almacenamiento a 4 °C de 0 a 45 días, se incrementa el porcentaje de escapos florales (Ferreira *et al.* 1991).

Sin embargo, en Finlandia, trabajando con las cultivares Joutseno y Rautjärvi, no se observó ningún efecto del almacenamiento a bajas temperaturas sobre la formación del escapo floral. Los autores almacenaron los bulbos durante 3 a 5 semanas a 5 °C ó 6 a 10 semanas a 10 °C (Ahonen and Kokkola 1994). Mann and Minges (1958) tampoco encontraron una correlación evidente entre la emisión de escapo y los numerosos

tratamientos de temperaturas de almacenamiento y fechas de plantación ensayados.

Como las cultivares de clima templado no forman inflorescencia si no son expuestas a bajas temperaturas, se piensa que ellas tienen un requerimiento absoluto (cualitativo) de vernalización. Los requerimientos de vernalización de las cultivares tropicales todavía no son conocidos. Posiblemente son vernalizadas a temperaturas más altas que las de zonas templadas, o tienen sólo requerimiento cuantitativo de vernalización (Takagi 1990).

Con respecto al efecto de las temperaturas sobre la producción de bulbillos aéreos, Mascarenhas (citado en Nolasco 1983), encuentra que las temperaturas menores de 10 °C aumentan el número de “dientes” por bulbo y el número de bulbillos aéreos por escape floral. Así, los clones propios de regiones cálidas y de baja altitud, que normalmente no producen bulbillos aéreos, cuando son plantados en regiones de mayor altitud y más frías, forman bulbillos aéreos (Nolasco 1983). Además, en las condiciones climáticas naturales, a la misma latitud, un determinado clon produce más varas florales en la montaña que en la planicie (Messiaen *et al.* 1993). En las zonas altas de Mendoza es frecuente ver emisión de tallo floral en aquellos biotipos que habitualmente no lo manifiestan, como los “blancos” (Burba, comunicación personal).

Aunque los bulbos sean expuestos a bajas temperaturas por un período suficientemente largo, las temperaturas de crecimiento luego de la exposición tienen una influencia remarcable en la producción de la inflorescencia (Takagi 1990).

2.3. Fotoperíodo

Fotoperíodos cortos durante el período de frío favorecen la inducción a floración (Nakamura 1985; Takagi 1990; Pooler and Simon 1993). Luego de la inducción por frío, cuanto más corto es el fotoperíodo (menor de 12 h) y más bajas son las temperaturas (menores de 13 °C), mayor es el porcentaje de plantas que emiten escape floral, porque se inhibe la formación de la hoja de almacenaje (Takagi 1990). Como el crecimiento y desarrollo de la inflorescencia y el de los “dientes” laterales durante el desarrollo de los bulbos son coincidentes, pueden competir por fotosintatos. Si el crecimiento de uno es promovido, el otro tiende a ser inhibido. Fotoperíodos largos y días cálidos promueven el crecimiento de los “dientes” más fuertemente que el de la inflorescencia.

2.4. Tamaño del “diente” o de la planta

Otro de los factores que afecta la floración en ajo es el tamaño del “diente” plantado. Cuando los bulbillos son inducidos por las bajas temperaturas, el tamaño

mínimo para formar una inflorescencia depende del fotoperíodo durante el crecimiento, la duración del crecimiento vegetativo antes de la inducción por frío, y otras condiciones de crecimiento (Takagi 1990).

Chernykh (1986), sugiere que podrían obtenerse buenas producciones de bulbillos aéreos aún a partir de "dientes" pequeños, ya que al disminuir el peso de los bulbillos se reduce más la producción de bulbos que de bulbillos aéreos. Sin embargo, se ha observado que "dientes" chicos (1 a 3 g) sólo son capaces de emitir tallo floral cuando el fotoperíodo se acorta y aumenta el período de crecimiento vegetativo previo a la inducción por frío (Takagi 1990). Además, al aumentar el peso de los "dientes" utilizados en la plantación, aumenta significativamente (15 %) el peso seco del escapo (Lipinski *et al.* 1993)

En la cultivar Cariri la formación de bulbillos aéreos está directamente correlacionada con el peso de las plantas. Cuando las plantas son de tamaño pequeño (15 g) un bajo porcentaje de ellas forman bulbillos aéreos, pero cuando las plantas son de mayor peso (45 g) ese porcentaje puede elevarse al 53,5 %, observándose por lo tanto una correlación positiva, entre peso de la planta y formación de bulbillos aéreos (Lima 1971). En este trabajo el autor no menciona el momento del ciclo vegetativo en el cual se determina el peso de las plantas.

2.5. Suministro de agua

La disponibilidad de agua también afecta la emisión del escapo floral. Un período de sequía severo aplicado desde brotación hasta iniciación de diferenciación de "dientes" (regando después de observarse los síntomas de marchitamiento permanente por dos días consecutivos), disminuye significativamente el número de escapos emitidos (50 %), aparentemente a través de la inhibición de la diferenciación del meristema floral y no del alargamiento del escapo (Lis *et al.* 1969). Mientras tanto, la aplicación de 10, 17, ó 25 riegos durante el ciclo de cultivo no modifica el peso seco de los escapos a pesar de aumentar los rendimientos en bulbos hasta en un 35 % (Lipinski *et al.* 1993).

2.6. Fertilización nitrogenada

Con respecto a la influencia de la fertilización nitrogenada, los datos son aparentemente contradictorios. Takagi (1990) menciona que una fertilización con nitrógeno en los meses previos a la iniciación de la inflorescencia promueve la floración e inhibe la bulbificación. Sin embargo, Buwalda (1986) obtiene con fertilizaciones tempranas un aumento de la producción de bulbos. Mientras que trabajos realizados en Chile, encuentran que la emisión del escapo floral disminuye con el aumento de las dosis de N aplicado. Así, dosis de 0, 96 y 192 kg N.ha⁻¹ resultan en un 67 %; 52 % y 46 % de plantas

con escapo floral respectivamente (Krarup y Trobok 1975). Resultados semejantes se obtuvieron en ensayos realizados en Mendoza, Argentina, donde al fertilizar con sulfato de amonio en dosis de 150 a 300 kg N.ha⁻¹ entre agosto y mediados de octubre se retrasó la emisión de los escapos y disminuyó un 10 a 20 % el porcentaje de los mismos (Borgo *et al.* 1995).

La fertilización nitrogenada también afecta el peso seco y contenido de nitrógeno de los escapos. Con el agregado de N, P y K, en dosis de 200, 60 y 80 kg.ha⁻¹ respectivamente, se observa una disminución de la materia seca y concentración de nitrógeno del escapo floral en beneficio de los bulbos, lo que da lugar a un aumento de los rendimientos totales y del calibre de bulbos (Gaviola de Heras *et al.* 1991 y 1993). La disminución del peso seco de los escapos podría visualizarse a partir del agregado de 80 kg de N.ha⁻¹ aún en suelos bien provistos de N (900 mg de Ntotal.kg⁻¹) (Lipinski *et al.* 1993).

2.7. Densidad y sistema de plantación

Lipinski y Gaviola de Heras (1995), señalan que a medida que aumenta la densidad de la población de 240.000 a 720.000 plantas por hectárea, se incrementa el peso total de los escapos florales (g por parcela). Los autores postulan que en condiciones de competencia, el fitocromo detectaría la mayor relación de luz rojo lejana (RL)/ luz roja (R) e induciría una mayor acumulación de azúcares reductores y un transporte de los mismos hacia un órgano en activo crecimiento como es el escapo floral.

La utilización de cobertura plástica de suelo ("acolchado" o *mulch*) durante el ciclo de cultivo, también afecta la emisión de escapos. Así, el acolchado con polietileno transparente aumenta en un 10 % el porcentaje de plantas con escapo floral y el peso medio de los mismos (Gabriel y Makuch 1995).

2.8. Reguladores del crecimiento

La aplicación de CCC (750 y 1500 ppm) y Ethefon (200 y 400 ppm) aplicados 10 días antes de la emisión del escapo disminuyen la longitud y el peso seco del mismo (Borgo y Guevara 1991). Mientras que 12 riegos con CCC a 7000 ppm desde agosto a noviembre inhiben la emisión de escapos en un 96 % (Terenti *et al.* 1987).

Tizio (1979), al cultivar fragmentos de escapos florales *in vitro* menciona que el agregado de ácido giberélico al medio de cultivo asociado con adenina o biotina inhibieron la formación de bulbillos aéreos, permitiendo así el completo desarrollo de las flores, pero sin llegar a obtener semillas. La cinetina sola, estimuló moderadamente el crecimiento de

los bulbillos los que alcanzaron mayor tamaño que en el tratamiento testigo. Mientras que con ácido giberélico en dosis de $3 \cdot 10^{-6}$ y $3 \cdot 10^{-5}$ M, los bulbillos formados fueron más alargados, filiformes y de color verde claro. Posteriormente, Deromedis *et al.* (1984) confirmaron estos resultados e indican que el cultivo de los escapos en el mismo medio de White-Nitsch-Morel pero líquido, permite aumentar el número y tamaño de las flores y la formación de polen, en detrimento del crecimiento de bulbillos aéreos.

Mientras tanto, en cebolla se puede inducir la formación de bulbillos aéreos en las espigas de las inflorescencias en las que son removidas las flores, mediante la pulverización de agua (Andrew 1951). Sin embargo, se ha visto que es más efectiva para este propósito, la pulverización diaria en las primeras 5 semanas después del corte de las flores, con bencil adenina (Thomas 1972). También se puede lograr la producción de bulbillos en las umbelas, por el tratamiento de los bulbos en el momento de la plantación con citocininas sintéticas (6-(bencilamino)-9-(2tetrahidropiranyl)-9H-purina), en concentraciones de 100 a 500 ppm (Vest and Subramanya 1977).

En Japón, se realizaron 6 a 10 pulverizaciones con reguladores del crecimiento en plantas de ajo creciendo a campo de las cultivares japonesas Yamagata y Hoki, con el objeto de observar su efecto sobre el número y peso de los "dientes" y bulbillos aéreos. Se efectuaron pulverizaciones foliares con ácido naftalenacético (200 y 400 ppm), ácido giberélico (200 y 400 ppm), benciladenina (50 y 100 ppm) y ethefón (480 y 1920 ppm). Al finalizar el ciclo de cultivo, se observó que el ácido giberélico aumentó en un 50 a 80 % el número de "dientes" en los bulbos y aproximadamente un 30 % el número de bulbillos aéreos. Si bien ningún regulador del crecimiento aumentó el peso de los "dientes" por planta, con la aplicación de benciladenina aumentó el peso de los bulbillos aéreos por planta. Este tratamiento si bien aumentó el tamaño de los bulbillos aéreos disminuyó el número de los mismos por planta (Takagi 1990).

2.9. Crecimiento del escapo y de los bulbillos aéreos

Aparentemente la presencia del escapo alarga el ciclo vegetativo de las plantas al tardar más tiempo en amarillear y senescer. Este hecho ha sido citado como una de las causas posibles de los rendimientos levemente superiores de los cultivos sin descanutar (Lanzavechia 1991). La presencia del escapo daría lugar a bulbos de menor calibre, posiblemente por una mayor compacidad de los "dientes" sobre el escapo. Al eliminarlo aumentarían los espacios interdentes como consecuencia de la dilatación de la porción cortada del escapo originándose bulbos de mayor calibre (Lanzavechia 1991). Borgo y Guevara (1991) también visualizan, cuando se descanuta, mayor calibre de los bulbos, sin diferencias notables en la proporción de asimilados asignados a cada órgano de la planta, ni diferencias en los rendimientos por parcela (Borgo *et al.* 1993).

Orlowski *et al.* (1996), si bien lograron aumentar la producción total de 7,7 a 10 t.ha⁻¹ al eliminar el escapo, citan que al permitir el crecimiento del escapo hasta cosecha, se puede obtener una producción adicional de bulbillos aéreos de 2 t.ha⁻¹, los cuales son útiles como material de plantación.

Las cultivares de producción más tardía normalmente dan mayor porcentaje de plantas con escapo floral (Nolasco 1983). Además, a medida que se atrasa la fecha de cosecha para un determinado cultivar, se aprecia un aumento importante del peso del escapo floral. Éste incrementa 10 veces su valor en peso en el lapso de 30 días (Lanzavechia 1993).

Con respecto al crecimiento en el escapo de los bulbillos aéreos, se ha determinado que el escapo floral separado de la planta madre es capaz de dar origen en su ápice a bulbillos aéreos, por redistribución y reutilización de los contenidos celulares de las células parenquimáticas del escapo en senescencia (Zhang *et al.* 1981; Wang *et al.* 1996). Sin embargo, sólo escapos con diámetros de espata superiores a 1 cm pueden desarrollar bulbillos, mientras que los de menor diámetro crecen sólo si son cultivados en agua. Cada escapo contiene 20 a 100 bulbillos y 0 a 20 flores perfectas (Cheng 1981).

La remoción de los bulbillos aéreos de escapos separados de las plantas, retrasa la senescencia de los escapos y disminuye la tasa de pérdida de materia seca de los mismos durante el almacenaje. En escapos cortados con los bulbillos aéreos presentes, el contenido de ácido abscísico (ABA) es mayor en los bulbillos aéreos que en el escapo, lo que sugiere que el ABA es sintetizado en los bulbillos aéreos y traslocado al escapo (Wang *et al.* 1988).

2.10. Estado sanitario de las plantas

La ocurrencia de ciertas enfermedades y/o plagas en algunos cultivares, regiones o fases del cultivo pueden inducir a la formación de bulbillos aéreos. Así, ha sido observada una mayor ocurrencia de bulbillos aéreos al aumentar el ataque de nemátodos (Araujo y también Menezes Sobrinho e Regina, citados en Nolasco 1983).

Además, el material libre de virus no solamente produce bulbos de mayor tamaño y con un mayor número de "dientes" sino que también los escapos florales darían origen a un 20 % más de bulbillos aéreos (Matsubara *et al.* 1990).

3. FACTIBILIDAD DE EMPLEO DE LOS BULBILLOS AÉREOS EN LA PRODUCCIÓN DE "SEMILLA" DE AJO

3.1. Obtención de material saneado

Algunos autores citan que los bulbillos aéreos, por su disposición en la planta en relación a los bulbos, tienen mayor posibilidad de no ser infectados por ciertos patógenos del suelo. La propagación vía bulbillos aéreos sería una forma útil de eliminar la infección con nemátodos del *stock* de plantas (Komissarov 1998). También se cita la posibilidad que los bulbillos aéreos de una planta virósica no presenten virus (Nolasco 1983). Sin embargo, Conci (comunicación personal) determinó mediante DAS-ELISA igual o mayor concentración de OYDV y LYSV en los bulbillos aéreos que en los bulbos de las mismas plantas.

Los escapos florales y bulbillos aéreos también pueden ser utilizados como material para la liberación de virus en ajo. Según Yang *et al.* (1995), el cultivo *in vitro* de yemas vegetativas y florales del involucro inmaduro de los escapos florales en rápido crecimiento, permite la producción en gran escala de plantas libres de virus, lo cual no es posible si se usa el método convencional de cultivo de meristemas de brotes, debido a la alta incidencia de infección viral. El empleo de este material permite que el 70 % de los tejidos esté libre de virus y la obtención de más de 20 microbulbillos por escapo floral.

Por su parte, Ma *et al.* (1995) lograron un 77,6 %; 45,4 % y 26,5 % de plántulas libres del carlavirus del mosaico del ajo, a partir de extremos de escapos, y extremos de brotes de 0,3 a 0,5 mm y >0,5 mm de largo respectivamente. De acuerdo con estos resultados los autores sugieren que el cultivo de extremos de escapos es un método efectivo para la eliminación de este virus. Esto coincide con una cita anterior de Matsubara *et al.* (1990) quienes mencionan que a través del cultivo *in vitro* de los receptáculos florales se puede aumentar la multiplicación de material saneado. También, el empleo de bulbillos inmaduros de la inflorescencia menores de 0,5 mm de diámetro permitió disminuir drásticamente la concentración de virus en las plantas originadas a partir de ellos (Suh and Park 1993).

3.2. Aumento de la tasa de multiplicación

Los bulbillos aéreos pueden ser utilizados como material para la obtención de "semilla" para el cultivo de ajo. Un trabajo realizado en Minas Gerais, Brasil, indica que los bulbillos aéreos de la cultivar Amarante pueden ser plantados en surco o "al voleo" en franjas, siendo el sistema de surcos el más recomendado. Entre las densidades utilizadas, 50, 100 y 150 gramos de bulbillos.m⁻², 150 g. m⁻² posibilitó la obtención de los mayores rendimientos, pero al aumentar la densidad aumentó la proporción de bulbillos únicos o simples. Así, teniendo en cuenta el tratamiento más recomendado, serían necesarios 1700 m² para la producción del material necesario para plantar una hectárea (De Menezes Sobrinho e Regina 1970).

Cuando los bulbillos aéreos utilizados en la plantación son pequeños (0,08 g) los bulbos originados presentan un único “diente” mientras que bulbillos de mayor peso (0,41 g) producen 3 a 4 “dientes”. Además los bulbillos aéreos de mayor peso tienen una mayor tasa de emergencia, y dan origen a plantas más altas, con más hojas y cuello más grueso (Ban *et al.* 1982).

La tasa de emergencia no sólo depende del tamaño de los bulbillos aéreos sino también del tiempo transcurrido entre la cosecha de los mismos y su plantación. Así, la capacidad de brotación de los bulbillos aumenta al alargarse el período entre cosecha y plantación. La brotación temprana (15 días de plantación) sólo ocurre en aquellos bulbillos de por lo menos 150 días de almacenamiento, pero con más de 180 días de almacenamiento el porcentaje de emergencia final disminuye (Lima 1971).

Con respecto al comportamiento inicial de los bulbillos aéreos a campo los resultados son contradictorios. Amjad *et al.* (1986) al comparar el comportamiento a campo de bulbillos y bulbillos aéreos (de tamaño no mencionado), no observan diferencias significativas en la altura de las plantas, peso de los bulbos y número de “dientes” por bulbo. Om and Srivastava (1977) al comparar bulbillos (dientes) de 4,5 cm de diámetro y bulbillos aéreos de 1,2 cm, obtienen plantas más grandes, mayor número de bulbillos por bulbo y mayor producción por hectárea al emplear bulbillos como material de plantación. Estos autores mencionan que es interesante remarcar que cuando los bulbillos aéreos son plantados a alta densidad (10 x 20 cm) se obtiene comparativamente mayor retorno neto que con los bulbillos plantados a menor densidad (15 x 20 cm o 20 x 20 cm).

Si bien en la presente revisión se citan numerosos trabajos en los cuales se ha evaluado la incidencia de diversos factores sobre la emisión de escapos y las características de los mismos (Mann and Minges 1958; Lis *et al.* 1969; Krarup y Trobok 1975; Nakamura 1985; Terenti *et al.* 1987; Takagi 1990; Borgo y Guevara 1991; Ferreira *et al.* 1991; Gaviola de Heras *et al.* 1991 y 1993; Lipinski *et al.* 1993; Messiaen *et al.* 1993; Pooler and Simon 1993; Ahonen and Kokkola 1994; Burba *et al.* 1994; Borgo *et al.* 1995; Lipinski y Gaviola de Heras 1995; Stahlschmidt *et al.* 1995), falta evaluar su influencia sobre el número y tamaño de los bulbillos aéreos producidos. Para algunos factores no existen datos o en otros los resultados son contradictorios.

El conocimiento de la producción de bulbillos aéreos sería fundamental para el empleo de los mismos como propágulos tendientes a aumentar la tasa de multiplicación del ajo. Es por ello que en este trabajo se plantearon para ajo (*Allium sativum* L.) tipo “colorado” las siguientes hipótesis y objetivos.

4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

4.1 Hipótesis principal: El ajo tipo “colorado” posee variabilidad en las características del escapo floral. Para un subgrupo determinado, la producción de bulbillos aéreos es afectada por la infección viral y el manejo cultural y poscosecha de las plantas.

4.2 Hipótesis secundarias:

- a) El momento de emisión del escapo y la capacidad de producir bulbillos aéreos varía de acuerdo al genotipo considerado.
- b) El ajo libre de OYDV y LYSV produce más bulbillos aéreos que el ajo enfermo.
- c) La emisión del escapo floral y la formación de bulbillos aéreos aumenta al incrementarse el tamaño del “diente” plantado y disminuye al fertilizar con nitrógeno.
- d) La forma de conservación del escapo floral luego de la cosecha de las plantas afecta la producción de bulbillos aéreos.

4.3 Objetivo general: Estudiar el efecto del genotipo, liberación de virus, tamaño de “diente”, fertilización nitrogenada y manejo poscosecha de los escapos, en la producción de bulbillos aéreos.

4.4 Objetivos específicos:

- a) Clasificar las poblaciones clonales de ajo “colorado” existentes por su hábito de emisión de escapos y producción de bulbillos aéreos. Determinar las correlaciones entre los caracteres evaluados.
- b) Comparar clones crónicamente enfermos y libres de OYDV y LYSV, con respecto a la emisión de escapo floral y producción de bulbillos aéreos.
- c) Estudiar el efecto del tamaño del “diente” plantado y de la fertilización nitrogenada sobre la emisión del escapo floral y formación de bulbillos aéreos.
- d) Comparar diversos métodos de manejo de los escapos luego de la cosecha de las plantas, sobre la producción de bulbillos aéreos.

5. BIBLIOGRAFÍA

AHONEN, S.; KOKKOLA, M. 1994. The influence of low pre-planting temperatures on growth and yield of Finnish local garlic (*Allium sativum* L.) strains "Joutseno" and "Rautjärvi". Adv. Hort. Sci. 8:215-219.

- AMJAD, M.; ALI, Y.; ASI, A.R. 1986. Comparative studies on garlic (*Allium sativum* L.) cultivars raised from bulbs and aerial bulbils. J. Agric. Res. 24(4):271-275.
- ANDREW, W.T. 1951. Vegetative reproduction of onions by the headset method. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 58:208-212.
- BAN, C.D.; HWANG, J.M.; CHOI, J.K. 1982. Studies on growing garlic from aerial bulbils. Research reports., Office of rural Development, S. Korea, Horticulture 24(12):72-76.
- BORGO, R.; GUEVARA, M. 1991. Efecto de la eliminación de los tallos floríferos sobre los rendimientos cuali y cuantitativos en *Allium sativum*, cv. "colorado". In: Curso /Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p. 125-134 (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- BORGO, R.; STAHLSCHMIDT, O.M.; ESTEVEZ, G.; CAVAGNARO, J.B. 1993. Ecofisiología del ajo. 1. Efecto de la eliminación del escapo floral (descanutado) sobre el rendimiento de ajo colorado. In: Curso /Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (3, 1993, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta. p. 117-125.
- BORGO, R.; STAHLSCHMIDT, O.M.; CAVAGNARO, J.B. 1995. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la incidencia del "descanutado" y anomalías en bulbos de ajo "colorado". In: Curso /Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (4, 1995, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta. p. 11F-17F.
- BOTTI, C.G.; KRARUP, C.H. 1978. Morfogénesis de la floración y ciertas anomalías en el desarrollo de ajo (*Allium sativum* L.) cv. Valenciano Rosado. Inv. Agrícola (Chile) 4(1):1-6.
- BURBA, J.L.; ALEMANY, J.; CID, M.V.; B. de AZEVEDO, R.A. 1987. Anomalías morfológicas en la bulbificación de ajo (*Allium sativum* L.). Rev. Cs. Agrop. 5:45-55.
- BURBA, J.L. 1991. Situación agronómica del cultivo de ajo en Argentina. In: Curso Taller en tecnologías de producción, industrialización, comercialización y exportación de ajos en Chile (1, 1991, Santiago, Chile). Actas. Santiago, Chile, La Platina. p. 220-233.
- BURBA, J.L. 1993a. Producción de "semilla" de ajo. La Consulta, Asociación Cooperadora EEA La Consulta. 163 p. (Manual de producción de semillas horticolas, Fasc. 5) .
- BURBA, J.L. 1993b. Obtención de nuevas variedades de ajo. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (3, 1993, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta. p. 45-46.
- BURBA, J.L.; LANZAVECHIA, S.; GOMEZ RIERA, P. 1994. Caracterización de clones de ajo "colorado" por la emisión de vara floral. Informe Preliminar 59-3922 INTA. 15 p.

- BURBA, J.L. 1997a. Perspectivas del mercado internacional de ajo. In : J.L. Burba editor. 50 temas sobre producción de ajo. INTA Estación Experimental La Consulta, Mendoza. v. 1, p. 98-105.
- BURBA, J.L. 1997b. Panorama mundial y nacional de poblaciones y cultivares de ajo. Posibilidades de adaptación. In : J.L. Burba editor. 50 temas sobre producción de ajo. INTA Estación Experimental La Consulta, Mendoza. v. 2 p. 11-31.
- BUWALDA, J.G. 1986. Nitrogen nutrition of garlic (*Allium sativum* L.) under irrigation. Crop growth and development. *Scientia Horticulturae* 29:55-68.
- CADENA AGROALIMENTARIA Y AGROINDUSTRIAL DE AJO 1999. Convenio INTA / Gobierno de Mendoza, Proyecto ajo / INTA – Instituto de Desarrollo Rural. Mendoza, Argentina.
- CANAVELLI, A.; CONCI, V. 1993. Resultados preliminares sobre un estudio de distribución viral en bulbos de ajo (*Allium sativum* L.). In: Curso /Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (3, 1993, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta. p. 107-109.
- CASTILLO, O.E.; SOLIS, A.; GOMEZ, N.; MORICONI, D.N. 1993. Producción de minibulbos de ajo (*Allium sativum* L.) bajo diferentes condiciones de manejo cultural. Efecto del tamaño y densidad de plantación de microbulbos. In: Curso /Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (3, 1993, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta. p. 49-58.
- CHENG, S.S. 1981. Sexual process in garlic (*Allium sativum* L. cv. 'Chonan'). Congresso anual da Sociedade Americana de Ciências Hortícolas- Região Tropical (29). Congresso Brasileiro de Olericultura (21). II Congresso da Sociedade Brasileira de Floricultura e Plantas Ornamentais (2, 1981, Campinas-SP, Brasil). Resúmenes Campinas-SP, Brasil. res. 29.
- CHERNYKH, A.N. 1986. Clove size and yield structure of scape-forming garlic. *Kartofel' i Ovoshchi* 1:35.
- CONCI, V.C.; MORICONI, D.N.; NOME, S.F. 1986. Cultivo de meristemas apicales de seis tipos clonales de ajo (*Allium sativum* L.). *Phyton* 46(2):187-194.
- CONCI, V.C. 1989. Virus de ajo, diagnóstico y obtención de plantas libres. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p. 59-60 (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- DEMASON, D.A. 1990. Morphology and anatomy of *Allium*. In: Brewster J.L. and Rabinowitch H. D. eds. Onions and Allied Crops. Cap.2, CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. v. 1 p. 21-51.
- DE MENEZES SOBRINHO, J.A.; REGINA, S.M. 1970. Estudo sobre aproveitamento de bulbilhos aéreos de alho (*Allium sativum* L.) para obtenção de alho planta. *Revista de Olericultura, Viçosa, Belo Horizonte*. vol X:33-36.
- DEL TORO, M.S. 1989. Nemátodo del tallo, del cuello y de los bulbos *Ditylenchus dipsaci* (Kuhn) Filipjev. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e

- Industrialización de Ajo (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p. 33-36 (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- DEROMEDIS, R.; CORRAL, A.; LARRUSSE, S.; TERENTI, O. 1984. Floración de ajo (*Allium sativum* L.) en medio líquido y condiciones ambientales. Revista Industrial y Agrícola de Tucumán 61(29:87-94).
- ESCAFF, M.; MUÑOZ, C.; GUIÑEZ, A.; BRUNA, A. 1991. Producción de semilla de ajo de alta calidad. In: In: Curso Taller en tecnologías de producción, industrialización, comercialización y exportación de ajos en Chile (1, 1991, Santiago, Chile). Actas. Santiago, Chile, La Platina. p. 75-82.
- ESTÉVEZ, G.M.; VANIN, M. 1997. Producción de ajo en Mendoza. In : J.L. Burba editor. 50 temas sobre producción de ajo. INTA Estación Experimental La Consulta, Mendoza. v. 1 p. 16-21.
- ETOH, T.; OGURA, H. 1977. A morphological observation on the formation of abnormal flowers in garlic (*Allium sativum* L.). Mem. Fac. Agr. Kagoshima University 13:77-88.
- ETOH, T. 1982. Development and degeneration of the tapetum in garlic, *Allium sativum* L.. Mem. Fac. Agr. Kagoshima Univ. 18:75-84.
- FERREIRA, F.A.; CASALI, V.W.D.; ALVARES, V.H.; M. de RESENDE, G. 1991. Desenvolvimento de alho cvs. Chonan e Quitéria após armazenamento refrigerado. Hort. bras. 9(1):8-10.
- FONT QUER, P. 1965. Diccionario de botánica. Editorial Labor S.A., Barcelona, España. 1244 páginas.
- GABRIEL, E.L.; MAKUCH, M.A. 1995. Efecto de la cobertura plástica de suelo en la producción de ajo "colorado" (*Allium sativum* L.). In: Curso /Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (4, 1995, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta. p . 41F-49F.
- GATICA, M.; ORIOLANI, E.J.A. 1989. Importancia de las fungosis y bacteriosis en ajo semilla. In: Curso /Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo. (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p. 30-31. (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- GAVIOLA de HERAS, S.; FILIPPINI de ZULUAGA, M.F.; LIPINSKI, V.M. 1991. Ritmo de crecimiento y absorción de nutrimentos en ajo (*Allium sativum* L.). Efecto de la fertilización sobre componentes del crecimiento del rendimiento en los tipos "blanco" y "colorado". In: Curso /Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo. (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p. 105-112. (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- GAVIOLA de HERAS, S.; FILIPPINI, M.F.; LIPINSKI, V. 1993. Fertilización de ajo "Colorado" y "Blanco": Efecto sobre la concentración y absorción de N-P-K durante el ciclo de cultivo. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (3, 1993, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta. p. 221-234.
- KOMISSAROV, V.A. 1998. Bulblet culture of garlic. Horticultural Abstract 68(6):res. 4889.

- KONVICKA, O.; NIENHAUS, T.; FIESCHBECK, G. 1978. Investigations into the causes of pollen sterility in *Allium sativum* L. Z. Pflanzenzuecht 80:265-276.
- KOTHARI, I.L.; SHAH, J.J. 1974. Histogenesis of seed stalk and inflorescence in garlic. Phytomorphology 24(1/2):42-48.
- KOUL, A.K.; GOHIL, R.N. 1970. Causes averting sexual reproduction in *Allium sativum* Linn. Cytologia 35:197-202.
- KRARUP, H.C.; TROBOK, V. 1975. Efectos de sistemas de plantación sobre rendimiento, calidad del bulbo y aprovechamiento de la fertilización nitrogenada en ajo. Fitotecnia Latinoamericana 11(1):39-42.
- LANZAVECHIA, S. 1991. Efecto del "descanutado" en ajos "colorados" sobre los rendimientos comerciales y la relación costo/beneficio. In: Curso /Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo. (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p. 99-102. (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- LANZAVECHIA, S. 1993. Efecto de la oportunidad de cosecha en ajo sobre el rendimiento, la calidad y conservación de los bulbos. In: Curso /Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo. (3, 1993, Mendoza) Mendoza, INTA EEA La Consulta. p. 319-331.
- LIMA, P.J.B.F. 1971. Ocorrência de bulbilhos aéreos em alho (*Allium sativum* L.), cultivar Cariri, e determinação da idade mais indicada para o plantio. Revista de Olericultura, Piracicaba-SP. vol XI:27-28.
- LIPINSKI, V.; GAVIOLA de HERAS, S.; FILIPINI, M.F. 1993. Influencia del riego, la fertilización nitrogenada y el tamaño de diente sobre el rendimiento y calidad del ajo colorado en el Valle de Uco. In: Curso /Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (3, 1993, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta. p. 235-245.
- LIPINSKI, V.H.; GAVIOLA DE HERAS, S. 1995. Efecto de la densidad y la fertilización nitrogenada en el cultivo de ajo tipo colorado. In: Curso /Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (4, 1995, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta. p. 61F-70F.
- LIS, B.R. de; CAVAGNARO, J.B.; PONCE, I.; TIZIO, R. 1969. Estudios sobre requerimientos hídricos en especies hortícolas. IV. Influencia de períodos de sequía sobre la emergencia de escapos florales en ajo (*Allium sativum* L.(Liliaceae)). Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias 15(1):127-132.
- MA, Y.; WANG, H.L.; ZHANG, C.J.; KANG, Y.Q. 1995. High rate of virus-free plantlet regeneration via garlic scape-tip culture. Horticultural Abstracts 65(9):res. 7875.
- MANN, L.K. 1952. Anatomy of the garlic bulb and factors affecting bulb development. Hilgardia 21:195-251.
- MANN, L.K.; MINGES, P.A. 1958. Growth and bulbing of garlic (*Allium sativum* L.) in response to storage temperature of planting stocks, day length, and planting date. Hilgardia 27(15):385-419.

- MATSUBARA, S.; CHEN, D.; MASUDA, M.; MURAKAMI, K. 1990. Production and proliferation of bulbs from receptacles of virus free garlic plant. Scientific Reports of the Faculty of Agriculture. Okayama University Nº 75:9-13.
- MESSIAEN, C.M.; COHAT, J.; LEROUX, J.P.; PICHON, M.; BEYRIES, A. 1993. Les allium alimentaires reproduits par voie végétative. Messiaen, Cohat, Leroux, Pichon, Beyries eds., INRA, Paris. 225 p.
- MORICONI, D.N.; CONCI, V.C.; NOME, S.F. 1990. Rapid multiplication of garlic (*Allium sativum* L.) in vitro. *Phyton* 51(2):145-151.
- MORICONI, D.N. 1997. Sistemas de producción de "semilla" básica. In : J.L. Burba editor. 50 temas sobre producción de ajo. INTA Estación Experimental La Consulta, Mendoza. v. 2 p. 57-69.
- MUÑOZ de CON, L. 1973. Aumento de la productividad en el ajo. *Revista de Agricultura, Cuba* 6(2):12-51 .
- MUÑOZ, J.O. 1989. Control de patógenos sistémicos. In: Curso /Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo. (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p. 43-44. (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- NAKAMURA, E. 1985. Allium-Minor vegetables. In: A.H. Halevy (ed). CRC Handbook of Flowering. CRC Press, Boca Raton, Florida. v. 1 p.410-418.
- NOLASCO, F. 1983. Bulbilho aéreo em alho (*Allium sativum* L.) e seu uso na obtenção de alho-planta. *Seminarios de Olericultura, Visçosa-MG*, vol.IX:83-105.
- NOME, S.F.; ABRIL, A.; RACCA, R. 1981. Obtención de plantas de ajo (*Allium sativum* L.) libres de virus mediante el cultivo de meristemas apicales. *Phyton* 41(1/2):139-151.
- OM, H.; SRIVASTAVA, R.P. 1977. Influence of the planting material and spacing on the growth and yield of garlic. *Indian Journal of Horticulture* 34(2):152-156.
- ORLOWSKI, M.; REKOWSKA, E.; DOBROMILSKA, R.D. 1996. The effect on the yield of garlic (*Allium sativum* L.) of autumn and spring planting using different methods of seedstalk trimming. *Horticultural Abstracts* 66(1):res. 331.
- POOLER, M.R.; SIMON, P.W. 1993. Garlic flowering in response to clone, photoperiod, growth temperature, and cold storage. *HortScience* 28(11):1085-1086.
- POPOVA, L.D. 1975. Utilization of garlic aerial bulbils as planting material. *Nauchnye Trudy NII Ovoshch. Kh.-va* Nº 3:98-103.
- RACCA, R.W. 1989. La microbulbificación sincronizada in vitro en ajos de sanidad controlada. Un paso esencial en la transferencia a tierra. In: Curso /Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo. (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p. . 61-63. (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- REGINA, S.M. 1979. A obtenção económica do alho-semente. *Agroquímica. CIBA-GEIGY, Sao Paulo*. 11:4-13.

- STAHLSCHMIDT, O.M.; CAVAGNARO, J.B.; BORGIO, R.; VARGAS, C. 1995. Respuestas de los tipos comerciales de ajo "blanco" y "colorado" al almacenamiento de "semilla" a bajas temperaturas. In: Curso /Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo. (4, 1995, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta. p. 19F-32F.
- SUH, S.K.; PARK, H.G. 1993. Rapid multiplication through immature bulbil cultures of garlic. J.Kor.Soc. Hort. Sci. 34(3):173-178.
- TAKAGI, H. 1990. Garlic *Allium sativum* L. In: Brewster J.L. and Rabinowitch H. D. eds. Onions and Allied Crops. Cap.6, CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. v. 3 p. 109-146.
- TERENTI, O.A.; LARRUSE, A.S.; DEROMEDIS, N.R.; CORRAL, A.Z. 1987. Respuesta a CCC en cuanto a tamaño y rendimiento en *Allium sativum* L. cv. colorado. Hort. Arg. 6(12-14):87-91.
- THOMAS, T.H. 1972. Stimulation of onion bulblet production by N6-benzyladenine. Hort. Res. 12:77-79.
- TIZIO, R.M. 1979. Floraison in vitro de l'ail (*Allium sativum* L.). C.R. Acad. Science Paris, t.289. Serie D:401-404.
- VEGA, E. 1989. Control químico de *Ditylenchus dipsaci* en ajo. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo. (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p. . 32-33. (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- VEST, G.; SUBRAMANYA, R. 1977. Observations of PBA-induced bulbil production in onion inflorescences. HortScience 12(4):323-324.
- WANG, W.H.; TAN, Z.Y.; JI, S.Y. 1988. Effects of abscisic acid on senescence of garlic (*Allium sativum* L.) scape. Acta Botanica Sinica 30(2):169-175.
- WANG, Yi.; LOU CHENGHOU; YANG SHIJE 1996. Ultrastructural changes of parenchyma cells in detached garlic scape during storage. Horticultural Abstracts 66(2): res 1280.
- XU PEIWEN; SUN HUIHENG; SUN RUIJIE; YANG YUANJUN; ZHANG DECHANG 1997. Rapid propagation of virus-free garlic and a systematic scheme for seed garlic production. Acta Horticulturae 433:329-325.
- YANG, S.G.; LEE, H.S.; JEONG, W.J.; MIN, S.R.; LIU, J.R. 1995. Production of virus-free microbulbs of garlic (*Allium sativum* L.) by in vitro culture of vegetative and floral buds in immature involucre. Horticultural Abstracts 65(8):res. 6940.
- ZHANG, W.C.; YAN, W.M.; CHEN, Z.Q.; LOU, C.H. 1981. Intercellular transport of macromolecular substances as a means of redistribution of cellular contents in detached garlic scape. Acta Bot.Sin.. 23(3):169-175.

CAPÍTULO 2

***CLASIFICACIÓN DE GERMOPLASMA DE AJO “COLORADO”
POR SU HÁBITO DE EMISIÓN DE ESCAPO Y PRODUCCIÓN DE
BULBILLOS AÉREOS***

RESUMEN

Se evaluaron 32 introducciones de ajo "colorado" (*Allium sativum* L.) (grupo IV) en Mendoza, Argentina. Los datos de las 12 variables cuantitativas medidas se procesaron estadísticamente mediante el método de análisis de componentes principales.

El análisis de clasificación jerárquica con las tres primeras componentes permitió identificar cinco grupos por su hábito de emisión de escapo y producción de bulbillos aéreos. Basado en las características preponderantes de las introducciones en cada grupo, ellas se designaron: (Asiáticos) de floración temprana y baja producción de bulbillos, (Rusos) de floración semitemprana, con el más alto porcentaje de floración y producción de bulbillos de todos los materiales evaluados, (Incógnitas) de floración semitardía con alto porcentaje de floración y producción de bulbillos aéreos, (Criollos) de floración semitardía y baja producción de bulbillos y (Españoles) de floración tardía, con bajo porcentaje de floración y nula producción de bulbillos. Las variables diámetro de espata y longitud del escapo al momento de cosecha permiten estimar la producción de bulbillos aéreos con un 88 % de certeza.

Palabras clave: *Allium sativum*, ajo, floración, bulbillos aéreos, clasificación.

RED GARLIC GERMOPASM CLASSIFICATION FOR THEIR FLORAL SCAPES EMISSION HABIT AND AERIAL BULBILS PRODUCTION

SUMMARY

Thirty two red garlic (*Allium sativum* L.) (grupo IV) introductions were evaluated in Mendoza, Argentina. Twelve quantitative characteristics were measured and statistically processed with a principal component analysis.

The hierarquic classification analysis with the first three components, identified five groups by their scape emission habit and aerial bulbil production. Based on the outstanding characteristics of the introductions in each group, they were designated as: (Asian) of early flowering and low aerial bulbil production, (Russian) of medium early flowering, with the highest flowering percentage and bulbil production, (Unknown) of medium late flowering with a high flowering percentage and aerial bulbil production, (Native) of medium late flowering and low bulbil production and (Spanish) of late flowering, with low flowering percentage and no bulbil production. Estimates of aerial bulbil production with an 88 % certainty were possible based on the variables of spathe diameter and scape length at harvest.

Key words: *Allium sativum*, garlic, flowering, aerial bulbils, classification.

1. INTRODUCCIÓN

De los cultivares producidos comercialmente en la Argentina, los de tipo “colorado” pertenecientes al Grupo IV (Burba 1997) producen naturalmente un escapo floral que emerge del falso tallo y remata en una inflorescencia con bulbillos aéreos y flores que abortan (Botti y Krarup 1978) o sólo bulbillos (Kothari and Shah 1974). La bibliografía internacional denomina a este grupo de clones como *bolting type* (tipos con floración anticipada), *H type* o *hard neck type* (tipos con cuello duro) (Takagi 1990). A los cultivares del grupo IV se los denomina “colorados” en Argentina, “rosados” en Chile, “roxos” en Brasil, “morados” o “rojos” en España, y *red type* en los países de habla inglesa (Burba 1997).

La aptitud de floración de esta especie está fuertemente influenciada por el genotipo (Messiaen *et al.* 1993; Pooler and Simon 1993), interactuando con el termo y fotoperíodo (Takagi 1990; Pooler and Simon 1993), pudiendo ser modificada por algunos factores de manejo como el tamaño de “semilla” (Takagi 1990), la temperatura de conservación de la misma (Takagi 1990; Messiaen *et al.* 1993; Pooler and Simon 1993), la nutrición mineral (Krarup y Trobok 1975; Takagi 1990; Gaviola de Heras *et al.* 1991 y 1993; Borgo *et al.* 1995), la época de plantación (Takagi 1990), la densidad de plantación (Lipinski y Gaviola de Heras 1995) y los riegos (Lis *et al.* 1969; Lipinski *et al.* 1993).

La oportunidad de la emisión de escapo floral es un aspecto poco estudiado (Messiaen *et al.* 1993; Burba *et al.* 1996). Para las mismas condiciones ambientales y el mismo genotipo utilizado, el momento de emergencia debería ser el mismo, sin embargo esto no siempre es así. Burba *et al.* (1994) al evaluar 25 introducciones de ajo “colorado” por su característica de emisión de la vara floral, observaron que existía variabilidad entre clones para los caracteres referidos a floración. El porcentaje de floración variaba entre 35 % y 100 % y el momento de emisión de los escapos se iniciaba entre mediados de octubre y fines de noviembre según los materiales. Esto llevó a pensar que los cultivos de ajo “colorado” en Argentina estarían compuestos por poblaciones clonales con gran variabilidad, producto de mezclas de “semilla” de diferentes orígenes, de la falta de selección y de la acumulación de mutaciones (Burba *et al.* 1996).

Entre los objetivos de los programas de mejoramiento se encuentra la identificación de genotipos con características deseables para su uso como donantes de propágulos. Así, a partir de 1990 se comenzaron a seleccionar, a partir de materiales en colección, aquellos que resultaron promisorios con el fin de ampliar el período de oferta y diversificar la misma a través de materiales destinados tanto al consumo, como a la industria (Burba 1993a).

Las caracterizaciones de germoplasma pueden realizarse utilizando diversas metodologías y principios: uso de descriptores anatomorfológicos, uso de isoenzimas, estudios cariológicos y evaluación de ADN nuclear. Los criterios más prácticos para agrupar tipos clonales (poblaciones clonales) y cultivares son aquellos que tienen que ver con determinaciones sencillas, tal es el caso de características anatómicas y morfológicas, requerimientos de frío y fotoperíodo, duración del período de dormición, capacidad para emisión de vara floral, etc.

Para los ajos de tipo “colorado” (Grupo IV), la identificación se realiza teniendo en cuenta el formato del bulbo, la precocidad, el período de dormición, el porte adulto de las plantas y la oportunidad de emisión de la vara floral (Burba 1995), ya que existen evidencias (Messiaen *et al.* 1993; Burba 1995; Burba *et al.* 1996), que la emisión de la vara floral estaría vinculada con otros parámetros de interés comercial, como el período de conservación, el ciclo vegetativo y el peso de los bulbos.

Así, a medida que se profundizan los estudios y conforme al avance de la selección clonal, aparecen sub-grupos de ajo tipo “colorado” que poseen características propias y distintivas, los “rusos”, “mediterráneos” (criollos de zonas frías, criollos de zonas templadas, españoles, italianos), “asiáticos” (de zonas templadas y de zonas cálidas) (Burba 1997). Con respecto a emisión de escapo los “rusos” y “asiáticos” emiten el 80 % de las varas florales a principios de noviembre, los colorados “criollos de zonas templadas” y los “italianos” a mediados de noviembre y los “criollos de zonas frías” y los “españoles” emiten el 80 % de las varas florales a fines de noviembre (Burba *et al.* 1996). Sin embargo, nunca se ha tenido en cuenta la capacidad de los mismos en producir bulbillos aéreos.

Dado que los bulbillos aéreos que se forman en el extremo del escapo floral pueden ser empleados como propágulos (Regina 1979; Xu *et al.* 1997), en ajo tipo “colorado”, éstos permitirían aumentar la tasa de multiplicación en las primeras etapas de producción de ajo “semilla” saneado reduciendo costos.

Previamente se clasificó a parte de las introducciones de ajo colorado pertenecientes al banco activo de germoplasma de la colección del INTA La Consulta, por la fecha de emisión de escapo (Burba *et al.* 1996), se desconoce cómo se comporta dicho material como donante de bulbillos aéreos.

Los objetivos de este trabajo fueron, clasificar las poblaciones clonales de una colección de germoplasma de ajo “colorado” por su hábito de emisión de escapo y producción de bulbillos aéreos y determinar las correlaciones existentes entre los caracteres evaluados, con el objeto de reunir información que facilite la selección.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el año 1994 se estudiaron 32 introducciones de distinto origen pertenecientes al banco activo (COLACTIVA) de germoplasma de ajos tipo “colorado” grupo IV (Burba 1995) en la Estación Experimental Agropecuaria La Consulta INTA, Mendoza, Argentina (Lat. 33° 44’ S, Long. 69° W y 940 m s.n.m.), y cuya lista se consigna en el Cuadro 2.1.

Cuadro 2.1: Introducciones de ajo “colorado” (grupo IV) sometidas a evaluación durante 1994, en La Consulta, Mendoza, Argentina.

INTRODUCCIONES	DENOMINACIÓN	ORIGEN
AR-I-015	Pata de perro	Perú
AR-I-033	Ruso	Ucrania
AR-I-037	Colorado Ascasubi	Argentina
AR-I-038	Bahía Blanca	Argentina
AR-I-040	Selección IDEVI	Argentina
AR-I-043	Colorado Luján	Argentina
AR-I-044	Italiano	Italia
AR-I-050	Colorado Nativo	Argentina
AR-I-051	Don Rafael	Argentina
AR-I-052	Colorado Español	España
AR-I-055	Colorado A-1	Argentina
AR-I-056	Colorado A-2	Argentina
AR-I-058	Colorado T	España
AR-I-060	Colorado G	Argentina
AR-I-061	Ruso	Ucrania
AR-I-063	Colorado 140	Argentina
AR-I-076	Iscajachi	Bolivia
AR-I-086	De Italia	Italia
AR-I-087	Quiteria	Brasil
AR-I-088	Chonan 1/88	Brasil
AR-I-089	Roxo Caxiense Italiano	Italia
AR-I-090	Chonan	Brasil
AR-I-092	Ito	Brasil
AR-I-093	Lages	Brasil
AR-I-094	Roxo Perola de Cazador	Brasil
AR-I-096	Cazador 30	Brasil
AR-I-098	Chonan 2/88	Brasil
AR-I-102	Colorado Español	Argentina
AR-I-104	Colorado Chino 1	China
AR-I-105	Colorado 134	Argentina
AR-I-107	Payen	Argentina
AR-I-108	Nevado	Argentina

Los bulbos se conservaron hasta el momento de la plantación a temperatura ambiente y se desgranaron y plantaron cuando el Índice Visual de Dormición (IVD) alcanzó el 75 % (Burba 1993b). El cultivo se condujo siguiendo las pautas establecidas para la producción de ajo en la región, aunque las plantas no fueron fertilizadas.

En una parcela única de 0,6 x 20 m se plantaron 200 “dientes” por material en línea simple, estando los tratamientos distribuidos completamente al azar. De cada uno se extrajeron al azar 20 plantas. Para la toma de datos se consideró a cada planta, dentro de cada parcela clonal, como una repetición de un mismo genotipo, razón por la cual cada una de ellas fue cosechada individualmente y evaluada para cada uno de los componentes en estudio de acuerdo a lo propuesto por Biderbost (1989).

A partir de octubre se controló la emisión de escapos dos veces por semana. Se consideró que una planta estaba florecida cuando había emergido por arriba del falso tallo 1 cm del escapo y toda la espata. Así se pudo determinar para cada planta, el número de días desde plantación a floración (**plfl**) y desde floración a cosecha (**flco**) y el porcentaje de plantas que habían emitido escapo (**flor**).

El material a evaluar se cosechó 7 días después de la cosecha normal del clon, cuando el follaje estaba totalmente seco (Burba 1989). En ese momento se evaluó la longitud total del escapo (**long**), diámetro central (**cent**) y apical del escapo (**apic**); diámetro de la espata (**espa**). La longitud del escapo se midió desde el cuello de la planta hasta donde comienza la espata, el diámetro central se midió a la altura donde el escapo emerge del falso tallo y el diámetro apical 0,5 cm por debajo de la espata. El diámetro de la espata correspondió al máximo diámetro ecuatorial en la zona basal de la misma.

El escapo de cada planta se cubrió con una bolsa de papel madera ajustada por debajo de la espata, de manera de evitar la caída de los bulbillos aéreos durante el “curado”. El “curado” se realizó bajo techo en un ambiente donde la temperatura osciló entre 20 y 25 °C y la humedad relativa entre 40 y 60 %. Al finalizar el “curado” se determinó el porcentaje de plantas que presentaban bulbillos aéreos (**bulb**).

Se separaron los bulbillos aéreos del escapo y se evaluó el rendimiento en bulbillos aéreos (peso y número) y su distribución por calibres. Se clasificaron en función de su diámetro ecuatorial, por medio de zarandas estandarizadas de orificio ovalado (Cuadro 2.2). En el análisis se consideró el peso total de bulbillos producido por planta florecida (**peto**), el peso de bulbillos mayores de 2,4 mm de diámetro (bulbillos útiles) (**pema**), el número de bulbillos totales (**nuto**) y número de bulbillos mayores de 2,4 mm (bulbillos útiles) (**numa**).

Cuadro 2.2: Calibres para bulbillos aéreos de ajo.

Calibre	Diámetro ecuatorial (mm)	Diámetro ecuatorial medio (mm)
1	> 0,8 < 1,6	1,2
2	> 1,6 < 2,4	2,0
3	> 2,4 < 3,2	2,8
4	> 3,2 < 4,0	3,6
5	> 4,0 < 4,8	4,4
6	> 4,8 < 5,6	5,2
7	> 5,6 < 6,4	6,0

El análisis de los datos comprendió el análisis de componentes principales y la clasificación jerárquica aplicando el paquete estadístico SPAD.N (Sistema Portable para el análisis de datos Copyright © CISIA,1993). Además se realizó el análisis de regresión múltiple para la variable dependiente numa (número de bulbillos útiles) utilizando el procedimiento *stepwise* del paquete estadístico SAS (1988).

El análisis de componentes principales permite analizar de forma simultánea diversos caracteres de las poblaciones en estudio, teniendo en cuenta las correlaciones existentes entre ellos, a la vez que posibilita valorar el grado en que cada carácter o grupo de caracteres contribuye a la diferenciación varietal (Iglesias, citado por Fraga Aguiar y Alonso 1992). Suministra variables sintéticas linealmente independientes, que constituyen un resumen del conjunto de variables iniciales y permiten una representación plana aproximada de las variables y los ángulos que forman entre sí (Márquez Sanchez 1991). En el análisis de componentes principales el número de vectores obtenidos es igual al número de características analizadas las cuales tienen una importancia decreciente, moviéndose del primero al último, representando la variabilidad total.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre los caracteres examinados el diámetro de espata (espa) y número de días desde floración a cosecha (flco) fueron los que presentaron mayor correlación lineal con las variables indicadoras de producción de bulbillos en peso y número (peto, pema, nuto y numa). En tercer lugar se ubicó el porcentaje de bulbificación (bulb) y en cuarto la longitud del escapo (long) (Cuadro 2.3). A su vez estos cuatro caracteres (espa, flco, bulb y long) se asociaron positivamente entre sí.

De acuerdo a lo anteriormente mencionado el rendimiento en bulbillos aéreos dependerían de la fecha de emisión de los escapos. Cuanto mayor es el número de días desde floración a cosecha, mayor es la longitud de escapo, diámetro de espata,

porcentaje de bulbificación y finalmente se obtiene un mayor rendimiento en bulbillos aéreos.

Cuadro 2.3: Coeficientes de correlación entre los caracteres considerados.

	long	cent	apic	espa	peto	pema	nuto	numa	plfl	flco	flor	bulb
Long	1,00											
Cent	0,70	1,00										
Apic	0,52	0,74	1,00									
Espa	0,64	0,67	0,28	1,00								
Peto	0,69	0,65	0,22	0,95	1,00							
Pema	0,67	0,62	0,18	0,96	0,99	1,00						
Nuto	0,73	0,70	0,34	0,79	0,89	0,84	1,00					
Numa	0,74	0,67	0,26	0,91	0,98	0,97	0,93	1,00				
Plfl	-0,19	0,33	0,40	-0,05	-0,09	-0,11	-0,03	-0,08	1,00			
Flco	0,66	0,45	0,15	0,86	0,90	0,89	0,81	0,87	-0,22	1,00		
Flor	0,63	0,37	0,22	0,46	0,48	0,47	0,45	0,48	-0,39	0,46	1,00	
Bulb	0,80	0,68	0,51	0,74	0,77	0,73	0,84	0,80	-0,13	0,70	0,61	1,00

Valores de r mayores de 0,35 resultaron significativos al 5 % y mayores de 0,45 al 1 % (n=32).

Según los valores y vectores propios del análisis de componentes principales las dos primeras componentes explican el 80 % de la variabilidad total existente entre las distintas poblaciones clonales, mientras que las tres primeras acumulan el 90 %, indicando que se puede capturar gran parte de la variación con las tres primeras componentes (Cuadro 2.4).

Las variables indicadoras de producción de bulbillos en peso y número (peto, pema, nuto y numa) y las cuatro variables fuertemente asociadas con las anteriores (espa, flco, bulb y long) fueron las que más contribuyeron a la variabilidad de la primera componente, pudiendo considerarse como un vector indicador de la producción de bulbillos aéreos. El mayor peso en la segunda componente lo aportaron los días desde plantación a floración (plfl), diámetro apical (apic) y central de escape (cent), y en la tercera la variable más importante fue el porcentaje de floración (flor), pudiendo considerarse como vectores que definen la modalidad de floración.

Cuadro 2.4: Valores propios, proporción de la variación y vectores propios asociados con los cuatro primeros ejes del análisis de componentes principales (PC) de los caracteres considerados.

	Ejes de componente principal			
	1	2	3	4
Valores propios	7,80	1,81	1,14	0,38
Proporción de la variación acumulada	0,65	0,80	0,90	0,93
Variables	Vectores propios			
Long	-0,30	0,05	0,36	-0,30
Cent	-0,27	0,41	0,06	0,12
Apic	-0,15	0,58	0,33	-0,18
Espa	-0,33	-0,05	-0,22	0,21
Peto	-0,35	-0,10	-0,24	0,09
Pema	-0,33	-0,12	-0,26	0,15
Nuto	-0,33	0,01	-0,10	-0,25
Numa	-0,35	-0,07	-0,18	-0,03
Pifl	0,03	0,62	-0,41	0,36
Flco	-0,31	-0,21	-0,17	-0,14
Flor	-0,22	-0,18	0,57	0,72
Bulb	-0,32	0,05	0,22	-0,23

Se seleccionaron las tres primeras componentes cuyos valores propios son mayores a la unidad, es decir aquellas componentes que explican más varianza que la que introducen. En función de estas tres componentes se realizó el análisis de clasificación jerárquica y se construyó el dendrograma correspondiente (Figura 2.1) donde se representan las distancias entre poblaciones clonales y entre grupos de poblaciones. El corte del árbol en cinco clases (a valores del índice de disimilitud relativa entre 3,9 a 7,8 %), resultó el más aproximado al conocimiento vulgar y técnico de este germoplasma.

Además se realizó la representación en el primer plano factorial del agrupamiento de las poblaciones clonales logrado con el corte del árbol en cinco clases (Figura 2.2), lo que permite una visualización más clara de las poblaciones clonales que conforman cada uno de los cinco grupo.

Para una mejor discusión de los resultados, los grupos resultantes de esta clasificación fueron denominados, teniendo en cuenta las poblaciones clonales predominantes en cada uno, como: Asiáticos, Rusos, Incógnitas, Criollos y Españoles, en forma similar al trabajo de Burba *et al.* (1996).

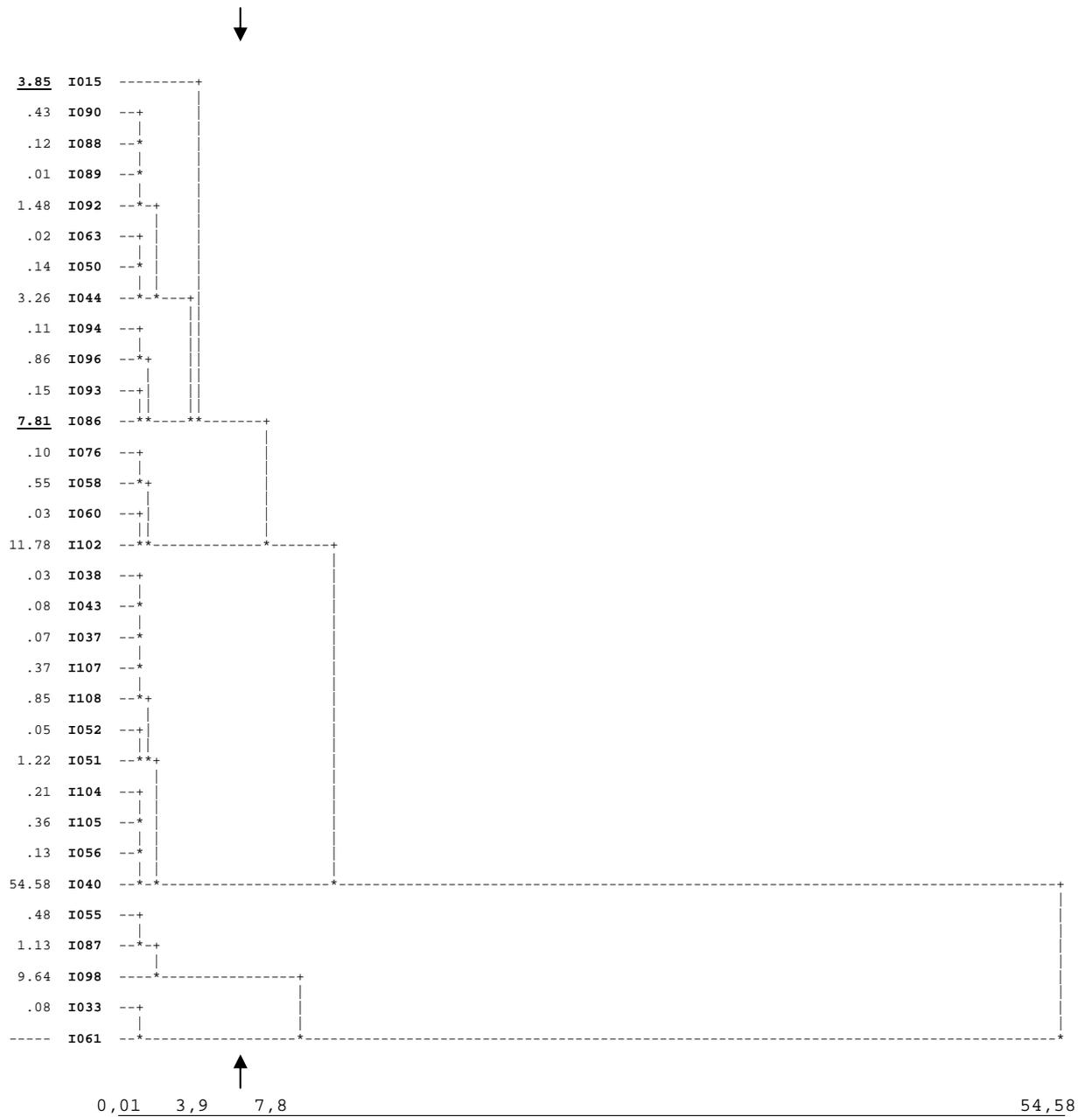


Figura 2.1: Análisis de clasificación jerárquica de 32 poblaciones clonales de ajo “colorado”. Dendrograma (Índice de disimilitud relativo: Índices en porcentajes de la suma de los índices : 10,75082 MIN = 0,01% / MAX = 54,58%).

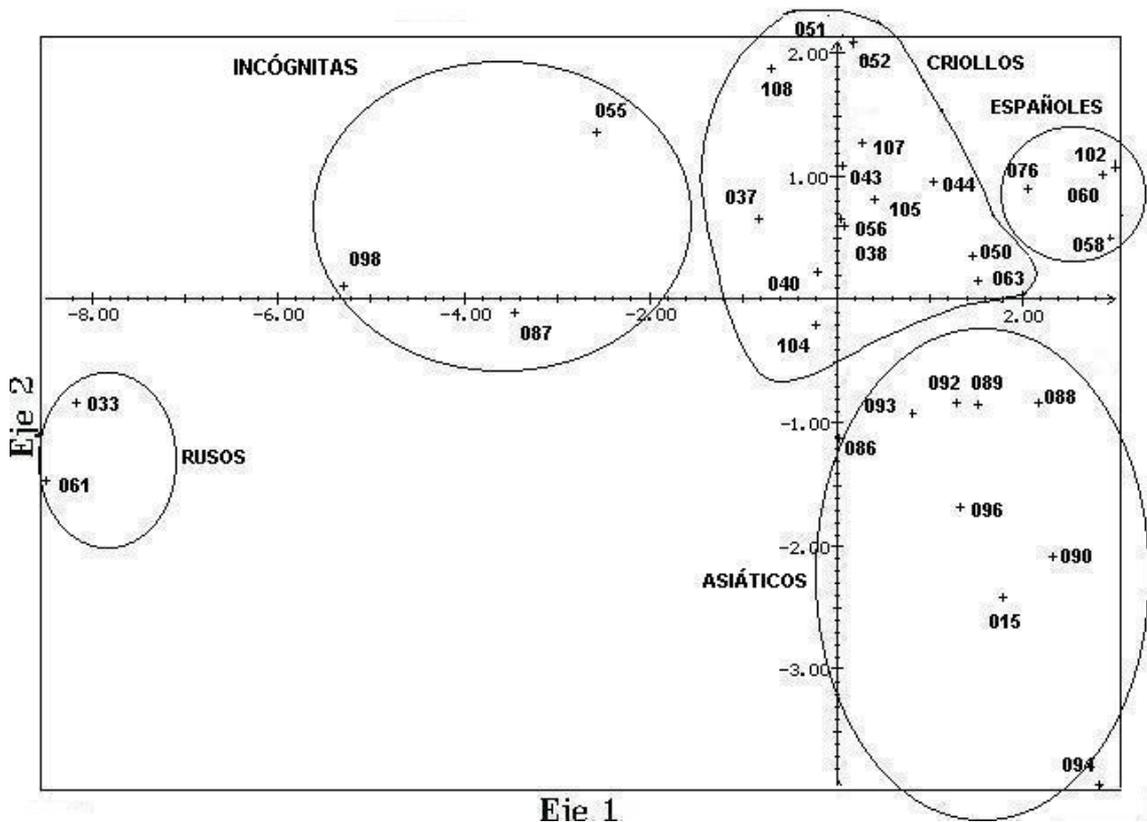


Figura 2.2: Representación en el primer plano factorial del agrupamiento de las poblaciones clonales logrado con el corte del árbol en cinco clases (eje 1= primer componente principal, eje 2 = segunda componente principal).

Basado en las características preponderantes de las poblaciones clonales que conforman cada grupo, ellos se clasificaron en: clones de floración (plfl) temprana, con baja producción de bulbillos (Asiáticos); clones de floración semitemprana con el más alto porcentaje de floración (flor), número de bulbillos totales (nuto) y útiles (numa) de todos los materiales evaluados (Rusos); clones de floración semitardía con alto flor, nuto y numa (Incógnitas); clones de floración semitardía y baja producción de bulbillos aéreos (nuto y numa) (Criollos) y clones de floración tardía, con bajo porcentaje de floración (flor) y nula producción de bulbillos (numa y peto) (Españoles), (Cuadro 2.5).

El grupo de los ajos Asiáticos se caracterizó por presentar el menor número de días desde plantación a floración (plfl=183), con pocos días desde floración a cosecha (flco=20), por lo que a pesar de presentar un alto porcentaje de floración (flor=76) el porcentaje de bulbificación fue bajo (bulb=27), siendo escasa la producción de bulbillos aéreos (nuto=13, numa=6). Anteriormente Burba *et al.* (1994) habían mencionado que probablemente el mayor o menor período entre la emisión de vara y la oportunidad de cosecha podía guardar relación con la formación de mayor o menor cantidad de bulbillos aéreos.

Los ajos Rusos tuvieron muy alto porcentaje de floración y bulbificación (100) al igual que los Incógnitas (flor=93, bulb=85), pero presentaron el doble de bulbillos útiles (numa=139) que los Incógnitas, quizás debido a que además el número de días de floración a cosecha de los primeros fue un 50 % superior (flco=43 y 29 respectivamente).

Cuadro 2.5: Poblaciones clonales dentro de los grupos formados y valores medios de los caracteres más importantes.

Grupos	Poblaciones clonales	Variables más importantes (valores medios y desvío estandard)							
		long	espa	plfl	flco	flor	bulb	nuto	numa
Asiáticos	015, 086, 088, 089, 090, 092, 093, 094, 096	52,4 (± 6,2)	6,6 (± 0,9)	183 (± 6,4)	20 (± 4,1)	76 (± 22,9)	27 (± 14,4)	13 (± 10)	6 (± 3,8)
Rusos	033, 061	72,7 (±1,7)	30,6 (± 2,7)	188 (± 1,4)	43 (± 2,1)	100 (± 0)	100 (± 0)	152 (± 6,4)	139 (± 5,7)
Incógnitas	055, 087, 098	68,7 (±13,9)	12,9 (± 1)	192 (± 4,3)	29 (± 3,8)	93 (± 2,9)	85 (± 10)	127 (± 37,3)	78 (± 24,5)
Mediterráneos	Criollos 037, 038, 040, 043, 044, 050, 051, 052, 056, 063, 104, 105, 107, 108	57,5 (± 3,3)	8,8 (± 1,1)	194 (± 4,2)	20 (± 2,9)	67 (± 13,2)	46 (± 17,9)	34 (± 26,1)	15 (± 9,8)
Españoles	058, 060, 076, 102	44,3 (±5,9)	6,6 (±0, 5)	202 (± 2,5)	17 (± 2,1)	39 (± 17)	5 (± 10)	1 (± 1,5)	0 (± 0,5)

El grupo de los Españoles presentó el mayor número de días de plantación a floración (plfl=202), el menor número de días de floración a cosecha (flco=17) y porcentaje de floración (flor=39), y prácticamente nula bulbificación (bulb=5), número

de bulbillos totales (nuto=1) y número de bulbillos útiles (numa=0). El grupo de los Criollos, de floración más temprana que los Españoles (flor=194), presentó mayor porcentaje de floración (flor=67) y bulbificación (bulb=46) por lo que tuvo una producción moderada de bulbillos aéreos (nuto=34, numa=15).

Se afirma que existe gran variabilidad en la floración de distintos cultivares de ajo (Jones and Mann 1963; Etoh 1985), desde aquellos que normalmente emiten escapo floral, inclusive más de uno por planta, hasta aquellos que raramente los emiten, como en el caso de "California Early". En aquellos clones en los cuales la floración es variable, los factores que favorecen una rápida bulbificación y maduración precoz serían desfavorables al alargamiento del escapo. Así, el escapo se observa más frecuentemente en cultivares tardíos que en los precoces (Mann and Minges 1958). También han sido observadas diferencias varietales en la fecha de iniciación floral y en el desarrollo posterior de la inflorescencia en *Allium fistulosum* L. (Okuse *et al.* 1993).

En un trabajo local con 25 de las introducciones aquí evaluadas y teniendo sólo en cuenta la fecha en que el 80 % de las plantas de las diferentes poblaciones clonales emitían sus escapos, Burba *et al.* (1994) clasificaron a los clones Asiáticos incluyendo al 104 como extratempranos, a los Rusos y 088 como tempranos, a los Incógnitas como semitempranos, a los Criollos como semitempranos a semitardíos y a los Españoles como tardíos a extratardíos. Manteniendo el presente agrupamiento una secuencia de floración similar.

Posteriormente, teniendo en cuenta la variabilidad existente entre clones de ajo "colorado" para los caracteres referidos a floración (Burba *et al.* 1996) clasificaron el germoplasma en subgrupos. Este agrupamiento fue posible tomando solamente dos variables fenológicas: fecha en que se produce el 80 % de emisión de vara floral y el período que va desde ese momento a cosecha. De acuerdo a estas dos variables se definieron 9 grupos: por un lado el subgrupo Ruso que correspondería a *Allium sativum* var. *ophioscorodon* y por el otro *Allium sativum* var. *sativum*, con los subgrupos Asiáticos y Mediterráneos. Además, los ajos Asiáticos se subdividieron en Asiáticos de zonas templadas y cálidas y los Mediterráneos en Criollos de zonas frías y templadas, Españoles, Italianos. Entre los Mediterráneos y los Asiáticos aunque más vinculados a los primeros, se encontraría un grupo denominado Incógnitas (087 y 098) de dudosa ubicación y caracterización. Sin embargo, teniendo en cuenta además de la floración la producción de bulbillos (Figura 2.1) estos dos clones se encontrarían más próximos al grupo de los ajos Rusos junto con 055, una población clonal clasificada de acuerdo sólo al momento de floración como Criollo de zonas frías dentro de los Mediterráneos.

Otras diferencias observadas con la clasificación obtenida por Burba *et al.* (1996) son las siguientes: el clon 055 antes se agrupaba con los ajos Criollos y ahora con los Incógnita por presentar mayor porcentaje de bulbificación (bulb=90) y el doble de bulbillos aéreos mayores a 2,4 mm (bulbillos útiles) (numa=54) que los clones más productivos dentro de los Criollos. Por el mismo motivo los clones 050 y 051 se agruparon con los materiales Criollos y no con los Españoles que no forman bulbillos aéreos. Los clones 044 y 089 antes agrupados como Italianos dentro de los Mediterráneos ahora quedaron separados. Mientras el clon 044 se agrupó junto a los Criollos, el 089 formó parte del grupo Asiáticos por presentar cuatro veces menos número de bulbillos útiles. El clon 104 a pesar de tener floración temprana y pocos días de floración a cosecha, se agrupó con los ajos Criollos y no con los Asiáticos por presentar mayor diámetro de espata y número de bulbillos útiles que los restantes clones Asiáticos. Cuando Burba *et al.* (1996) grafican el peso de bulbo en función de los días de floración a cosecha, observan un comportamiento similar de los clones 089 y 104. El clon 089 por presentar menor peso de bulbo se separa del 044 agrupándose con los ajos Asiáticos, mientras que el clon 104 pasa a agruparse con los Mediterráneos por tener mayor peso de bulbo que los restantes ajos Asiáticos.

Los grupos de ajos Criollos y Españoles que constituyen los Mediterráneos corresponderían al grupo IV (a y b) según la clasificación argentina y al grupo I de la clasificación francesa (Burba 1995), éstos regularmente florecen y presentan una inflorescencia con bulbillos numerosos y pequeños (Messiaen *et al.* 1993; Lallemand *et al.* 1997). Según los mismos autores, el grupo de los ajos Rusos (grupo IV (c) argentino y IV francés) forma menos bulbillos pero de mayor tamaño.

La producción de bulbillos de los ajos Mediterráneos y Rusos en el banco de germoplasma del INTA La Consulta fue diametralmente opuesta a la observada por Messiaen *et al.* (1993) y Lallemand *et al.* (1997). Los ajos Mediterráneos produjeron en general pocos bulbillos y dentro de ellos en el subgrupo Españoles la bulbificación fue nula. Los clones Rusos produjeron cinco veces más bulbillos totales y diez veces más bulbillos mayores a 2,4 mm que los Mediterráneos, siendo las poblaciones clonales que más bulbillos aéreos forman en la inflorescencia y de mayor tamaño de todos los materiales evaluados.

En un segundo año de cultivo de 17 de estas poblaciones clonales (datos no presentados), si bien los Mediterráneos y Asiáticos aumentaron la producción de bulbillos, los ajos Criollos produjeron nuevamente, considerando valores promedios, menos que los Rusos e Incógnitas y los Españoles fueron los de menor producción. Se observaron en algunos materiales Criollos hasta 200 ó 250 bulbillos mientras algunos Españoles no formaron bulbillos, por lo que se puede concluir que un número elevado de bulbillos en el escapo de ajos Mediterráneos dependería en forma muy marcada del subgrupo considerado.

Según Xu *et al.* (1997) en las cultivares chinas Cangshan puke, Cangshan gaojiao, Cangshan cao, Jiayang redskin, Jiayang za y Taicang sink, el número de bulbillos por planta difiere significativamente. En dichas cultivares cuanto menor es el número de bulbillos producidos mayor es el tamaño de los mismos, lo que, como mencionamos anteriormente, no coincide con lo observado en nuestras poblaciones clonales de ajo "colorado". Estos autores determinan entre todos los materiales un número promedio de 36 bulbillos por planta, semejante al observado en esta caracterización (un número promedio de 40 bulbillos con un límite inferior de 0 y superior de 156).

Estudios de variabilidad y correlación en ajo revelan que la selección basada en el peso de los bulbos y sus componentes, diámetro de bulbo, número y peso de los "dientes", altura de la planta (Shaha *et al.* 1990) y largo de los "dientes" (Kallo *et al.* 1982) pueden ser efectivos para incrementar la producción de bulbos. Según Mehta and Patel (1985), el peso del "diente" es el carácter más importante que determina la producción de bulbo por planta y sería un muy buen índice de selección para el mejoramiento en ajo. Mientras tanto, estudios locales indican mayor posibilidad de selección en ajo blanco a través del carácter peso de bulbo y número de "dientes" (Lopez Frasca *et al.* 1991). También se ha determinado que los rendimientos en bulbos son mayores a mayor duración del ciclo, particularmente la etapa entre plantación y bulbificación, (Burba y Gómez Riera 1997), y en aquellos clones que naturalmente emiten escapo los rendimientos aumentan cuanto más temprana es la emisión de los escapos, pudiendo esperarse aún más respuesta cuando los escapos son eliminados (Burba *et al.* 1996).

Con respecto a la producción de bulbillos aéreos, los resultados del presente trabajo indican que, la producción aumenta cuanto mayor es el tiempo desde floración a cosecha (Figura 2.3), mientras que no tiene ninguna influencia el tiempo transcurrido entre plantación y floración ($r = -0,0075$ ns), es decir un comportamiento totalmente opuesto al observado en la producción de bulbos. La longitud de este período de llenado de los bulbillos puede verse afectada por una emisión tardía del escapo o por un ciclo corto, es decir que una buena producción de bulbillos resultaría de una emisión temprana del escapo en cultivares de ciclo largo.

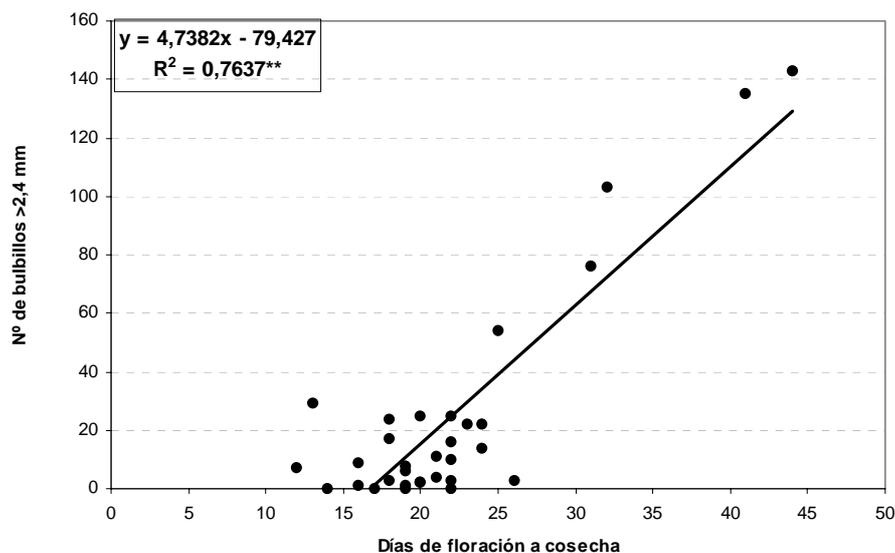


Figura 2.3: Ecuación de regresión y coeficiente de determinación de la producción de bulbillos aéreos mayores a 2,4 mm vs. el número de días de floración a cosecha.

Además existen estudios en los que se determinan distintos parámetros morfofisiológicos relacionados con la fertilidad y capacidad de producción de flores y semillas, en ajo de distintos orígenes. Etoh (1985) observa que clones con escapos largos, superiores a 60 cm, presentan mayor número de yemas florales que los de menor longitud y los clones fértiles tienen hojas más cortas. Posteriormente Etoh (1986) encuentra diferencias en la longitud de los escapos como así también en la longitud de las hojas entre los clones fértiles, por lo que no serían parámetros que permitirían identificar los materiales fértiles. Sin embargo, todos los clones fértiles presentan un detenimiento marcado del crecimiento y hojas horizontales durante el invierno, florecen más tarde que los clones estériles y presentan anteras púrpuras al momento de anthesis (Etoh 1986). Además, el número de bulbillos aéreos está positivamente correlacionado con el número de yemas florales (Etoh 1985), de acuerdo a la relación:

$$\text{Número de bulbillos} = 0,81 \text{ número de yemas florales} + 4,74$$

Entre otras de las correlaciones observadas se menciona que los clones con anteras amarillas y púrpuras tienen menos de 50 flores, aquellos con anteras púrpuras tienen más de 100 flores, y los clones con anteras amarillas un mayor número de flores, generalmente más de 200 (Hong and Etoh 1996). Además, Etoh *et al.* (1988), observaron que el clon con la mayor productividad de semillas poseía escapos extraordinariamente largos. Como este clon era andro estéril, se menciona la posibilidad que otros clones con escapos especialmente largos sean andro estériles

(Etoh 1986). La producción de semillas verdaderas de ajo es altamente dependiente del clon y de las condiciones ambientales (Etoh *et al.* 1988; Pooler and Simon 1994).

En forma similar a los estudios anteriormente citados, que tratan de correlacionar distintos parámetros con la producción de bulbos, flores o semillas, y para poder evaluar la dependencia de la producción de bulbillos aéreos (número de bulbillos mayores de 2,4 mm producidos por planta) respecto de las otras variables medidas que podrían servir de predictoras (long, cent, apic, espa, plfl, flico, flor y bulb), se realizó un análisis de regresión múltiple (Cuadro 2.6). El conocimiento del grado y tipo de asociaciones entre estos componentes, permitiría orientar la selección para productividad no sólo por el carácter peso o número de bulbillos aéreos, sino también mediante la adecuada ponderación de los componentes interrelacionados.

Cuadro 2.6: Resumen del procedimiento *stepwise* del SAS para la variable dependiente **numa**. Las variables explicatorias evaluadas fueron: long, cent, apic, espa, plfl, flico, flor y bulb.

Variable dependiente	Variable ingresada	a	b	n	F	r ² parcial	r ² modelo
Numa	intrecep	- 81,62**			24,13		
	espa		4,79**	32	78,88	0,84	0,84
	long		1,05**		9,60	0,04	0,88

Los superíndices ** y * indican significancia al 1 %, 5 % respectivamente.

De acuerdo a estos resultados, teniendo en cuenta las variables diámetro de espata (espa) y longitud total del escapo en el momento de cosecha (long), de fácil determinación, se puede estimar el número de bulbillos aéreos mayores de 2,4 mm con un 88 % de certeza.

$$\text{Numa} = - 81,62 + 4,79 \text{ espa} + 1,05 \text{ long}$$

4. CONCLUSIONES

Sobre la base de los resultados obtenidos en estos ensayos, se concluye que:

- El análisis multivariado de los caracteres de floración y producción de bulbillos aéreos, teniendo en cuenta las tres primeras componentes principales, permite el agrupamiento de las poblaciones clonales de ajo “colorado” evaluadas en cinco clases.

- La producción de bulbillos depende del tiempo transcurrido entre floración y cosecha y no entre plantación y floración.
- Es posible predecir la cantidad de bulbillos aéreos mayores a 2,4 mm con un $r^2=0,88$ según la ecuación: $Numa = - 81,62 + 4,79 \text{ espa} + 1,05 \text{ long}$

5. BIBLIOGRAFÍA

- BIDERBOST, E. 1989. Bases y alcances del mejoramiento genético convencional en ajo. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (1989 y 1991, 1 y 2, Mendoza). Mendoza, INTA Regional Cuyo p. 50-52. (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- BORGO, R.; STAHLSCHMIDT, O.M.; CAVAGNARO, J.B. 1995. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la incidencia del "descanutado" y anomalías en bulbos de ajo "colorado". In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (4, 1995, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta. p. 11F-17F.
- BOTTI, C.G.; KRARUP, C.H. 1978. Morfogénesis de la floración y ciertas anomalías en el desarrollo de ajo (*Allium sativum* L.) cv. Valenciano Rosado. Inv. Agrícola (Chile) 4(1):1-6.
- BURBA, J.L. 1989. Cosecha, preparación y almacenamiento de ajo "semilla". In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de ajo (1989 y 1991, 1 y 2, Mendoza). Mendoza, INTA Regional Cuyo p. 25-27. (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- BURBA, J.L. 1993a. Obtención de nuevas variedades de ajo. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (3, 1993, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta. p. 45-46.
- BURBA, J.L. 1993b. Producción de semilla de ajo. Fasc.5. In: J.Crnko ed. Manual de producción de semillas hortícolas. Mendoza, EEA La Consulta INTA 163 p.
- BURBA, J.L.; LANZAVECHIA, S.; GOMEZ RIERA, P. 1994. Caracterización de clones de ajo "colorado" por la emisión de vara floral. Informe Preliminar 59-3922 INTA.15 p.
- BURBA, J.L. 1995. Panorama mundial y nacional de variedades de ajo :posibilidades de adaptación. Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (4, 1995, Mendoza), INTA EEA La Consulta. p. M :1-27.
- BURBA, J.L.; GÓMEZ RIERA, P.; LANZAVECHIA, S. 1996. Clasificación de clones de ajo (*Allium sativum* L.) por el hábito de floración. Horticultura Argentina 15(39):44-50.

- BURBA, J.L. 1997. Panorama mundial y nacional de poblaciones y cultivares de ajo. Posibilidades de adaptación. In : J.L. Burba editor. 50 temas sobre producción de ajo. INTA Estación experimental La Consulta, Mendoza. v. 2 p. 11-31.
- BURBA, J.L.; GÓMEZ RIERA, P. 1997. Characterization, adaptation and selection of garlic germoplasm (*Allium sativum* L.) through the management of dormancy, in Mendoza, Argentina. Acta Horticulturae 433:151-164.
- ETOH, T. 1985. Studies on the sterility in garlic, *Allium sativum* L. Mem. Fac. Agr. Kagoshima Univ. 21:77-132.
- ETOH, T. 1986. Fertility of the garlic clones collected in Soviet Central Asia. J. Japan Soc. Hort. Sci. 55(3):312-319.
- ETOH, T.; NOMA, Y.; NISHITARUMIZU, Y.; WAKAMOTO, T. 1988. Seed productivity and germinability of various garlic clones collected in Soviet Central Asia. Mem. Fac. Agr. Kagoshima Univ. 24:129-139.
- FRAGA AGUIAR, N; ALONSO, M. del C. 1992. Clasificación de cultivares de tomate mediante el método de componentes principales. Agrotecnia de Cuba, 24(2): 42-45.
- GAVIOLA de HERAS, S.; FILIPPINI de ZULUAGA, M.F.; LIPINSKI, V.M. 1991. Ritmo de crecimiento y absorción de nutrimentos en ajo (*Allium sativum* L.). Efecto de la fertilización sobre componentes del crecimiento del rendimiento en los tipos "blanco" y "colorado". In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo. (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p. 105-112. (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- GAVIOLA de HERAS, S.; FILIPPINI, M.F.; LIPINSKI, V. 1993. Fertilización de ajo "Colorado" y "Blanco": Efecto sobre la concentración y absorción de N-P-K durante el ciclo de cultivo. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (3, 1993, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta. p. 221-234.
- HONG, C.; ETOH, T. 1996. Fertile clones of garlic (*Allium sativum* L.) abundant around the Tien Shan mountains. Breeding Science 46(4):349-353.
- JONES, H.A.; MANN, L.K. 1963. Onions and their allies. N. Polunin editor. Interscience Publishers, INC., New York. 286 p.
- KALLO, U.; PANDEY, C.; LAL, S.; PANDITA, M.L. 1982. Correlation and path analysis studies in garlic (*Allium sativum* L.). Haryana J.Hort.Sci. 11(1-2):97-101.
- KOTHARI, I.L.; SHAH, J.J. 1974. Histogenesis of seed stalk and inflorescence in garlic. Phytomorphology 24(1/2):42-48.
- KRARUP, H.C.; TROBOK, V. 1975. Efectos de sistemas de plantación sobre rendimiento, calidad del bulbo y aprovechamiento de la fertilización nitrogenada en ajo. Fitotecnia Latinoamericana 11(1):39-42.
- LALLEMAND, J.; MESSIAEN, C.M.; BRIAND, F.; ETOH, T. 1997. Delimitation of varietal groups in garlic (*Allium sativum* L.) by morphological, physiological and biochemical characters. Act Horticulturae 433:123-132.

- LIPINSKI, V.; GAVIOLA de HERAS, S.; FILIPINI, M.F. 1993. Influencia del riego, la fertilización nitrogenada y el tamaño de diente sobre el rendimiento y calidad del ajo colorado en el Valle de Uco. In: Curso /Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (3, 1993, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta. p. 235-245.
- LIPINSKI, V.H.; GAVIOLA DE HERAS, S. 1995. Efecto de la densidad y la fertilización nitrogenada en el cultivo de ajo tipo colorado. In: Curso /Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (4, 1995, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta. p. 61F-70F.
- LIS, B.R. de; CAVAGNARO, J.B.; PONCE, I.; TIZIO, R. 1969. Estudios sobre requerimientos hídricos en especies hortícolas. IV. Influencia de períodos de sequía sobre la emergencia de escapos florales en ajo (*Allium sativum* L. (Liliaceae)). Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias 15(1):127-132.
- LOPEZ FRASCA, A.; RIGONI, C.; SILVESTRI, V.; BURBA, J.L. 1991. Estimación de la variabilidad genética en ajo tipo clonal "blanco" (*Allium sativum* L.). In: Curso /Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo. (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p. 72-75. (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- MANN, L.K.; MINGUES, P.A. 1958. Growth and bulbing of garlic (*Allium sativum* L.) in response to storage temperature of plantings stocks, day length, and planting date. Hilgardia 27(15):385-419.
- MÁRQUEZ SANCHEZ, F. 1991. La adaptabilidad. In: AGT editor. Genotecnia Vegetal, Métodos Teorías Resultados . Cap. 16, Editorial Calypso, México D.F. Tomo III p. 177-187.
- MEHTA, K.G.; PATEL, P.H. 1985. Genetic variability and path analysis in garlic. Madras Agric. J. 72(12):691-695.
- MESSIAEN, C.M.; COHAT, J.; LEROUX, J.P.; PICHON, M.; BEYRIES, A. 1993. Les allium alimentaires reproduits par voie végétative. Messiaen, Cohat, Leroux, Pichon, Beyries eds., INRA, Paris. 225 p.
- OKUSE, I.; SAGA, K.; KONDOH, K. 1993. A survey on the floral initiation and development, and their varietal differences of japanese bunching onion plants (*Allium fistulosum* L.) in Aomori prefecture. Bull. Fac. Agric. Hirosaki Univ. 56:14-22.
- POOLER, M.R.; SIMON, P.W. 1993. Garlic flowering in response to clone, photoperiod, growth temperature, and cold storage. HortScience 28(11):1085-1086.
- POOLER, M.R.; SIMON, P.W. 1994. True seed production in garlic. Sex Plant Reprod. 7:282-286.
- REGINA, S.M. 1979. A obtenção econômica do alho-semente. Agroquímica. CIBA-GEIGY, Sao Paulo. 11:4-13.
- SHAHA, S.R.; KALE, P.N.; DHANKHAR, B.S.; SHIRSATH, N.S. 1990. Variability and correlation studies in garlic. Haryana J.Hort. Sci. 19 (3-4):313-317.

- SPAD.N (Sistema Portable para el análisis de datos numéricos), 1993. Versión 2.5.)
Copyright © C.I.S.I.A (Centre International de Statistique et d'Informatique Appliquées), Saint-Mandé, France.
- SAS 1988 Institute Inc. SAS/STAT. ANOVA Procedures. User's Guide- Release 6.03
Edition. Cary, NC:SAS Institute INC., 1028 pp.
- TAKAGI, H. 1990. Garlic *Allium sativum* L. In: Brewster J.L. and Rabinowitch H. D. eds.
Onions and Allied Crops. Cap. 6, CRC Press, Inc.,Boca Raton,Florida. v. 3 p.
109-146.
- XU PEIWEN; SUN HUIHENG; SUN RUIJIE; YANG YUANJUN; ZHANG DECHANG
1997. Rapid propagation of virus-free garlic and a systematic scheme for seed
garlic production. Acta Horticulturae 433:329-325.

CAPÍTULO 3

***EFFECTO DE LA LIBERACIÓN DE OYDV (onion yellow dwarf potyvirus) Y
LYSV (leek yellow stripe potyvirus) SOBRE LA PRODUCCIÓN DE
BULBILLOS AÉREOS DE AJO “COLORADO” (Allium sativum L.)***

RESUMEN

Un componente fundamental de la calidad de la "semilla" es la sanidad de la misma, constituyendo las virosis uno de los problemas más importantes. El esquema de producción de ajo "semilla" saneado comprende numerosas etapas que encarecen el producto final. En el ajo tipo "colorado" (Grupo IV) que produce naturalmente un escapeo floral con bulbillos aéreos, éstos pueden ser utilizados para aumentar la tasa de multiplicación y reducir costos. El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la liberación de OYDV (onion yellow dwarf potyvirus), y LYSV (leek yellow stripe potyvirus) sobre la producción de bulbillos aéreos en una población clonal de ajo tipo "colorado criollo" (AR-I-051) y otra "colorado ruso" (AR-I-033).

Los ensayos se llevaron a cabo durante 1995 y 1996 en Mendoza, Argentina. Se plantaron "dientes" de 4,5 g de material crónicamente enfermo y saneado (libre de OYDV y LYSV) a través de cultivo de meristemas. Se evaluó la emisión de escapeos, pesos seco de las distintas partes de las plantas y producción de bulbos y bulbillos aéreos.

Las plantas de ajo saneado en los dos policlones ensayados emitieron el escapeo más tarde en el ciclo de cultivo y alcanzaron un número final de plantas florecidas menor. A cosecha estas plantas presentaron mayor peso seco y área foliar que las crónicamente enfermas. La producción de bulbos fue mayor, por el aumento del calibre de los mismos. El número de bulbillos aéreos mayores de 2,4 mm producidos por planta, no presentó diferencias con el material enfermo o tendió a disminuir, siendo menor la producción por hectárea. Se concluye que la liberación de OYDV y LYSV disminuye la producción por hectárea de bulbillos aéreos mayores de 2,4 mm por la disminución del número de plantas florecidas.

Palabras claves : *Allium sativum*, ajo, escapeos, floración, bulbillos aéreos, virus, saneamiento.

EFFECT OF OYDV (*onion yellow dwarf potyvirus*), AND LYSV (*leek yellow stripe potyvirus*) ELIMINATION ON AERIAL BULBILS PRODUCTION IN RED TYPE GARLIC (*Allium sativum* L.)

SUMMARY

Healthiness is an essential aspect of seed quality, and viral infections are often a problem in this area. The production scheme for healthy garlic seed includes numerous stages which increase the cost of the final product. Since red type garlic (group IV) naturally produces a floral scape with aerial bulbils and flowers, these bulbils could be

used to increase the rate of reproduction and reduce costs. The objective of this study is to determine the effect that viral infections with OYDV (onion yellow dwarf potyvirus), and LYSV (leek yellow stripe potyvirus) have on the production of aerial bulbils in a cloned population of native (AR-I-051) and Russian (AR-I-033) red type garlic.

Assays were carried out during 1995 and 1996 in Mendoza, Argentina. Chronically diseased cloves, and healthy cloves (free of OYDV and LYSV) obtained through meristem culture, both weighing 4.5 g, were planted. Floral scape emission, dry weight of different plant parts, and production of bulbs and bulbils, was evaluated.

Healthy garlic plants in both policlons were slower to produce scapes, and the total number of plants that bloomed was smaller. At harvest these plants had greater dry weight and leaf area than the chronically diseased ones. The bulb production was greater, due to a larger size of the bulb. The number of aerial bulbils above 2.4 mm produced per healthy plant was similar or slightly lower to that of the diseased material, but due to the reduced flowering, total production per hectare dropped.

In conclusion, virus elimination of OYDV and LYSV decreases production per hectare of aerial bulbils larger than 2.4 mm because of the reduction in the number of flowering plants.

Keywords: *Allium sativum*, garlic, scapes, flowering, aerial bulbils, virus, virus elimination.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los factores más importantes de la producción de ajo, tanto para el mercado interno como para el de exportación, es la elección de la variedad y la calidad de la “semilla” que se va a implantar (Escaff *et al.* 1991). Un componente fundamental de la calidad de la “semilla” es la sanidad de la misma (Burba 1993) y en este sentido, las virosis constituyen uno de los problemas más importantes (Conci 1989; Conci y Helguera 1991; Conci *et al.* 1995; Sosa *et al.* 1995).

La presencia de un complejo viral en el cultivo de ajo produce una enfermedad conocida como “Mosaico del ajo”. La forma de multiplicación de esta especie por “dientes” (forma agámica) asegura la transmisión de estos patógenos de generación a generación sin posibilidades de limpieza en forma natural. Por esa razón no existe ajo naturalmente libre de virus, es decir todo el ajo se encuentra contaminado con partículas virales (Conci y Helguera 1991). Mediante el empleo de la técnica de cultivo de meristemas, acompañada o no de termoterapia, ha sido posible obtener plantas libres de virus (Nome *et al.* 1981; Conci *et al.* 1986; Conci 1997; Xu *et al.* 1997).

Muchos de los sistemas funcionales de la planta son afectados directa o indirectamente por la infección viral. En general, los virus hacen que disminuya la fotosíntesis de la planta y la cantidad de hormonas promotoras del crecimiento, con frecuencia al inducir un aumento en las sustancias inhibitoras del crecimiento. La disminución de nitrógeno soluble durante la rápida síntesis del virus es un fenómeno común en las enfermedades virales de las plantas (Agrios 1996, Matthews 1970). A pesar de que no se puede generalizar sobre los cambios en los carbohidratos, es bastante común que se produzca un aumento de glucosa, fructosa y sacarosa en las hojas infectadas con virus. El aumento de estas sustancias es mayor en las cepas menos severas de virus, mientras que en las cepas severas esta acumulación tiende a ser contrabalanceada por los graves efectos sobre el aparato fotosintético (Matthews 1970).

La mayoría de los virus citados en ajo pertenecen a los grupos Carlavirus y Potyvirus y son transmitidos por pulgones. En la Argentina se ha detectado la presencia del *carnation latent carlavirus* (CLV), el *onion yellow dwarf potyvirus* (OYDV), *leek yellow stripe potyvirus* (LYSV). Ellos se encuentran en los tres tipos clonales de ajo, "colorado", "blanco" y "rosado paraguayo" (Conci y Helguera 1991). Recientemente se ha descrito un nuevo grupo de virus transmitidos por ácaros, los *Allexivirus*, de rasgos epidemiológicos particulares e incidencia a nivel de producción aún desconocida. En Argentina ya se han detectado, en diferentes tipos comerciales y cultivares de ajo tres *Allexivirus*, el GarV-A, GarV-C y el *mite-borne filamentous virus* (Lunello *et al.* 1999).

Los Carlavirus y Potyvirus detectados, si bien no causan en este cultivo la muerte de la planta, producen una disminución de su tamaño, lo cual afecta considerablemente el tamaño y la calidad de la producción, llegando en algunos casos hasta un 70 % de disminución de la misma (Conci y Helguera 1991). Para revertir este panorama es necesario utilizar "semilla" certificada de ajo.

El esquema de producción de ajo "semilla" saneado comprende numerosas etapas (cultivo de meristemas (Nome *et al.* 1981; Conci *et al.* 1986; Conci 1997; Xu *et al.* 1997), multiplicación masiva (Moriconi *et al.* 1990), bulbificación *in vitro* (Racca 1989), multiplicación de microbulbillos en jaulas antiáfidos (Castillo and Moriconi 1997) con rigurosos controles de sanidad en cada etapa y su posterior cultivo en zonas aisladas, lo cual encarece el producto final (Sosa *et al.* 1995). Así, para que los materiales provenientes de los programas de mejoramiento y saneados lleguen rápidamente al productor, es necesario aumentar su tasa de multiplicación, de manera de obtener los volúmenes de "semilla" certificada de ajo que necesita el productor en corto tiempo.

La utilización de bulbillos aéreos como propágulos (“semillas”) es una técnica de propagación factible de ser utilizada para acelerar la etapa de multiplicación y reducir los costos de producción de “semilla” comercial del material libre de virus (Regina 1979 ; Xu *et al.* 1997). Sin embargo, esta tecnología no es directamente aplicable a todos los tipos de ajo. Sólo algunos tienen la capacidad de producir naturalmente bulbillos aéreos. El ajo tipo “colorado” perteneciente al grupo IV (Burba 1997), se diferencia de los otros cultivados en el país, en la capacidad de emitir un escapo floral que emerge del falso tallo y remata en una inflorescencia con bulbillos aéreos y flores que abortan (Botti y Krarup 1978) o sólo bulbillos aéreos (Kothari and Shah 1974).

La emisión del escapo se ve afectada por numerosos factores. Esta situación justifica trabajos conducentes a lograr maximizar los rendimientos totales de bulbillos aéreos. En ensayos anteriores se realizó la caracterización de la producción de bulbillos aéreos de distintos materiales crónicamente enfermos (Guiñazú y Burba 1996). Si bien se conocen los efectos del saneamiento viral sobre la producción de bulbos (Conci 1989 ; Conci y Helguera 1991 ; Conci *et al.* 1995 ; Sosa *et al.* 1995, Resende *et al.* 1995) se desconoce que incidencia tiene en la emisión de escapos y producción de bulbillos aéreos.

El objetivo de este trabajo fue comparar clones crónicamente enfermos y libres de OYDV y LYSV, con respecto a la emisión de escapo floral y producción de bulbillos aéreos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron a campo, con el consiguiente riesgo cierto de contaminación ya que, a pesar que los materiales libres de virus mantienen esta condición durante cierto tiempo, a veces corto (Conci 1997; Sosa *et al.* 1997; Xu *et al.* 1997; Canavelli *et al.* 1999; Muñoz *et al.* 1999), se considera de mucha validez obtener los datos de rendimiento de los materiales saneados frente a los crónicamente infectados. Una forma de evitar que se infecten sería realizar los ensayos bajo malla antiáfidos, pero se estaría introduciendo una modificación ambiental de muy fuerte incidencia en los rendimientos. Esta situación arrojaría datos de incidencia de virus no directamente traspolables a una situación normal de cultivo a campo (Sosa *et al.* 1995).

Los ensayos se llevaron a cabo durante los años 1995 y 1996 en la Facultad de Ciencias Agrarias (F.C.A.), Mendoza, (Lat. 32° 59' S, Long. 68° 52' W, 920 m s.n.m.).

En el cuadro 3.1 se consignan los valores medios de los principales parámetros físicos y químicos de la fracción fina del suelo, de las parcelas correspondientes a los

dos años de ensayo. Se trata de un suelo de origen aluvial, profundo y de textura franca limosa (Torrifluente típico).

Cuadro 3.1: Características físicas, químicas y de fertilidad de la fracción fina (menor de 2 mm) del suelo de la F.C.A. en los ensayos de los ciclos 1995- 1996.

	1995	1996
Profundidad, cm	0 - 30	0-30
Textura	Fr. limosa	Franco
Humedad de saturación, g % g	38,3	35
Volumen de sedimentación, cm ³ % g	112	100
Conductividad eléctrica, dS m ⁻¹ , 25°C	4,12	4,78
pH - pasta	7,35	7,38
Fósforo, mg kg ⁻¹ (P-CO ₂ 1:10)	19,5	10
Potasio intercambiable, mg kg ⁻¹	290	351
Nitrógeno, mg kg ⁻¹	800	880
Materia orgánica, %	1,4	1,6
Relación C/N	10,2	10,5
CaCO ₃ , %	3,9	3,8

En el presente ensayo se utilizaron bulbillos "dientes" de dos poblaciones clonales de ajo "colorado", una tipo "ruso" (AR-I- 033) y una tipo "criollo" (AR-I-051). En el año 1995 de cada una se empleó material crónicamente enfermo de virosis y material saneado a través del cultivo de meristemas (libre de OYDV y de LYSV determinado mediante DAS-ELISA), y multiplicado durante dos ciclos de cultivo bajo jaula antiáfidos para mantener su sanidad. Mientras que en 1996 se trabajó con material crónicamente enfermo y material con un ciclo de cultivo a campo.

Para el ensayo de 1995 se emplearon "dientes" cuyo peso osciló entre 4,5 y 5 g y presentaban un IVD (índice visual de superación de la dormición) del 100 % al momento de la plantación. En 1996 los "dientes" presentaron un peso medio de 4 g ± 0,5 g y un IVD del 85 % para el material "criollo" y del 75 % para el "ruso".

El diseño experimental fue en bloques completos al azar con 6 repeticiones y 50 plantas por parcela, dispuestas en dos surcos. Se fertilizó en tres oportunidades con sulfato de amonio a fin de lograr 50 kg de nitrógeno incorporado por hectárea. Algunos detalles de los ensayos realizados en los dos ciclos se presentan en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2: Síntesis de algunos detalles de manejo de los ensayos 1995 y 1996.

	1995	1996
Fecha de plantación	27/4/95	7/5/96
Fecha de cosecha	4/12/95 al 22/12/95	27/12/96 al 4/1/97
Distancia entre hilera	0,50 cm	
Distancia dentro de la hilera	0,07 cm	
Parcela	2 surcos * 25 dientes	
Densidad de plantas por m ²	28 bloques al azar	
Diseño	4	
Total de tratamientos	6	
Número de repeticiones	N (50 kg/ha)	
Fertilización	10/7 ;27/7 ;14/8	4/7; 25/7;17/8

El material antes de la plantación fue tratado por el método de *slurry* con una mezcla de fungicidas y nematicida, captan 83 % PM, benomil 50 % PM e iprodione 50 % PM a razón de 2 g de cada producto por kg de “diente” y fenamifos 40 % CE a 1,2 mL.kg⁻¹. A la semana siguiente de plantación se aplicó un herbicida preemergente (linurón PM 50 %) a razón de 1,6 kg.ha⁻¹ y en setiembre pendimetalin 33E a 3,1 L.ha⁻¹.

Durante el cultivo se determinó dos veces por semana el número de plantas emergidas por parcela, y a partir del mes de octubre el número de plantas florecidas por parcela. Se consideró que una planta estaba florecida cuando había emergido por arriba del falso tallo 1 cm del escapo y toda la espata. La evaluación de la floración finalizó cuando todas las parcelas presentaban por lo menos tres observaciones con el mismo valor.

A lo largo del ciclo 1995 se realizaron muestreos mensuales desde julio a diciembre (momento de la cosecha). En el año 1996 sólo se realizaron tres muestreos antes de la cosecha, en agosto, setiembre y octubre. En cada muestreo se extrajeron 4 plantas por parcela. En ellas se contó el número de hojas, se midió el diámetro de cuello, de bulbo, la longitud del falso tallo (datos no presentados) y el área foliar. El área foliar se midió con un medidor LICOR Mod. 3000 A. Se determinó el peso seco de cada una de las partes de la planta colocando el material en estufa a 65 °C hasta peso constante.

La cosecha se realizó cuando las plantas presentaban su follaje completamente seco, de acuerdo a lo estipulado por Burba, (1989) para ajo “semilla”. Luego se cubrieron los escapos de las plantas de cada parcela con una bolsa de papel madera

ajustada por debajo de las espatas, de manera de evitar la caída de los bulbillos aéreos durante el “curado”. El “curado” se realizó bajo techo en un ambiente donde la temperatura osciló entre 20 y 25 °C y la humedad relativa entre 40 y 60 %. Luego del “curado”, manteniendo el escapo unido a la planta madre, se evaluó el rendimiento en bulbos y bulbillos aéreos.

La distribución por calibres de los bulbos se realizó teniendo en cuenta las normas de tipificación nacionales (Secretaría de Agricultura y Ganadería, 1983) que establecen cada calibre de acuerdo al grado de variación del diámetro transversal del bulbo (Cuadro 3.3).

Cuadro 3.3: Calibres para bulbos comerciales

Calibre	Diámetro transversal (mm)
3	26 - 35 (chico)
4	36 - 45 (chico)
5	46 - 55 (mediano)
6	56 - 65 (mediano)
7	66 - 75 (grande)
8	76 - 85 (grande)
9	86 - 95 (grande)

Los bulbillos aéreos se separaron del escapo y se evaluó el rendimiento (peso y número) y su distribución por calibres. Se clasificaron en función de su diámetro ecuatorial, por medio de zarandas estandarizadas de orificio ovalado (Cuadro 3.4).

Cuadro 3.4: Calibres para bulbillos aéreos de ajo.

Calibre	Diámetro ecuatorial (mm)	Diámetro ecuatorial medio (mm)	Peso de 1000 bulbillos (g)
1	> 0,8 < 1,6	1,2 mm	6,9
2	> 1,6 < 2,4	2,0 mm	16,3
3	> 2,4 < 3,2	2,8 mm	31,5
4	> 3,2 < 4,0	3,6 mm	52,6
5	> 4,0 < 4,8	4,4 mm	87,2
6	> 4,8 < 5,6	5,2 mm	136,6

Se llevó a cabo el análisis de la varianza de los datos y posteriormente la comparación múltiple de medias según el test de Tukey para un nivel de significancia de 0,05, utilizando el paquete estadístico SAS (1988).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. AÑO 1995

Al cuantificar el número final de plantas emergidas por parcela no se observaron diferencias significativas. El ajo “criollo” saneado y enfermo alcanzaron el 95 % de emergencia, el ajo “ruso” saneado el 92 % y el enfermo el 90 %.

El estado sanitario del material afectó en forma significativa la fecha de emisión de los escapos en ambos clones. Los materiales crónicamente enfermos emitieron el escapo 8 días (“ruso”) a 14 días (“criollo”) antes que los saneados. Los materiales enfermos comenzaron a florecer entre los 177 y 183 días desde plantación, mientras que los ajos saneados florecieron recién a partir de los 191 días. Igual comportamiento se observó con respecto a la finalización de la floración. Por lo tanto finalmente, la longitud del período de emisión de escapos se mantuvo invariable con respecto al estado sanitario del material y dependió únicamente del policlón considerado. Así, las plantas de ajo “colorado criollo” emitieron sus escapos durante 22 días mientras que las plantas de ajo “ruso” presentaron una floración más concentrada, transcurriendo sólo 16 días desde el comienzo de floración hasta que ésta se estabilizó (Cuadro 3.5).

Cuadro 3.5: Efecto del saneamiento viral en la emisión de escapos de ajo “colorado criollo” y “ruso”, saneado y enfermo, 1995.

Tratamientos	Días		
	Desde plantación hasta inicio de floración	Desde plantación hasta finalizar floración	Desde inicio hasta fin de floración
<i>Criollo</i>			
Saneado	191 a	213 a	22 a
Enfermo	177 b	199 b	22 a
<i>Ruso</i>			
<i>Saneado</i>	191 a	207 a	17 a
<i>Enfermo</i>	183 b	199 b	16 a

Medias con letras distintas entre tratamientos (ajo “criollo” y “ruso”, independientemente) difieren significativamente ($p < 0,05$) Tukey.

Al finalizar la evaluación del número de plantas florecidas por parcela (220 días desde plantación), el porcentaje de floración alcanzado por los materiales enfermos (100 %) fue significativamente mayor que el logrado por los materiales saneados de virosis (70 % a 80 %) (Figura 3.1). Es decir que el empleo de material saneado de virus dio origen a plantas que emitieron el escapo floral más tarde en el ciclo de cultivo y alcanzaron un número final de plantas florecidas menor que el material crónicamente enfermo.

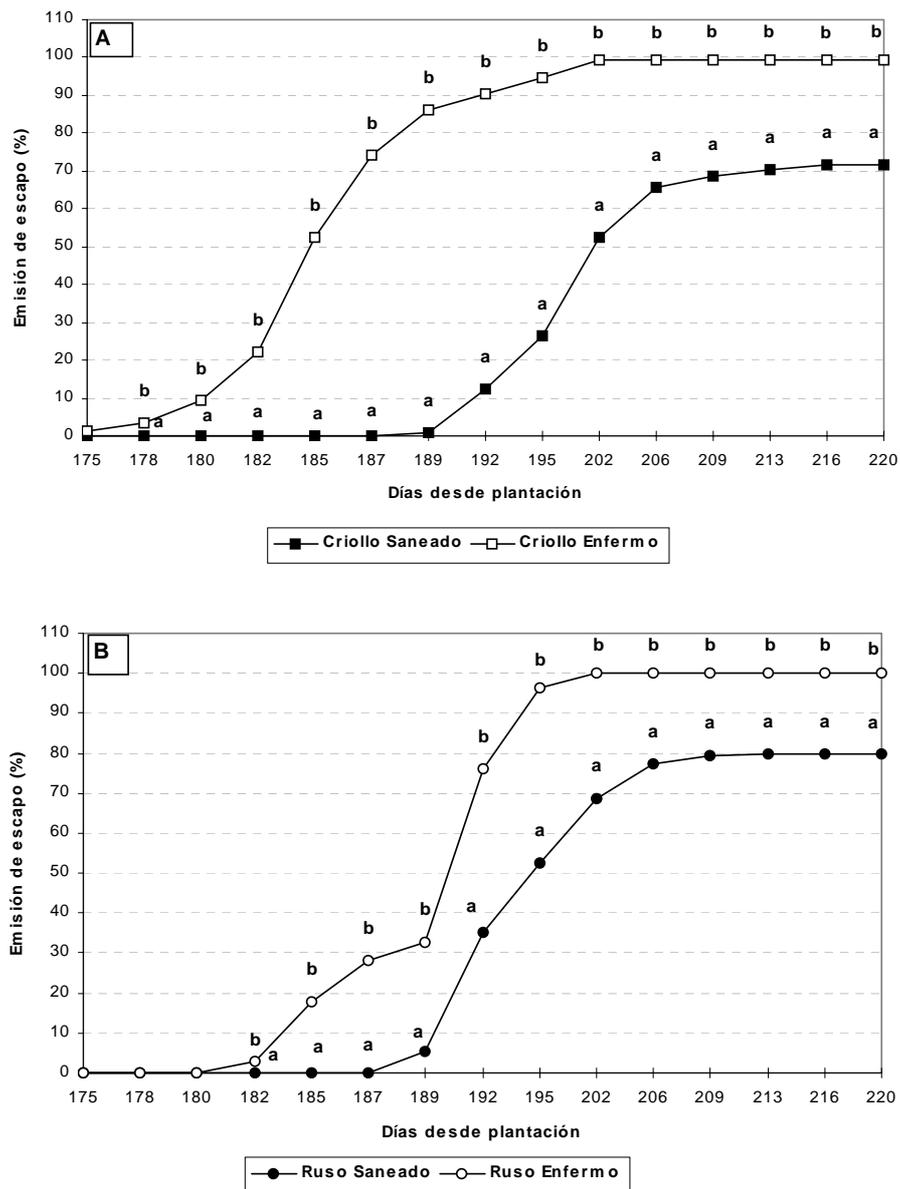


Figura 3.1: Evolución de la emisión de escapos en ajo “colorado criollo” (A) y “ruso” (B), saneado y crónicamente enfermo, 1995. Letras distintas para la misma fecha de observación indican diferencias significativas ($p < 0,05$) Tukey.

Los virus producen en las plantas alteraciones en el contenido de nitrógeno e hidratos de carbono (Matthews 1970; Agrios 1996). Estas modificaciones de la relación C/N podrían ser las responsables de las diferencias observadas en la emisión de escapos, como ha sido citado en cebolla (Shishido and Saito 1976; Brewster 1985).

El peso seco de las plantas de ajo “criollo” saneado fue significativamente mayor que el de las plantas enfermas sólo en el muestreo de cosecha. En el ajo “colorado ruso” la diferencia se evidenció desde el primer muestreo (julio) (Figura 3.2). El área foliar presentó un comportamiento similar. El ajo “ruso” saneado tuvo mayor área foliar que el enfermo en todos los muestreos (julio a noviembre), mientras que en el ajo “criollo” esta diferencia recién se observó en noviembre (Figura 3.3).

Al momento de cosecha, las plantas saneadas presentaron mayor peso seco que las crónicamente enfermas. En el ajo “colorado criollo” ese mayor peso seco fue debido a un aumento en el peso seco de lámina, falso tallo y bulbo, no así del escapo. (Cuadro 3.6).

Al desglosar el peso seco total de la planta a cosecha, en el porcentaje de materia seca destinado a cada una de las partes de la planta (Cuadro 3.7), se observó que en el material enfermo se favoreció la partición hacia los escapos y dentro de ellos hacia los bulbillos aéreos en crecimiento, presentando como consecuencia una menor proporción de materia seca en hojas y falso tallo.

Luego de la cosecha y “curado” no hubo diferencias significativas entre los materiales saneados y no saneados con respecto al número de bulbillos aéreos mayores de 2,4 mm por planta florecida, considerados bulbillos útiles (Gabriel *et al.* 1997). Pero el ajo “colorado ruso” presentó mayor número de estos bulbillos que el ajo “criollo” (Figura 3.4).

El estado sanitario de los materiales afectó de manera diferencial, en cada uno de los policlones, el número de bulbillos menores de 2,4 mm producidos por planta. En el ajo “criollo” el número de bulbillos <1,6 mm (calibre 1) fue mayor en el material enfermo, mientras que en el ajo “ruso” el número de bulbillos de tamaño <2,4 mm fue significativamente mayor en el material saneado. Dicho comportamiento, hizo variar de igual manera el número total de bulbillos producidos por planta florecida (Figura 3.4).

Este comportamiento del ajo criollo se opone a lo citado por Matsubara *et al.* (1990), quienes mencionan un aumento (20 %) del número de bulbillos aéreos en las plantas libres de virus, aunque no aclaran si el mismo es significativo. Quizás ello se deba a que estos autores trabajaron con un solo clon, que se asemeja en su respuesta al ajo “colorado ruso” utilizado en estos ensayos. En otras especies también han sido citadas respuestas diferenciales según la cultivar. Así, en papa infectada o no con PVY^{NTN} los

cambios morfológicos y en los pigmentos fotosintéticos observados dependían de la cultivar considerada (Anzlovar *et al.* 1996).

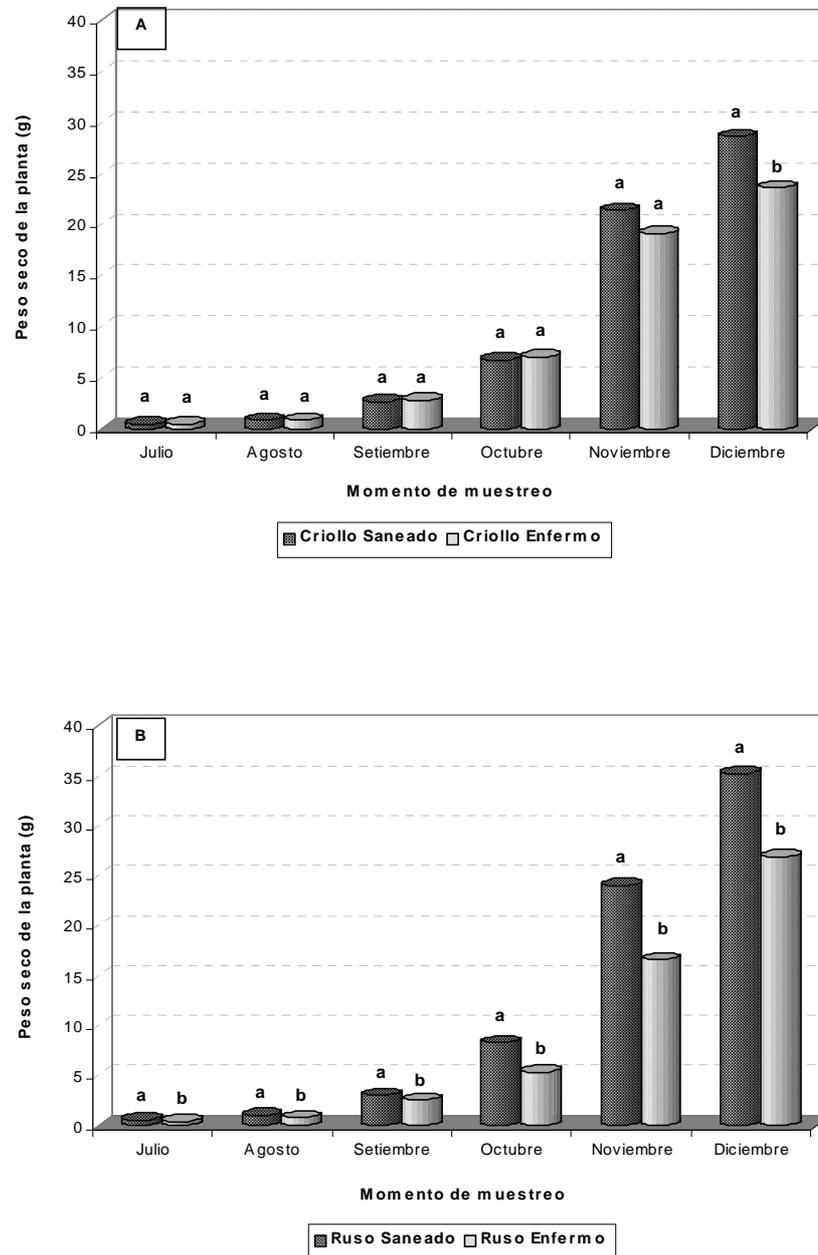


Figura 3.2: Evolución del peso seco total de las plantas de ajo “colorado criollo” (A) y “ruso” (B), saneado y enfermo a través del ciclo de cultivo, 1995. Letras distintas para la misma fecha de muestreo indican diferencias significativas ($p < 0,05$) Tukey.

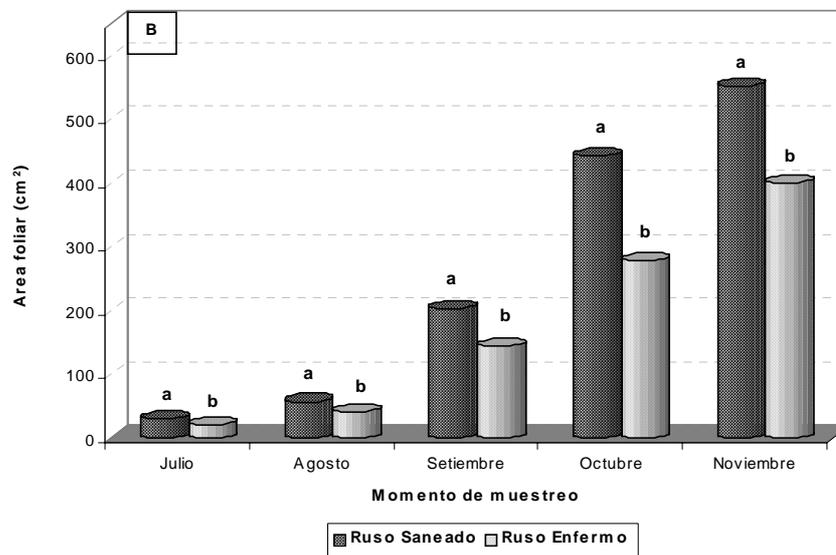
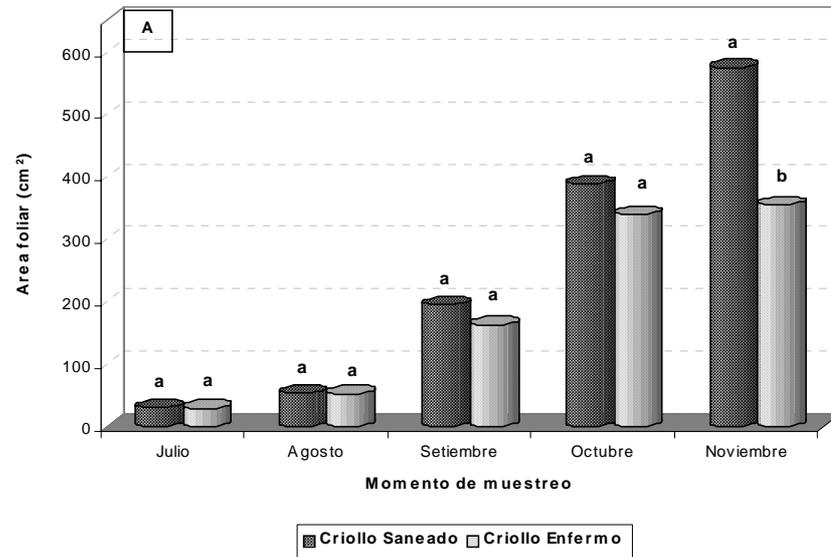


Figura 3.3: Evolución del área foliar de las plantas de ajo “colorado criollo” (A) y “ruso” (B), saneado y enfermo a lo largo del ciclo de cultivo, 1995. Letras distintas para la misma fecha de muestreo indican diferencias significativas ($p < 0,05$) Tukey.

Cuadro 3.6: Efecto del saneamiento sobre el peso seco de las plantas a cosecha.

Tratamientos	Peso Seco (g)				
	Bulbo	Lámina	Falso Tallo	Escapo	Planta
Criollo					
Saneado	14,77 a	4,12 a	2,90 a	6,83 a	28,63 a
Enfermo	12,63 b	2,38 b	1,83 b	6,73 a	23,57 b
Ruso					
Saneado	17,44 a	4,50 a	3,41 a	9,94 a	35,30 a
Enfermo	13,85 b	3,18 b	1,39 b	8,52 b	26,95 b

Medias con letras distintas entre tratamientos (ajo "criollo" y "ruso", independientemente) difieren significativamente ($p < 0,05$) Tukey.

Cuadro 3.7: Partición de materia seca (%), entre los distintos órganos de la planta al momento de cosecha, 1995.

Tratamientos	Porcentaje del peso total de la planta (%)					
	Bulbo	Lámina	Falso Tallo	Escapo	Partes del escapo	
Criollo						
Saneado	51,5 a	14,4 a	10,1 a	24,0 a	vara	23,3 b
					espata	0,4 a
					bulbillos	0,3 b
Enfermo	53,4 a	10,1 b	7,8 b	28,7 a	vara	27,6 a
					espata	0,6 a
					bulbillos	0,5 a
Ruso						
Saneado	49,1 a	12,8 a	9,7 a	28,4 b	vara	26,1 a
					espata	0,5 b
					bulbillos	1,8 b
Enfermo	51,2 a	11,8 a	5,2 b	31,8 a	vara	20,0 b
					espata	0,7 a
					bulbillos	11,1 a

Medias con letras distintas entre tratamientos (ajo "criollo" y "ruso", independientemente) difieren significativamente ($p < 0,05$) Tukey.

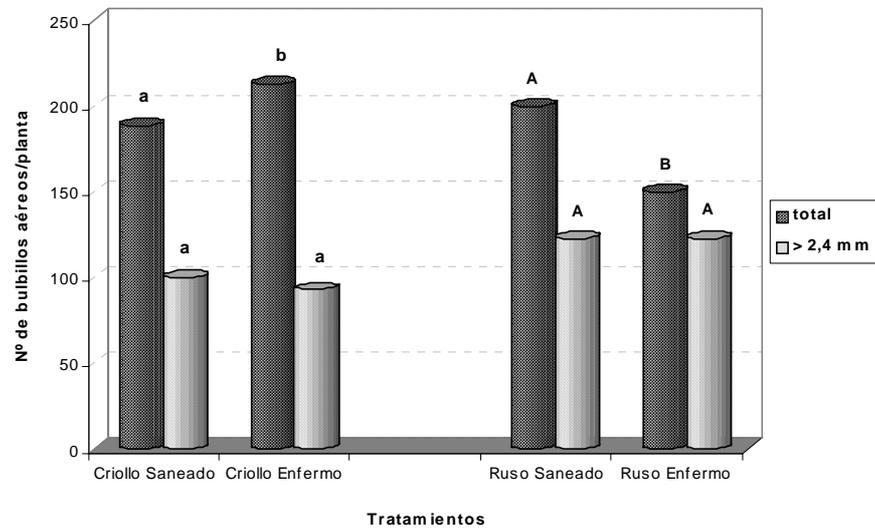


Figura 3.4: Efecto del saneamiento viral en la producción de bulbillos aéreos por planta florecida de ajo “colorado ruso” y “criollo”, saneado y enfermo, 1995. Medias con letras distintas entre tratamientos (ajo “criollo” y “ruso”, independientemente) difieren significativamente ($p < 0,05$) Tukey.

El rendimiento por hectárea en bulbillos aéreos mayores de 2,4 mm, calculado de acuerdo al número de bulbillos por planta y al porcentaje de floración alcanzado, fue mayor en los materiales enfermos que en los saneados, debido al mayor porcentaje de floración logrado en las plantas enfermas. Sin embargo, el número total de bulbillos aéreos por hectárea se vio afectado además por la fracción de bulbillos menor de 2,4 mm, acentuando el aumento de producción del ajo “criollo” enfermo con respecto al saneado y eliminando las diferencias entre los dos estados de saneamiento en el ajo “ruso” (Cuadro 3.8).

La fracción de bulbillos aéreos menores de 2,4 mm de diámetro representó en ajo “criollo”, el 43,2 % (a) del número de bulbillos en ajo saneado y el 48,7 % (b) en ajo enfermo. En el ajo “ruso” el porcentaje de esta fracción fue inferior en el material enfermo 25,2 % (b) que en el saneado 38,2 % (a).

Cuadro 3.8: Rendimiento por hectárea en bulbillos aéreos totales y mayores de 2,4 mm, en ajo “criollo” y “ruso”, saneado y enfermo, 1995.

Tratamientos	Nº de bulbillos aéreos (millones por ha)	
	Totales	Útiles (> 2,4 mm)
<i>Criollo</i>		
Saneado	36,54 b	19,50 b
Enfermo	57,61 a	25,29 a
<i>Ruso</i>		
Saneado	42,07 a	25,29 b
Enfermo	38,50 a	31,44 a

Medias con letras distintas entre tratamientos (ajo “criollo” y “ruso”, independientemente) difieren significativamente ($p < 0,05$) Tukey.

En los dos clones el material saneado presentó mayor rendimiento total y comercial de bulbos como ya había sido citado por otros autores (Conci 1989; Conci y Helguera 1991; Conci *et al.* 1995; Sosa *et al.* 1995, Resende *et al.* 1995) (Figura 3.5). Sin embargo este aumento fue significativo sólo en el ajo “ruso”, lo que podría deberse a que el área foliar del ajo “criollo” saneado se diferenció de la desarrollada por las plantas enfermas recién en el mes de noviembre.

Fernández *et al.* (1991) citan que a mayor área foliar, es mayor la intercepción lumínica y hay mayor acumulación de materia seca, lo que conduciría a la obtención de mayores rendimientos potenciales. Gifford and Jenkins (1981) sostienen que al comienzo del ciclo de cultivo, antes de que la canopia alcance una total intercepción lumínica, la variación en el área foliar es un determinante mucho más poderoso de la tasa de crecimiento del cultivo que la variación en la tasa fotosintética por unidad de área foliar. Esta podría ser la causa de la falta de diferencias en la producción entre el ajo “criollo” crónicamente enfermo y saneado, ya que el ajo saneado presentó mayor área foliar recién al finalizar el ciclo de cultivo. Gaviola de Heras *et al.* (1991) determinaron que, en ajo “colorado”, la mayor tasa de crecimiento de los bulbos se produce entre los 120 y 160 días después de brotación, es decir entre el 10 de octubre y el 20 de noviembre, con un aumento del 65 % de su peso final.

Los materiales saneados presentaron mayor diferencia entre la producción total y comercial de bulbos por hectárea que los crónicamente enfermos, debido a un mayor número de bulbos anormales. En los dos clones el material saneado originó un 12 a 15 % de bulbos anormales mientras que esta categoría de bulbos no se observó en el material crónicamente enfermo. La mayor producción de bulbos y de deformaciones al emplear material saneado, se asemeja a la respuesta observada al aumentar la dosis de fertilizante nitrogenado durante el cultivo (Lipinski y Filippini 1991).

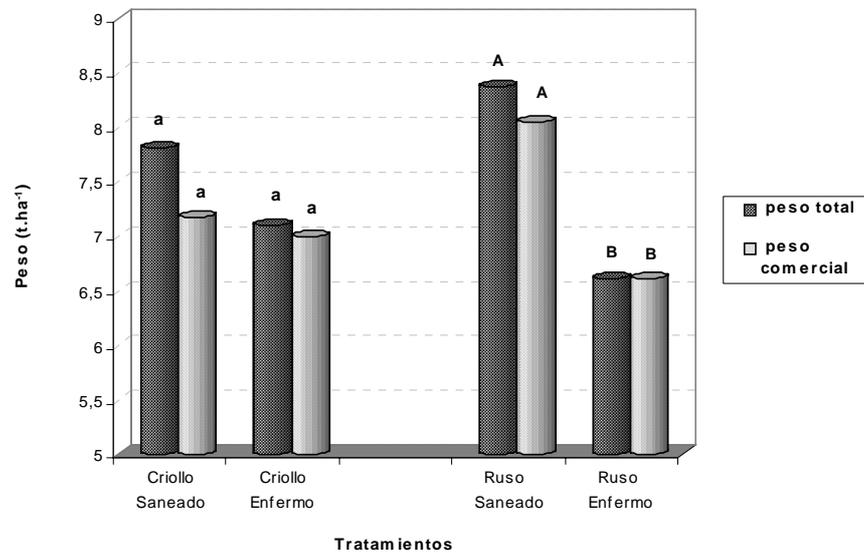


Figura 3.5: Efecto del saneamiento viral en la producción de bulbos de ajo “colorado criollo” y “ruso”, saneado y enfermo, 1995. Medias con letras distintas entre tratamientos (ajo “criollo” y “ruso”, independientemente) difieren significativamente ($p < 0,05$) Tukey.

Los bulbos de material saneado presentaron mayor calibre que los provenientes de material crónicamente enfermo (Figura 3.6). En ensayos realizados con ajo “blanco” libre de virus y enfermo, los bulbos de plantas sanas pesaron un 44 % más que los tratamientos enfermos y su perímetro fue un 17 % superior. En ajo “rosado paraguay” se lograron aumentos del peso del bulbo (43 %) y del perímetro (20 %) al emplear material libre de virus (Conci *et al.* 1995). Mientras que Matsubara *et al.* (1990), mencionan que las plantas libres de virus producen bulbos un 40 % más pesados que las enfermas.

El efecto del saneamiento viral sobre la producción de bulbos y emisión de escapos se asemeja al comportamiento observado en plantas de ajo fertilizadas con N, tanto con respecto a floración (Krarup y Trobok 1975; Borgo *et al.* 1995; Guiñazú *et al.* 1997) como a producción de bulbos (Sotomayor 1975; Escaff y Aljaro 1982; Gaviola de Heras *et al.* 1991; Lipinski y Filippini 1991 y Lipinski *et al.* 1993). Como ha sido citado que los virus pueden disminuir la cantidad de N en las plantas (Agrios 1996), es posible pensar que los resultados observados se deban a una disminución del contenido de N en las plantas enfermas. En cebolla la mayor relación C/N ha sido citada como la causa de la iniciación a floración (Shishido and Saito 1976; Brewster 1985), observándose un incremento del porcentaje de floración al disminuir el suplemento de nitrógeno (Brewster 1983; Brewster and Butler 1989). Con respecto a la bulbificación, en ajo una menor cantidad de N disminuye la producción y hay menos deformaciones en los bulbos (Lipinski y Filippini 1991).

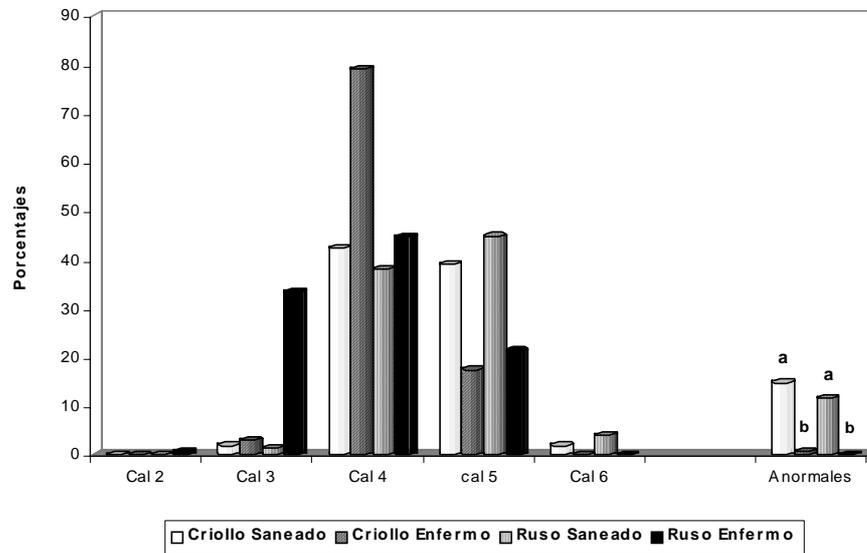


Figura 3.6: Efecto del saneamiento viral en la distribución por calibres de la producción de bulbos de ajo “colorado ruso” y “criollo”, saneado y enfermo, 1995. Medias con letras distintas entre tratamientos (ajo “criollo” y “ruso”, independientemente) difieren significativamente ($p < 0,05$) Tukey.

3.2. AÑO 1996

Durante este ciclo de cultivo nuevamente el porcentaje final de plantas emergidas no se vio afectado por el estado de saneamiento del material y fue del 97 % para el ajo “criollo” y del 93 % para el “ruso”.

El ajo “ruso” saneado y enfermo alcanzaron igual porcentaje de plantas florecidas por parcela (100 %). El ajo “criollo” manifestó igual comportamiento que el año anterior, el material enfermo emitió significativamente más escapos (99 %) que el saneado (78 %) (Figura 3.7). Como en este ciclo de cultivo se empleó el material cosechado el año 1995, es decir con un ciclo de cultivo a campo en una zona no aislada, el mayor porcentaje de emisión de escapos alcanzado por este material con respecto a 1995, donde recién salía de jaulas antiáfidos, puede deberse a la recontaminación del material durante el primer ciclo a campo. Se ha podido comprobar que a campo se re infectan el 60 a 80 % de las plantas con los distintos virus que intervienen en el complejo viral de ajo (Conci 1997). Otros autores coinciden en la rápida recontaminación del material (Sosa *et al.* 1997; Xu *et al.* 1997; Canavelli *et al.* 1999; Muñoz *et al.* 1999).

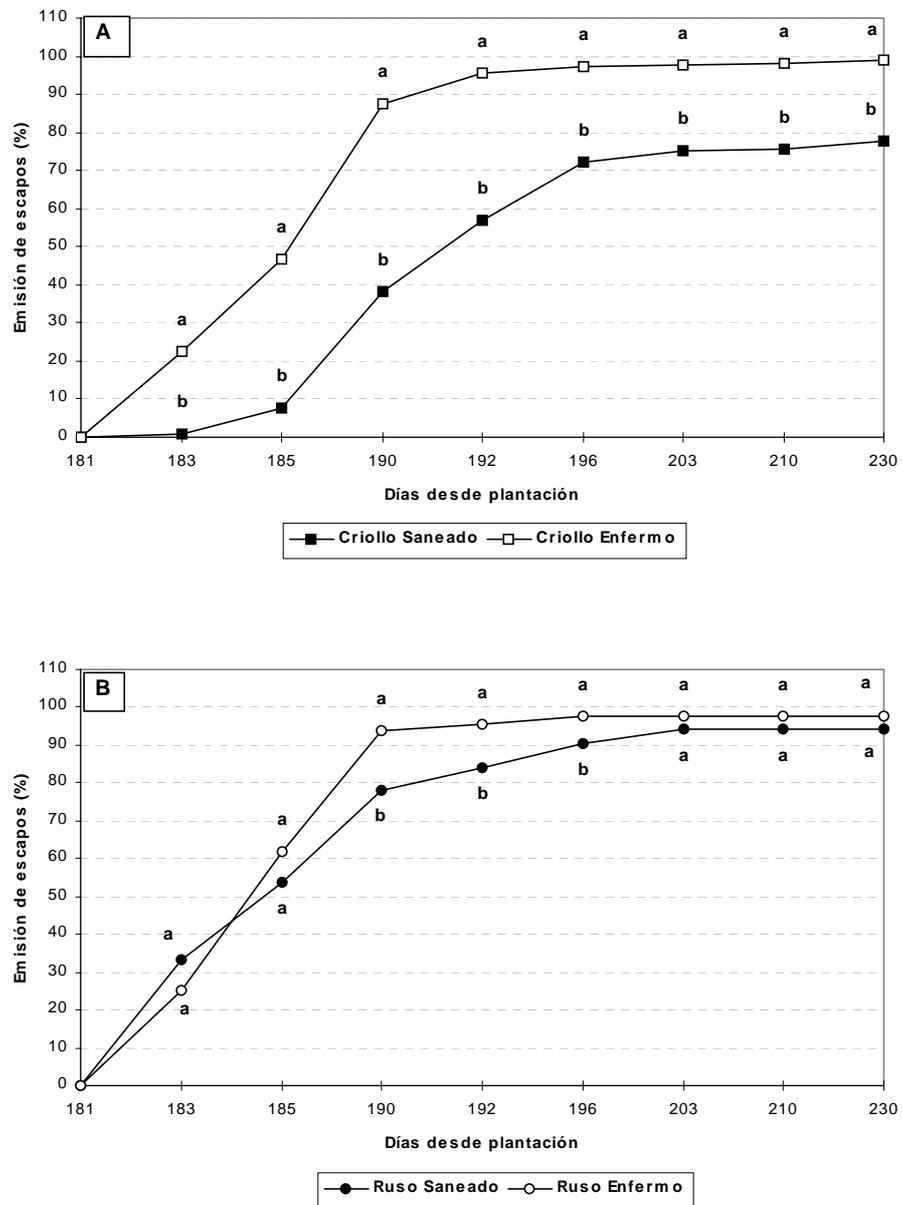


Figura 3.7: Evolución de la emisión de escapo en ajo "colorado criollo" (A) y "ruso" (B), saneado y crónicamente enfermo, 1996. Letras distintas para la misma fecha de observación indican diferencias significativas ($p < 0,05$) Tukey.

El peso seco de las plantas saneadas fue superior al de las enfermas en todos los muestreos, sin embargo este aumento de peso seco sólo fue significativo en los muestreos de setiembre y octubre (Figura 3.8). El área foliar presentó un comportamiento similar (Figura 3.9).

En este segundo ciclo el peso seco a cosecha de las distintas partes de la planta no presentó diferencias significativas, salvo en el peso del bulbo en ajo “criollo” (Cuadro 3.9). Tampoco se encontraron diferencias en la partición hacia los distintos órganos de la planta (Cuadro 3.10).

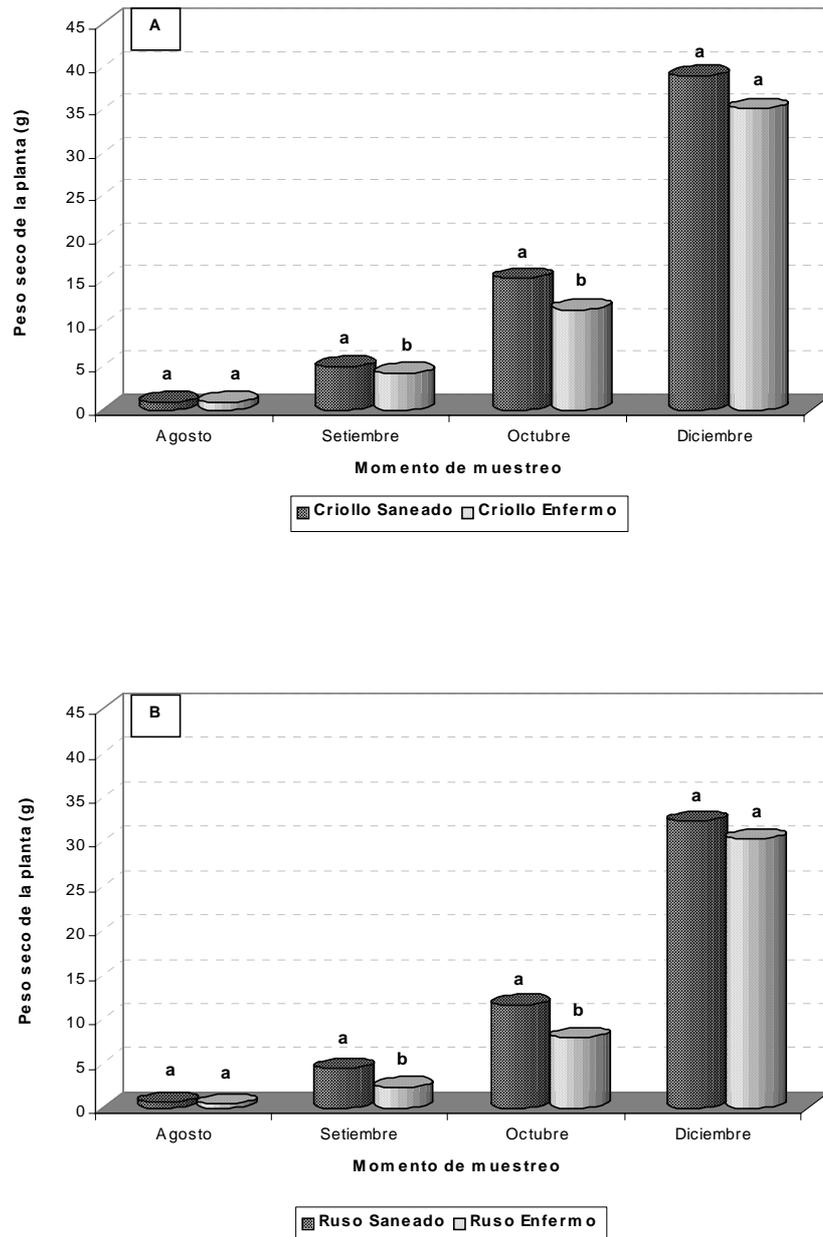


Figura 3.8: Evolución del peso seco total de las plantas de ajo “colorado criollo” (A) y “ruso” (B), saneado y crónicamente enfermo, a través del ciclo de cultivo, 1996. En cada fecha de muestreo, medias con letras distintas entre tratamientos (ajo saneado y enfermo) difieren significativamente ($p < 0,05$) Tukey.

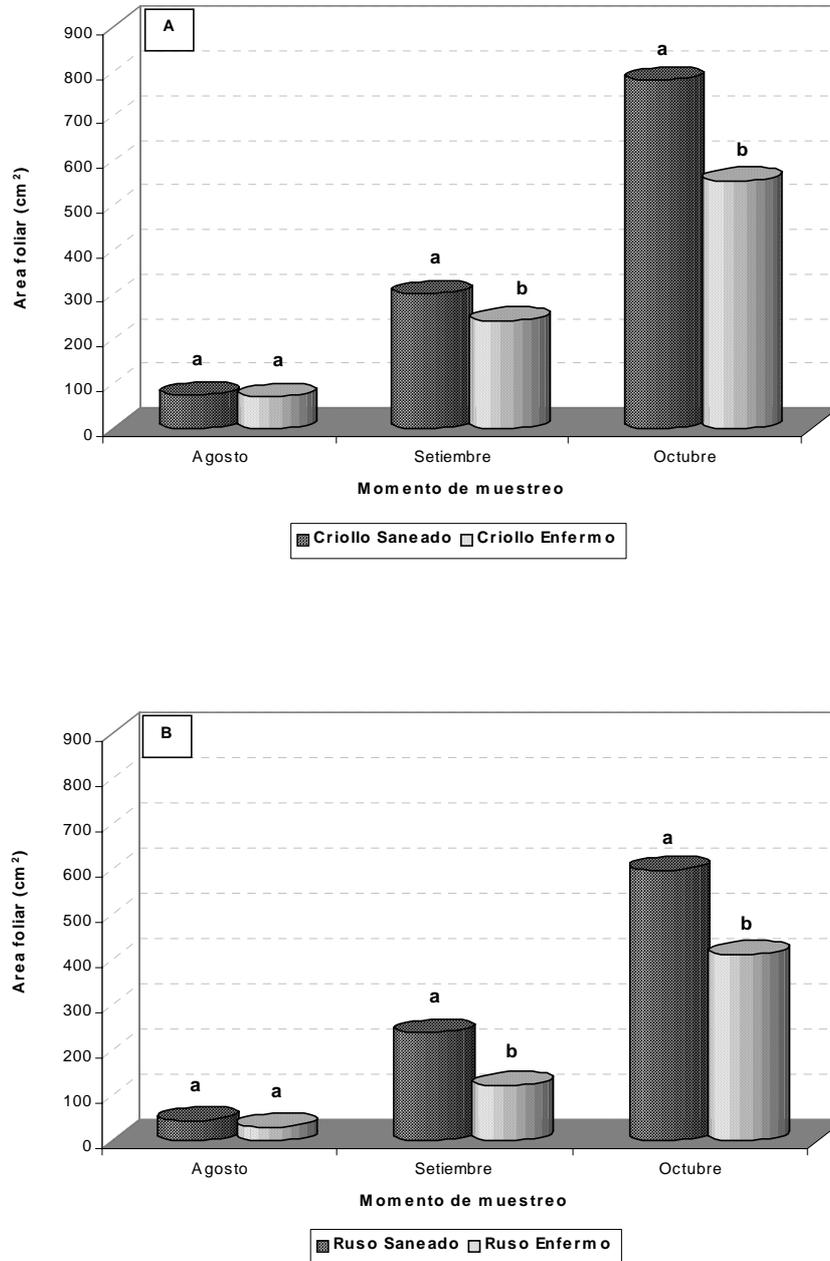


Figura 3.9: Evolución del área foliar de las plantas de ajo “colorado criollo” (A) y “ruso” (B), saneado y enfermo a lo largo del ciclo de cultivo, 1996. En cada fecha de muestreo, medias con letras distintas entre tratamientos (ajo saneado y enfermo) difieren significativamente ($p < 0,05$) Tukey.

Si bien el saneamiento no afectó significativamente la partición de materia seca a los distintos órganos de la planta, el ajo “ruso” particionó un mayor porcentaje de materia seca hacia el escapo que el ajo “criollo” y especialmente hacia los bulbillos aéreos (Cuadro 3.10). Así, al momento de cosecha los bulbillos de ajo “colorado ruso”

formados por planta, presentaban un peso 14 veces superior (0,9 a 1g), a los bulbillos de ajo "criollo" (0,07g).

Cuadro 3.9: Efecto del saneamiento sobre el peso seco de la planta de ajo "colorado criollo" y "ruso" a cosecha, 1996.

Tratamientos	Peso Seco (g)				
	Bulbo	Lámina	Falso Tallo	Escapo	Planta
Criollo					
Saneado	25,17 a	4,80 a	2,78 a	6,21 a	38,96 a
Enfermo	21,69 b	4,27 a	2,43 a	6,70 a	35,08 a
Ruso					
Saneado	17,54 a	4,19 a	1,76 a	8,86 a	32,34 a
Enfermo	16,27 a	4,03 a	1,46 a	8,57 a	30,33 a

Medias con letras distintas entre tratamientos (ajo "criollo" y "ruso", independientemente) difieren significativamente ($p < 0,05$) Tukey.

Cuadro 3.10: Partición de materia seca (%), entre los distintos órganos de la planta de ajo "colorado ruso" y "criollo", saneado y crónicamente enfermo, al momento de cosecha, 1996.

Tratamientos	Porcentaje del peso total de la planta (%)					
	Bulbo	Lámina	Falso Tallo	Escapo	Partes del escapo	
Criollo						
Saneado	64,9 a	12,3 a	7,1 a	15,7 a	vara	14,1 a
					espata	0,4 a
					bulbillos	1,2 a
Enfermo	61,9 a	12,1 a	6,9 a	19,1 a	vara	17,6 a
					espata	0,5 a
					bulbillos	1,0 a
Ruso						
Saneado	54,0 a	12,9 a	5,5 a	27,6 a	vara	15,8 a
					espata	0,6 a
					bulbillos	11,2 a
Enfermo	53,9 a	13,4 a	4,9 b	28,0 a	vara	16,7 a
					espata	0,6 a
					bulbillos	10,7 a

Medias con letras distintas entre tratamientos (ajo "criollo" y "ruso", independientemente) difieren significativamente ($p < 0,05$) Tukey.

El número total de bulbillos aéreos por planta no se vio afectado por el estado de saneamiento del material. El número de bulbillos de diámetro superior a 2,4 mm no presentó diferencias entre tratamientos en el ajo “criollo” y en el ajo “ruso” fue superior en el material enfermo (Cuadro 3.11).

Cuadro 3.11: Rendimiento en bulbillos aéreos en el material saneado o crónicamente enfermo de ajo “colorado criollo” y “ruso”, 1996.

Tratamientos	Nº de bulbillos aéreos por planta		Nº de bulbillos aéreos (millones por ha)	
	Totales	Útiles (> 2,4 mm)	Totales	Útiles (> 2,4 mm)
Criollo				
Saneado	252 a	86 a	57,22 b	19,46 a
Enfermo	291 a	73 a	82,47 a	20,71 a
Ruso				
Saneado	132 a	79 b	35,71 a	21,30 b
Enfermo	128 a	112 a	35,85 a	31,44 a

Medias con letras distintas entre tratamientos (ajo “criollo” y “ruso”, independientemente) difieren significativamente ($p < 0,05$) Tukey.

Al calcular el número de bulbillos por hectárea, en función del número de bulbillos por planta y el porcentaje de emisión de escape, se observó que el saneamiento disminuyó significativamente el número total de bulbillos por hectárea en el ajo “criollo” y el número de bulbillos de diámetro superior a 2,4 mm en el ajo “ruso”.

En los dos clones, el material saneado dio origen a una mayor producción total de bulbos que el crónicamente enfermo (Cuadro 3.12). Sin embargo en el ajo “criollo” esto no se tradujo en una mayor producción comercial de bulbos del ajo saneado, por presentar este material mayor porcentaje de bulbos anormales. El saneamiento del material originó bulbos de mayor peso medio y con mayor número de “dientes” que el material enfermo corroborando lo observado por Matsubara *et al.* (1990) y Sosa *et al.* (1995).

Los mayores rendimientos totales obtenidos en el ajo saneado tanto “criollo” como “ruso” pueden ser debidos a la mayor área foliar máxima lograda por las plantas provenientes de estos materiales. Stahlschmidt *et al.* (1997) observan una alta correlación entre el área foliar al momento de bulbificación y el peso del bulbo.

Cuadro 3.12: Rendimiento de bulbos en material saneado o crónicamente enfermo de ajo “colorado criollo” y “ruso”, 1996.

Tratamientos	Peso total (t/ha)	Peso comercial (t/ha)	Peso medio de los bulbos (g)	Número de “dientes” por bulbo
<i>Criollo</i>				
Saneado	11,48 a	10,92 a	52,65 a	15 a
Enfermo	10,44 b	10,20 a	43,88 b	12 b
<i>Ruso</i>				
Saneado	7,93 a	7,82 a	39,00 a	8 a
Enfermo	5,98 b	5,95 b	28,77 b	5 b

Medias con letras distintas entre tratamientos (ajo “criollo” y “ruso”, independientemente) difieren significativamente ($p < 0,05$) Tukey.

3.4 CONCLUSIONES

De acuerdo a los datos obtenidos en los policlones AR-I-051 y AR-I-033 bajo las condiciones experimentales de los dos ciclos de cultivo se concluye que:

La eliminación de OYDV y LYSV:

- retrasa la emisión de escapos y disminuye el porcentaje final de plantas florecidas.
- puede afectar de manera diferencial, según el clon considerado, la cantidad de bulbillos aéreos totales.
- no modifica el número de bulbillos aéreos mayores de 2,4 mm producidos por planta.
- aumenta el peso seco de la planta a cosecha pero disminuye la partición de materia seca hacia los bulbillos aéreos.
- tiende a incrementar el rendimiento en bulbos debido al mayor calibre de los mismos.
- Debido al menor número de plantas florecidas, el ajo libre de OYDV y LYSV presenta menor producción por hectárea de bulbillos aéreos mayores de 2,4 mm de diámetro que el material enfermo.

3.5 BIBLIOGRAFÍA

- AGRIOS, G.N. 1996. Enfermedades de las plantas causadas por virus. In: Noriega eds. Fitopatología Cap. 14, Editorial Limusa, Méjico. p. 648-733.
- ANZLOVAR, S.; KOVAC, M.; RAVNIKAR, M. 1996. Photosynthetic pigments in healthy and virus-infected potato plantlets (*Solanum tuberosum* L.) grown in vitro. *Phyton* (Horn, Austria) 36(2):221-230.
- BORGO, R.; STAHLSCHMIDT, O.M.; CAVAGNARO, J.B. 1995. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la incidencia del "descanutado" y anormalidades en bulbos de ajo "colorado". In: Curso /Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (4, 1995, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta. p. 11F-17F.
- BOTTI, C.G.; KRARUP, C.H. 1978. Morfogénesis de la floración y ciertas anormalidades en el desarrollo de ajo (*Allium sativum* L.) cv. valenciano Rosado. *Inv. Agrícola* (Chile) 4(1):1-6.
- BREWSTER, J.L. 1983. Effects of photoperiod, nitrogen nutrition and temperature on inflorescence initiation and development in onion (*Allium cepa* L.). *Ann. Bot.* 51:429-440.
- BREWSTER, J.L. 1985. The influence of seedling size and carbohydrate status and of photon flux density during vernalization on inflorescence initiation in onion (*Allium cepa* L.). *Annals of Botany* 55:403-414.
- BREWSTER, J.L.; BUTLER, H.A. 1989. Inducing flowering in growing plants of overwintered onions: effects of supplementary irradiation, photoperiod, nitrogen, growing medium and gibberellins. *Journal of Horticultural Science* 64(3):301-312.
- BURBA, J.L. 1989. Cosecha, preparación y almacenamiento de ajo "semilla". In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (1989 y 1991, 1 y 2, Mendoza). Mendoza, INTA Regional Cuyo p. 25-27. (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- BURBA, J.L. 1993. Producción de "semilla de ajo". In: Ing. José Crnko editor. Manual de producción de semillas hortícolas. INTA Estación experimental La Consulta, Mendoza. Fascículo 5, 163 p.
- BURBA, J.L. 1997. Situación del cultivo de ajo en la Argentina. In : J. L. Burba editor. 50 temas sobre producción de ajo. INTA Estación experimental La Consulta, Mendoza. v. 1, p. 11-15.
- CANAVELLI, A.; LUNELLO, P.; NOME, S.; CONCI, V. 1999. Evaluación en campo de "semilla" de ajo "blanco" libre de virus. In : Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (6, 1999, Mendoza). Mendoza, INTA. EEA La Consulta, p. 159-160.
- CASTILLO, O.E.; MORICONI, D.N. 1997. Production of garlic minibulblets (*Allium sativum* L.) under different cropping conditions. Effect of microbulblets size and plant density. *Acta Horticulturae* 433:491-498.
- CONCI, V.C.; MORICONI, D.N.; NOME, S.F. 1986. Cultivo de meristemas apicales de seis tipos clonales de ajo (*Allium sativum* L.). *Phyton* 46(2):187-194.

- CONCI, V.C. 1989. Virus de ajo, diagnóstico y obtención de plantas libres. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p. 59-60 (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- CONCI, V.; HELGUERA, M. 1991. Caracterización, distribución y frecuencia de virus de ajo (*Allium sativum* L.). In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p. 84-85 (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- CONCI, V.; CANAVELLI, A.; CAFRUNE, E.; NOME, S. 1995. Incidencia económica de las virosis en el cultivo de ajo. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo. (4, 1995, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta. p. P5-P10.
- CONCI, V. 1997. Virus y fitoplasmas de ajo. In : J.L. Burba editor. 50 temas sobre producción de ajo. INTA Estación Experimental La Consulta, Mendoza. v. 3, p. 267-293.
- ESCAFF, M.; ALJARO, A. 1982. Dos ensayos sobre el efecto del nitrógeno y fósforo en ajo rosado. Agricultura Técnica (Chile) 42(2):143-147.
- ESCAFF, M.; MUÑOZ, C.; GUIÑEZ, A.; BRUNA, A. 1991. Producción de semilla de ajo de alta calidad. In: Curso Taller en tecnologías de producción, industrialización, comercialización y exportación de ajos en Chile (1, 1991, Santiago, Chile). Actas. Santiago, Chile, La Platina. p. 75-82.
- FERNANDEZ, O.S. de; CAVAGNARO, J.B.; BURBA, J.L. 1991. Aspectos ecofisiológicos del cultivo de ajo tipo colorado en Mendoza. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p. 104-105 (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- GAVIOLA de HERAS, S.; FILIPPINI de ZULUAGA, M.F.; LIPINSKI, V.M. 1991. Ritmo de crecimiento y absorción de nutrimentos en ajo (*Allium sativum* L.). Efecto de la fertilización sobre componentes del crecimiento del rendimiento en los tipos "blanco" y "colorado". In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo. p. 105-112. (Agro de Cuyo. Jornadas, 1).
- GABRIEL, E.L.; GUIÑAZÚ, M.E.; MARTINEZ, A.M. 1997. Uso de bulbillos aéreos para producción de "semilla" básica de ajo (*Allium sativum* L.) I: caracterización del período de dormición. In: Congreso Argentino de Horticultura (20, 1997, Bahía Blanca) Resúmenes. Bahía Blanca, ASAHO. p. 77.
- GIFFORD, R.M.; JENKINS, C.L. 1981. Prospects of applying knowledge of photosynthesis toward improving crop production. In: Govindjee ed. Photosynthesis: CO₂ Assimilation and Plant Productivity. New York. Academic Press, New York. chapter 2.
- GUIÑAZÚ, M.E.; BURBA, J.L. 1996. Caracterización de clones de ajo "colorado" por la emisión de escapo floral y capacidad de producción de bulbillos aéreos. In:

- Jornadas Argentinas de Botánica. (25, 1996. Mendoza). Resumen. Mendoza. p.293.
- GUIÑAZÚ, M.E.; BURBA, J.L.; LIPINSKI, V.M. 1997. Efecto del tamaño de "diente semilla" y fertilización nitrogenada en la producción de bulbillos aéreos de ajo (*Allium sativum* L.). In: Congreso Argentino de Horticultura (20, 1997, Bahía Blanca) Resúmenes. Bahía Blanca, ASAO. p. 76.
- KOTHARI, I.L.; SHAH, J.J. 1974. Histogenesis of seed stalk and inflorescence in garlic. *Phytomorphology* 24(1/2):42-48.
- KRARUP, H.C.; TROBOK, V. 1975. Efectos de sistemas de plantación sobre rendimiento, calidad del bulbo y aprovechamiento de la fertilización nitrogenada en ajo. *Fitotecnia Latinoamericana* 11(1):39-42.
- LIPINSKI, V.; FILIPPINI, M.F. 1991. Respuesta del ajo tipo "colorado" a la fertilización nitrogenada y fosfatada vs. la fertilización orgánica. In : Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p. 113- 115. (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- LIPINSKI, V.; GAVIOLA de HERAS, S.; FILIPPINI, M.F. 1993. Influencia del riego, la fertilización nitrogenada y el tamaño de "diente" sobre el rendimiento y calidad del ajo colorado en el Valle de Uco. In : Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (3, 1993, Mendoza). Mendoza, INTA. EEA La Consulta, p. 235-245.
- LUNELLO, P.; BRAVO-ALMONACID, F.; KOBAYASHI, K.; HELGUERA, M.; NOME, S.F.; MENTABERRY, A.; CONCI, V.C. 1999. Virus de ajo transmitidos por ácaros en Argentina. In : Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (6, 1999, Mendoza). Mendoza, INTA. EEA La Consulta, p. 151-152.
- MATTHEWS, R.E.F. 1970. Effects on plant metabolism. In : R.E. Matthews ed. *Plant virology*. New York.:Academic Press, New York. chapter 11, p. 319-348.
- MATSUBARA, S.; CHEN, D.; MASUDA, M.; MURAKAMI, K. 1990. Production and proliferation of bulbs from receptacles of virus free garlic plants. *Scientific Reports of the Faculty of Agriculture, Okayama University* 75:9-13.
- MORICONI, D.N.; CONCI, V.C.; NOME, S.F. 1990. Rapid multiplication of garlic (*Allium sativum* L.) in vitro. *Phyton* 51(2):145-151.
- MUÑOZ, J.; VIOTTI, G.; SALVADORES, M. 1999. Disminución en los rendimientos debido a virus en multiplicaciones sucesivas de ajo "rosado paraguayo". In : Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (6, 1999, Mendoza). Mendoza, INTA. EEA La Consulta, p. 161-162.
- NOME, S.F.; ABRIL, A.; RACCA, R. 1981. Obtención de plantas de ajo (*Allium sativum* L.) libres de virus mediante el cultivo de meristemas apicales. *Phyton* 41(1/2):139-151.
- RACCA, R.W. 1989. La microbulbificación sincronizada in vitro en ajos de sanidad controlada. Un paso esencial en la transferencia a tierra. In: Curso /Taller

sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo. (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p. . 61-63. (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).

- REGINA, S. M. 1979. A obtencao economica do alho-semente. Agroquímica CIBA-GEIGY, Sao Paulo. 11:4-13.
- RESENDE, F.V.; SOUZA, R.J.; PASQUAL, M. 1995. Comportamiento em condições de campo de clones de alho obtidos por cultura de meristema. Horticultura Brasileira, Brasilia 13(1):44-46.
- SAS 1988 Institute Inc. SAS/STAT. ANOVA Procedures. User's Guide- Release 6.03 Edition. Cary, NC:SAS Institute INC., 1028 pp.
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA 1983. Normas de tipificación, empaque y fiscalización de las hortalizas. Resol. Nº 297.
- SHISHIDO, Y.; SAITO, T. 1976. Studies on the flower bud formation in onion plants. II. Effects of physiological conditions on the low temperature induction of flower buds on green plants. J.Jpn. Soc. Hortic. Sci. 45(2):160-167.
- SOSA, M.C.; MUÑOZ, J.O.; NAVELINO, P.A. 1995. Incremento de los rendimientos con el uso de ajo de alta calidad sanitaria. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo. (4, 1995, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta. p. M69-M77.
- SOSA, C.; MUÑOZ, J.; NAVELINO, P.; GONZALEZ, H. 1997. Evaluation of re-infection by virus in virus-free garlic "rosado paraguayo" grown in Cordoba; survey of vectors. Acta Horticulturæ 433:601-605.
- STAHLSCHMIDT, O.; BORGÓ, R.; IBAÑEZ, A.; CAVAGNARO, J.B. 1997. Influence of planting date and seed cloves sizes on leaf area and yield of two garlic cultivars (*Allium sativum* L.). Acta Horticulturæ 433:519-525.
- SOTOMAYOR, I. 1975. Efecto de la fertilización nitrogenada y densidad de plantas en la producción de ajos. Agricultura Técnica (Chile) 35(4):175-178.
- XU PEIWEN; SUN HUIHENG; SUN RUIJIE; YANG YUANJUN; ZHANG DECHANG 1997. Rapid propagation of virus-free garlic and a systematic scheme for seed garlic production. Acta Horticulturæ 433:329-325.

CAPÍTULO 4

**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y EL TAMAÑO
DE “DIENTE” PLANTADO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE
BULBILLOS AÉREOS DE AJO TIPO “COLORADO”
(*Allium sativum* L.)**

RESUMEN

El esquema de producción de ajo "semilla" saneado comprende numerosas etapas que encarecen el producto final. En el ajo tipo "colorado" (Grupo IV) que produce naturalmente un escapo floral con bulbillos aéreos y flores, estos bulbillos pueden ser utilizados para aumentar la tasa de multiplicación. La emisión del escapo y formación de bulbillos aéreos se ve afectada por numerosos factores. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes tamaños de "diente semilla" y dosis de fertilizante nitrogenado sobre la emisión de escapo y producción de bulbillos aéreos en una población clonal de ajo "colorado criollo".

Los ensayos se llevaron a cabo durante 1995 y 1996 en Mendoza, Argentina. El primer año se emplearon tres tamaños de "dientes" o bulbillos, chico (2 g), mediano (3,5 g) y grande (5 g) y tres dosis de N (0, 50 y 100 kg N.ha⁻¹ aplicados como SO₄(NH₄)₂). El segundo año se amplió el rango entre los tamaños de "diente" (1,2 g; 3,2 g y 5,2 g).

"Dientes" chicos (1,2 a 2 g) y ausencia de fertilización nitrogenada aumentaron (10 % al 20 %) la emisión de escapos. El número de bulbillos aéreos mayores de 2,4 mm producido por planta florecida no se vio afectado por los factores estudiados. El número por hectárea de los mismos disminuyó al fertilizar con N debido al menor porcentaje de emisión de escapos. La producción de bulbillos aéreos dependió fundamentalmente del peso seco del escapo al momento de cosecha. Al disminuir el tamaño de "diente" y al no fertilizar con nitrógeno el peso seco de las plantas fue menor, pero se incrementó la partición de fotoasimilados hacia los escapos. Por lo tanto, se pueden obtener buenas producciones de bulbillos aéreos partiendo de "dientes" chicos y en ausencia de fertilización nitrogenada.

Palabras clave : *Allium sativum*, ajo, escapos, floración, bulbillos aéreos.

EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION AND SIZE OF "SEED CLOVES" ON AERIAL BULBIL PRODUCTION IN RED TYPE GARLIC (*Allium sativum* L.)

SUMMARY

The production scheme for healthy garlic seed includes numerous stages which increase the cost of the final product. Since red type garlic (group IV) naturally produces a floral scape with aerial bulbils and flowers, these aerial bulbils could be used to increase the speed of multiplication. The presence of the floral scape and the production of aerial bulbils are influenced by many factors. The purpose of this study was to observe the effect of seed clove size and nitrogen fertilization dose on floral

scape emission and aerial bulbils production of a clone population of native red type garlic.

The assays were carried out during 1995 and 1996 in Mendoza, Argentina. The first year three sizes of cloves were used: small (2 g.), medium (3,5 g), and large (5 g), and three doses of nitrogen (0, 50 and 100 kg N. ha⁻¹) as SO₄(NH₄)₂. The second year the range of clove sizes was increased (1,2 g; 3,2 g y 5,2 g).

The number of floral scapes increased (10 % to 20 %) with the use of small cloves (1,2 to 2 g) and in the absence of nitrogen fertilization. The number of aerial bulbils larger than 2,4 mm produced per plant in bloom was not affected by the factors considered. The number of these aerial bulbils per hectare decreased with nitrogen fertilization, due to a reduction in floral scape emission. The production of aerial bulbils was related to the dry weight of the scape at harvest. With the smaller clove, and no fertilization, the dry weight of the plants was smaller, but the proportion of photoassimilated substances that were sent to the scape increased. Therefore, a good production of aerial bulbils can be obtained starting with small cloves and in the absence of nitrogen fertilization.

Key words: *Allium sativum*, garlic, scapes, bloom, aerial bulbils.

1. INTRODUCCIÓN

De los cultivares producidos comercialmente en la Argentina, los de tipo "colorado" pertenecientes al Grupo IV (Burba 1997) (*H type* o *hard neck*) producen naturalmente un escapo floral que emerge del falso tallo y remata en una inflorescencia con bulbillos aéreos y flores que abortan (Botti y Krarup 1978) o sólo bulbillos (Kothari and Shah 1974).

El esquema de producción de ajo "semilla" libre de virus comprende numerosas etapas que encarecen el producto final. En el material previamente saneado el empleo de los bulbillos aéreos como material de propagación permitirían aumentar la tasa de multiplicación en las primeras etapas de producción de ajo "semilla" (Xu *et al.* 1997), favoreciendo una disminución de costos (Regina 1979). Sin embargo, la emisión del escapo y formación de bulbillos aéreos se ve afectada por numerosos factores.

Esta situación justifica trabajos conducentes a lograr maximizar los rendimientos totales en bulbillos aéreos. Entre los diversos factores que deben tenerse en cuenta para lograr estos objetivos, están los relacionados con el manejo del tamaño de "diente" y la fertilización.

El peso del “diente semilla” o bulbillo, incide decisivamente sobre el comportamiento de la planta durante la etapa de crecimiento vegetativo. Posteriormente el mayor área foliar desarrollada por las plantas originadas de “dientes” de mayor peso se correlaciona estrechamente con un mayor tamaño de los bulbos (Stahlschmidt *et al.* 1997). Así, al aumentar el tamaño de los “dientes” aumentan los rendimientos totales por incremento de los bulbos de mayor calibre (Saluzzo 1989; Lipinski *et al.* 1993), pero se desconoce que sucede con la producción de bulbillos aéreos.

Los cultivares de ajo de zonas templadas requieren para su inducción a floración una previa exposición a bajas temperaturas (menores de 10 °C), las que pueden ser suministradas durante el almacenamiento de los bulbos o durante el crecimiento de las plantas. Sin embargo, luego de la inducción por las bajas temperaturas, sólo aquellos bulbillos por arriba de un tamaño mínimo pueden dar origen a un escapo. El tamaño mínimo de bulbillo para formar una inflorescencia depende del fotoperíodo durante el crecimiento y la duración del crecimiento vegetativo antes de la inducción por frío (Takagi 1990).

Takagi (1990) ha observado que "dientes" chicos (1 a 3 g) sólo son capaces de emitir tallo floral cuando después de la inducción por bajas temperaturas durante el almacenamiento, el fotoperíodo se acorta (16 a 12 horas de luz) o aumenta el período de crecimiento vegetativo previo a la inducción por frío. Otros trabajos mencionan que al aumentar el peso de los “dientes” utilizados en la plantación, de menos de 5 g a más de ese valor, aumenta significativamente (15 %) el peso seco del escapo (Lipinski *et al.* 1993). Mientras que, en la cultivar Cariri, cuando las plantas son de tamaño pequeño (15 g) un bajo porcentaje de ellas forma bulbillos aéreos, pero cuando las plantas son de mayor peso (45 g) ese porcentaje puede elevarse al 53,5 %, observándose por lo tanto una correlación positiva, entre peso de la planta y formación de bulbillos aéreos (Lima 1971). Por su parte, Chernykh (1986) sugiere que podrían obtenerse buenas producciones de bulbillos aéreos aún a partir de "dientes" pequeños.

En relación con la fertilización, en trabajos locales tendientes a determinar el ritmo de crecimiento y absorción de nutrimentos en ajo se determinó que el N y el K son los nutrimentos absorbidos en mayor cantidad, mientras que el P se absorbe en forma significativamente menor (Gaviola de Heras *et al.* 1991). Numerosos trabajos citan aumentos en la producción de bulbos debidos a las fertilizaciones nitrogenadas (Menezes Sobrinho *et al.* 1974 a y b ; Sotomayor 1975; Escaff y Aljaro 1982; Buwalda 1986; Lipinski y Filippini 1991).

Con respecto a la influencia de la fertilización nitrogenada en la emisión de escapos, los datos son aparentemente contradictorios. Takagi (1990) menciona que una fertilización con nitrógeno en los meses previos a la iniciación de la inflorescencia promueve la floración e inhibe la bulbificación. Sin embargo, trabajos realizados en Chile

encontraron que la emisión del escapo floral disminuye con el aumento de las dosis de N aplicado. Así, dosis de 0, 96 y 192 kg N.ha⁻¹ resultan en un 67; 52 y 46 % de plantas con escapo floral (Krarup y Trobok 1975). En ensayos locales, al fertilizar con sulfato de amonio en dosis de 150 a 300 kg.ha⁻¹ entre agosto y mediados de octubre se retrasa la emisión de los escapos y disminuye el porcentaje de los mismos (Borgo *et al.* 1995). En cebolla también disminuye el porcentaje de floración a medida que la dosis de nitrógeno se incrementa (Brewster 1983; Bhamburkar *et al.* 1988; Brewster and Butler 1989; Gaushal *et al.* 1991).

La fertilización nitrogenada además afecta el peso seco y contenido de nitrógeno de los escapos. Con el agregado de N, P, K, en dosis de 200, 60, y 80 kg.ha⁻¹ se observó una disminución de la materia seca y concentración de nitrógeno del escapo floral en beneficio de los bulbos, lo que dió lugar a un aumento de los rendimientos totales y del calibre de bulbos (Gaviola de Heras *et al.* 1991 y 1993). La disminución del peso seco de los escapos podría visualizarse a partir del agregado de 80 kg de N.ha⁻¹, aún en suelos bien provistos de N (900 mg de Nt.kg⁻¹) (Lipinski *et al.* 1993).

Si bien existen algunos trabajos sobre el efecto del tamaño de “diente” empleado en la plantación y la fertilización nitrogenada en la emisión de escapos y su tamaño, no se conoce su efecto sobre el número y tamaño de los bulbillos aéreos.

En función de lo expuesto se planteó como objetivo evaluar el efecto de diferentes tamaños de “diente semilla” y dosis de fertilizante nitrogenado sobre la emisión de escapo y producción de bulbillos aéreos en una población clonal de ajo “colorado criollo” (Grupo IV).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se llevaron a cabo durante 1995 y 1996 en la Facultad de Ciencias Agrarias (F.C.A.), Mendoza, (Lat. 32° 59' S, Long. 68° 52' W, 920 m s.n.m.).

Se utilizó una población clonal de ajo “colorado criollo” (AR-I-051). Durante 1995 se trabajó con material libre de OYDV y LYSV a través de cultivo de meristemas (determinado por DAS-ELISA) y multiplicado durante dos ciclos de cultivo bajo jaula antiáfidos, mientras que durante 1996 se empleó el material de los ensayos correspondientes al año 1995, es decir, con un ciclo de multiplicación a campo en una zona no aislada.

En el Cuadro 4.1 se consignan los valores medios de los principales parámetros físicos y químicos de la fracción fina del suelo correspondientes a las parcelas de los

dos ciclos de cultivo. Se trata de un suelo de origen aluvial, profundo y de textura franca limosa (Torrifluente típico).

En el primer año los tratamientos comprendieron tres tamaños de “dientes” o bulbillos, chico ($2 \text{ g} \pm 0,5 \text{ g}$), mediano ($3,5 \text{ g} \pm 0,5 \text{ g}$) y grande ($5 \text{ g} \pm 0,5 \text{ g}$) y tres dosis de N (N0, N50 y N100 correspondientes a 0, 50 y 100 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N) aplicados como $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$, en un diseño en bloques al azar con arreglo factorial con 4 repeticiones.

Cuadro 4.1: Características físicas, químicas y de fertilidad de la fracción fina (menor de 2 mm) del suelo de la F.C.A. en los ensayos de los ciclos 1995- 1996.

	1995	1996
Profundidad, cm	0 - 30	0 - 30
Textura	Fr. limosa	Fr. limosa
Humedad de saturación, g % g	35,4	34
Volumen de sedimentación, cm^3 % g	108	104
Conductividad eléctrica, dS m^{-1} , 25 °C	4,83	4,46
pH – pasta	7,36	7,3
Fósforo, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (P-CO ₂ 1:10)	14,7	11,5
Potasio intercambiable, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	150	218
Nitrógeno, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	970	704
Materia orgánica, %	1,8	1,12
Relación C/N	10,8	9,3
CaCO ₃ , %	3,9	3,8

Se fertilizó en tres oportunidades con sulfato de amonio a fin de lograr 0, 50 ó 100 kg de N incorporado por hectárea, según el tratamiento que correspondiese, en las fechas citadas en el Cuadro 4.2, de acuerdo a lo estipulado por Gaviola de Heras *et al.* (1993). Se eligió $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ como fertilizante nitrogenado porque la aplicación de éste en suelos calcáreos permitiría una favorable acidificación de los mismos y como consecuencia de ello se favorecería una mayor disponibilidad de otros elementos como P y Fe (Lipinski y Filippini de Zuluaga 1989).

En el segundo año de cultivo los tamaños de “dientes” comprendieron: “diente” chico ($1,2 \text{ g} \pm 0,18$), mediano ($3,2 \text{ g} \pm 0,24$) y grande ($5,2 \text{ g} \pm 0,28$), fertilizándose este ensayo con $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N en forma de $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$. El ensayo de fertilización nitrogenada se llevó a cabo con “dientes” de $3,5 \text{ g} \pm 0,36$ y los tratamientos coincidieron con los realizados durante 1995. Estos ensayos se llevaron a cabo según

un diseño de bloques al azar con 6 repeticiones, con una distancia entre bloques de 1,2 m a lo largo del surco.

Algunos detalles de los ensayos realizados en los dos ciclos se presentan en el Cuadro 4.2.

Cuadro 4.2: Síntesis de algunos detalles de manejo de los ensayos.

<i>Ensayo</i>	1995		1996	
	<i>Tamaños</i> * <i>N</i>	<i>Tamaños</i>	<i>Tamaños</i>	<i>N</i>
Fecha de plantación	28/4/95	25/4/96	25/4/96	25/4/96
Fecha de cosecha	20/12/95	16/12/96	16/12/96	16/12/96
Distancia entre hilera	0,50 m	0,50 m	0,50 m	0,50 m
Distancia dentro de la hilera	0,10 m	0,10 m	0,10 m	0,10 m
Parcela	4 sur. * 17 dientes	4 sur.* 27 d.	4 sur.* 27 d.	4 sur.* 27 d.
Parcela útil	30 plantas	50 plantas	50 plantas	50 plantas
Densidad de plantas por m ²	20	20	20	20
Diseño	bloques al azar	bloques al azar	bloques al azar	bloques al azar
Total de tratamientos	9	3	3	3
Número de repeticiones	4	6	6	6
Fertilización	N (0 ;50 ;100)	N (50 kg.ha ⁻¹)	N (50 kg.ha ⁻¹)	N(0;50;100)
Fecha de fertilización	10/7 ;27/7 ;14/8	4/7 ;25/7 ;17/8	4/7 ;25/7 ;17/8	4/7 ;25/7 ;17/8

El material para la plantación se “desgranó” y los “dientes” se tamañaron por pesada. El estado de dormición de los mismos al momento de plantación se evaluó mediante el Índice Visual de Superación de la Dormición. El material empleado el primer año presentaba un IVD: 100 %, y en el segundo ciclo, en el ensayo de tamaños, los “dientes” chicos presentaban un IVD : 74,6 ± 13,6 ; medianos IVD : 79,1 ± 11,8 ; grandes IVD : 78,8 ± 13,2 y los “dientes” pertenecientes al ensayo de fertilización un IVD : 80,8 ± 11,4.

El material antes de la plantación fue tratado por el método de *slurry* con una mezcla de fungicidas y nematicida, captan 83 % PM, benomil 50 % PM e iprodione 50 % PM a razón de 2 g de cada producto por kg de “diente” y fenamifos 40 % CE a 1,2 mL.kg⁻¹. A la semana siguiente de plantación se aplicó un herbicida preemergente (linurón PM 50 %) a razón de 1,6 kg.ha⁻¹ y en setiembre pendimetalin 33E a 3,1 L.ha⁻¹

En ambos ciclos se determinó el número de plantas emergidas por parcela dos veces por semana desde plantación y a partir de octubre el número de plantas

florecidas. Se consideró que una planta estaba florecida cuando había emergido 1 cm del escapo y toda la espata, por arriba del falso tallo. Se dió por terminada la evaluación cuando todas las parcelas presentaban por lo menos tres observaciones con el mismo valor.

La cosecha se realizó cuando las plantas presentaban su follaje completamente seco, de acuerdo a lo estipulado por Burba (1989) para ajo “semilla”. Luego se cubrieron los escapos de las plantas de cada parcela con una bolsa de papel madera ajustada por debajo de las espatas, de manera de evitar la caída de los bulbillos aéreos durante el “curado”.

El “curado” se realizó durante 45 días a la sombra, en un ambiente donde la temperatura osciló entre 20 y 25 °C y la humedad relativa entre 40 y 60 %.

En el momento de cosecha se determinó el peso seco de los distintos órganos de la planta (bulbo, falso tallo, láminas, vara, bulbillos aéreos y espata). Luego del “curado”, manteniendo el escapo unido a la planta madre, se evaluó el rendimiento en bulbos y bulbillos aéreos. La distribución por calibres de los bulbos se realizó teniendo en cuenta las normas de tipificación nacionales (Secretaría de Agricultura y Ganadería 1983) que establecen cada calibre de acuerdo al grado de variación del diámetro transversal del bulbo (Cuadro 4.3).

Cuadro 4.3: Calibres para bulbos comerciales.

Calibre	Diámetro transversal (mm)
3	26 - 35 (chico)
4	36 - 45 (chico)
5	46 - 55 (mediano)
6	56 - 65 (mediano)
7	66 - 75 (grande)
8	76 - 85 (grande)
9	86 - 95 (grande)

Los bulbillos aéreos se separaron del escapo y se evaluó el rendimiento (peso y número) y su distribución por calibres. Se clasificaron en función de su diámetro ecuatorial, por medio de zarandas estandarizadas de orificio ovalado (Cuadro 4.4).

Durante 1996 además se realizaron 3 muestreos durante el ciclo de cultivo a los 111; 152 y 188 días después de plantación, correspondiendo a los períodos de crecimiento vegetativo, diferenciación de “dientes” y de escapo, y emisión de escapo respectivamente. En cada muestreo se extrajeron 3 plantas por parcela. En ellas se

contó el número de hojas, se midió el diámetro de cuello y bulbo, longitud del falso tallo y el área foliar. Además, se determinó el peso seco de las láminas, falso tallo, bulbos y escapo.

El área foliar se determinó con un medidor LICOR Mod. 3000 A. El peso seco de las distintas partes de las plantas se logró colocándolas en estufa a 65 °C hasta peso constante.

Cuadro 4.4: Calibres para bulbillos aéreos de ajo.

Calibre	Diámetro ecuatorial (mm)	Diámetro ecuatorial medio (mm)	Peso de 1000 bulbillos (g)
1	> 0,8 < 1,6	1,2 mm	6,9
2	> 1,6 < 2,4	2,0 mm	16,3
3	> 2,4 < 3,2	2,8 mm	31,5
4	> 3,2 < 4,0	3,6 mm	52,6
5	> 4,0 < 4,8	4,4 mm	87,2
6	> 4,8 < 5,6	5,2 mm	136,6

Se realizó el análisis de la varianza de los datos y posteriormente la comparación múltiple de medias según el test de Tukey para un nivel de significancia de 0,05, empleando el paquete estadístico SAS (1988).

3. RESULTADOS y DISCUSIÓN

3.1. Año 1995 :

El análisis estadístico de los datos no dio diferencias significativas para la interacción dosis de nitrógeno por tamaño de “diente” utilizado en la plantación, en ninguno de los parámetros evaluados, en forma semejante a lo observado por Lipinski *et al.* (1993).

Las plantas originadas de los “dientes” medianos y chicos emergieron primero que las plantas de los “dientes” grandes (Figura 4.1). Las parcelas con “dientes” grandes alcanzaron el 50 % de emergencia 5 a 7 días más tarde que las parcelas de “dientes” de menor peso (Cuadro 4.5), a pesar de tener todas igual IVD. Sin embargo, a los 75 días de cultivo, las plantas originadas a partir de los “dientes” grandes igualaron a las plantas de los “dientes” medianos, observándose la menor emergencia final en las parcelas con “dientes” chicos.

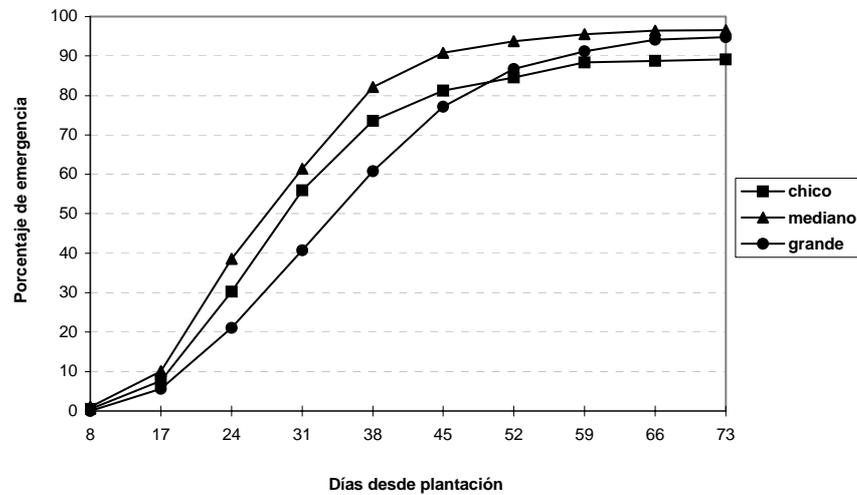


Figura 4.1: Evolución de la emergencia a campo de las plantas provenientes de los tres tamaños de "dientes", 1995.

Cuadro 4.5: Efecto del tamaño de "diente" sobre el número de días hasta 50 % emergencia y porcentaje de emergencia final, 1995 .

Tratamientos	Días hasta 50 % de emergencia	Porcentaje de emergencia final
Diente chico	30 b	89,0 b
Diente mediano	28 b	96,5 a
Diente grande	35 a	95,0 ab

Medias con letras distintas difieren significativamente ($p < 0,05$) Tukey.

La fertilización con nitrógeno (Figura 4.2A) retrasó la emisión de los escapos florales y disminuyó el porcentaje final de floración. Las plantas no fertilizadas alcanzaron el 50 % de floración a los 205 días desde plantación, mientras que las fertilizadas no lograron ese porcentaje aún al momento de cosecha (236 días). N0 presentó mayor emisión de escapos que N100 desde el comienzo de la floración y a los 20 días de iniciada la misma, el tratamiento N0 también se diferenció de N50.

Al comenzar la floración las plantas provenientes de "dientes" chicos y medianos presentaron mayor emisión de escapos que las plantas de "dientes" grandes. Las plantas provenientes de "dientes" chicos alcanzaron el 50 % de emisión de escapos a los 206 días desde plantación, no presentando diferencias significativas con las plantas originadas de "dientes" medianos (42 %). A los 220 días de cultivo el porcentaje de emisión de escapos de las plantas de "dientes" chicos superó al de las plantas de los otros dos tamaños de "dientes" en un 10 % a 15 % (Figura 4.2B). Es decir que al

aumentar la dosis de fertilizante nitrogenado y el tamaño de “diente” se retrasó la emisión de escapos y disminuyó el porcentaje final de floración.

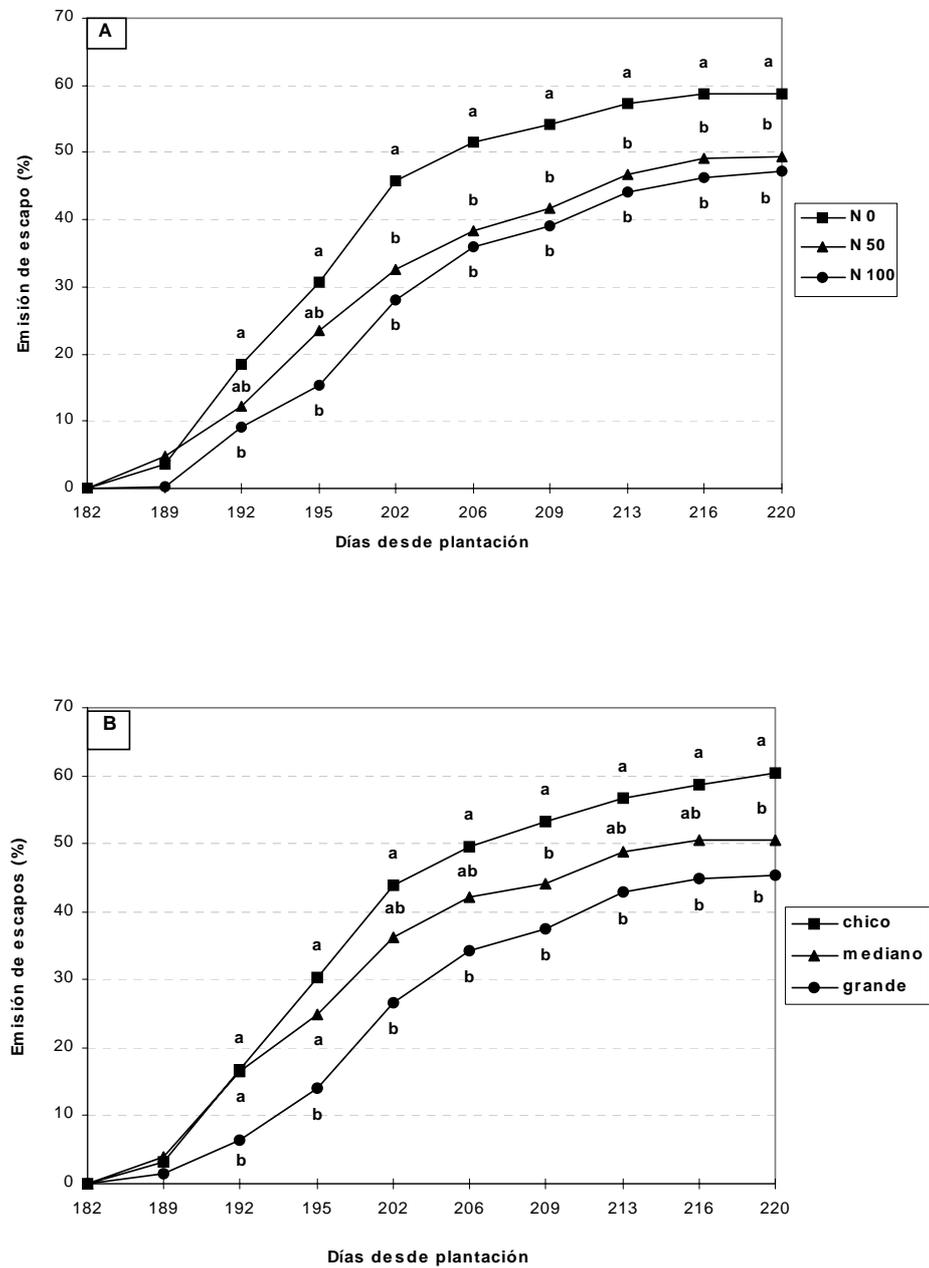


Figura 4.2: Evolución de la emisión de escapos en ajo “colorado criollo” (A) con diferentes dosis de fertilizante nitrogenado y (B) según el tamaño de “diente”, 1995. Letras distintas, indican diferencias significativas ($p < 0,05$) Tukey.

El efecto de la fertilización nitrogenada sobre la emisión de escapos, observado por otros autores, es aparentemente contradictorio. En cebolla, al incrementarse la dosis de fertilizante nitrogenado agregado al cultivo, se produce una disminución del porcentaje de

bolting (emisión de escapos floríferos) (Brewster 1983; Bhamburkar *et al.* 1988; Brewster and Butler 1989; Gaushal *et al.* 1991). Mientras que en ajo el porcentaje de plantas con escapo floral disminuye (Krarup y Trobok 1975; Borgo *et al.* 1995), aumenta (Takagi 1990), o no se modifica (Seno *et al.* 1994) al aumentar las dosis de fertilizante nitrogenado.

Takagi (1990) y Seno *et al.* (1994) realizaron sus ensayos con las cultivares Yamagata y Roxo Pêrola de Caçador, respectivamente. Dichas cultivares corresponden a grupos equivalentes al Grupo IV argentino (Burba 1997), al cual pertenece el material empleado en este ensayo. Sin embargo, estos autores emplearon “dientes” con una previa inducción por frío, dos meses a 4 ó 5 °C, condición necesaria para la inducción a floración (Nakamura 1985; Takagi 1990; Pooler and Simon 1993), lo que explicaría la respuesta de floración obtenida por ellos.

Aparentemente en ajo sucedería lo mismo que en cebolla, la ausencia o menor dosis de fertilizante nitrogenado favorece la emisión de escapos durante el período de inducción a floración y no una vez que el material fue inducido (Brewster 1983; Brewster and Butler 1989). Los resultados obtenidos en plantas expuestas a un régimen bajo en N, fueron atribuido a la relación C/N (Shishido and Saito 1976). Un bajo contenido de N ha sido correlacionado con un incremento de hidratos de carbono no estructurales necesarios para aumentar la iniciación de la inflorescencia (Shishido and Saito 1976; Brewster 1985).

El número de hojas y el peso seco de las distintas partes de las plantas al momento de cosecha, no se vio afectado significativamente por la fertilización empleada durante el cultivo, quizás debido al nivel inicial alto de nitrógeno en el suelo (Cuadro 4.1). Sin embargo, el número de hojas y el peso seco de la planta entera, bulbo, falso tallo, y lámina, aumentaron al incrementarse el peso de los “dientes” empleados en la plantación (Cuadro 4.6). Lipinski *et al.* (1993) en ensayos de fertilización en ajo, mencionan que el peso seco del escapo disminuye al fertilizar con nitrógeno y aumenta al incrementarse el tamaño del “diente”. Dichos resultados coinciden con los obtenidos en este trabajo, a pesar que las diferencias no son significativas. Según los autores, la disminución del peso seco de los escapos podría visualizarse a partir del agregado de 80 kg N.ha⁻¹ aún en suelos bien provistos de N (900 mg de N.kg⁻¹).

Cuadro 4.6: Efecto del tamaño de “diente” y de la fertilización nitrogenada, sobre el número de hojas y peso seco (g) de los distintos órganos de la planta al momento de cosecha, 1995.

Tratamientos	Nº de hojas	Peso Seco (g)				
		Bulbo	Lámina	Falso Tallo	Escapo	Planta
N 0	10 a	24,94 a	6,55 a	5,24 a	7,10 a	43,83 a
N 50	10 a	26,47 a	6,83 a	5,46 a	7,06 a	45,82 a
N 100	10 a	27,43 a	7,16 a	5,39 a	6,86 a	46,84 a
<i>D. chico</i>	9 b	22,44 b	5,50 b	4,08 b	6,18 a	38,20 c
<i>D. mediano</i>	10 ab	25,44 b	6,50 b	4,87 b	7,61 a	44,42 b
<i>D. grande</i>	11 a	30,96 a	8,54 a	7,13 a	7,23 a	53,87 a

Medias con letras distintas entre tratamientos (N y tamaños, independientemente) indican diferencias significativas ($p < 0,05$) Tukey.

Los tratamientos de fertilización nitrogenada ensayados no afectaron significativamente la partición de materia seca, (Cuadro 4.7), pero la presencia de N tendió a favorecer la partición hacia los bulbos en detrimento de los escapos. Estos datos corroboran lo observado por Gaviola de Heras *et al.* (1991). Cuando a un suelo con un contenido inicial de N de 600 mg. kg⁻¹, lo fertilizaron con 13 Mg. ha⁻¹ de estiércol de gallina y con N, P, K, en dosis de 200, 60 y 80 kg. ha⁻¹, el porcentaje de materia seca destinado al escapo floral disminuyó a la mitad (30 % a 15 %) aumentando la materia seca de los bulbos. En un trabajo posterior los mismos autores (Gaviola de Heras *et al.* 1993), comprobaron que la fertilización nitrogenada no sólo actúa disminuyendo la materia seca de los escapos florales con respecto al testigo, si no también disminuyendo al momento de cosecha, la concentración de N dentro de ellos y aumentando la misma en el bulbo.

Lipinski *et al.* (1993), observaron el incremento del peso de la vara floral al aumentar el tamaño del “diente” semilla, pero no mencionan que proporción del peso seco total de la planta representaba. En el presente trabajo al aumentar el tamaño del “diente” de 2 y 3,5 g a 5 g, la partición de materia seca hacia el escapo disminuyó significativamente (Cuadro 4.7), por lo cual, a pesar del mayor peso seco de estas plantas el peso seco del escapo no se vio afectado (Cuadro 4.6).

En las plantas originadas de “dientes” grandes la menor partición de materia seca a los escapos fue el resultado de un 15 % menos de partición hacia las varas y 70 % menos a los bulbillos aéreos. Es decir que, las plantas originadas de “dientes” grandes y fertilizadas con nitrógeno destinan un menor porcentaje de materia seca al escapo que las plantas de “dientes” de menor tamaño y sin fertilizar (Cuadro 4.7).

Cuadro 4.7: Partición de materia seca (%), entre los distintos órganos de la planta al momento de cosecha, 1995.

Tratamientos	Porcentaje del peso total de la planta (%)
--------------	--

	Bulbo	Lámina	Falso Tallo	Escapo	Partes del escapo	
N 0	56,9 a	14,9 a	12,0 a	16,2 a	vara	14,4 a
					espata	0,3 a
					bulbillos	1,5 a
N 50	57,8 a	14,9 a	11,9 a	15,4 a	vara	13,8 a
					espata	0,3 a
					bulbillos	1,3 a
N 100	58,6 a	15,3 a	11,5 a	14,6 a	vara	13,4 a
					espata	0,3 a
					bulbillos	0,9 a
<i>D. chico</i>	58,7 a	14,4 b	10,7 b	16,2 a	vara	14,3 a
					espata	0,3 a
					bulbillos	1,6 a
<i>D. mediano</i>	57,3 a	14,7 ab	11,0 b	17,1 a	vara	15,0 a
					espata	0,3 a
					bulbillos	1,8 a
<i>D. grande</i>	57,5 a	15,9 a	13,2 a	13,4 b	vara	12,6 b
					espata	0,3 a
					bulbillos	0,5 b

Medias con letras distintas entre tratamientos (N y tamaños, independientemente) difieren significativamente ($p < 0,05$) Tukey.

Al implantar el cultivo con “dientes” grandes aumentó el peso seco de las láminas (Cuadro 4.6) correlacionándose positivamente y en forma altamente significativa, como lo habían establecido Buwalda (1986) y Stalhschmidt *et al.* (1997), con un mayor peso seco del bulbo a cosecha ($r = 0,85^{**}$). Sin embargo, la correlación con el peso de los bulbillos aéreos en esa misma fecha (diciembre) fue negativa ($r = -0,46^{**}$). El peso seco de los bulbillos aéreos fue afectado por el peso seco del escapo y mostró una correlación altamente positiva ($r = 0,34^{**}$), para un ($n = 36$) (Cuadro 4.7).

El número y peso de los bulbillos aéreos por planta florecida, totales y mayores de 2,4 mm, fue similar para todos los tratamientos ensayados (Figura 4.3. y Cuadro 4.8). La producción final de bulbillos aéreos por planta, a diferencia de la producción de bulbos, no se correlacionó con el peso seco de las láminas. La producción de bulbillos aéreos (al finalizar el “curado”) expresada en peso o en número (total o mayor de 2,4 mm) sólo se correlacionó con el peso seco del escapo a cosecha. Los valores de r oscilaron entre $0,50^{**}$ y $0,53^{**}$. Esto explica porqué el número y peso de bulbillos aéreos por planta no disminuyó al emplear “dientes” de menor peso. La mayor

partición hacia los escapos compensó el menor peso seco de las plantas dando lugar a igual peso seco de los escapos y por lo tanto a igual producción de bulbillos aéreos. Es decir que todos aquellos tratamientos que favorezcan un mayor peso seco del escapo proporcionarían mayor cantidad de bulbillos aéreos.

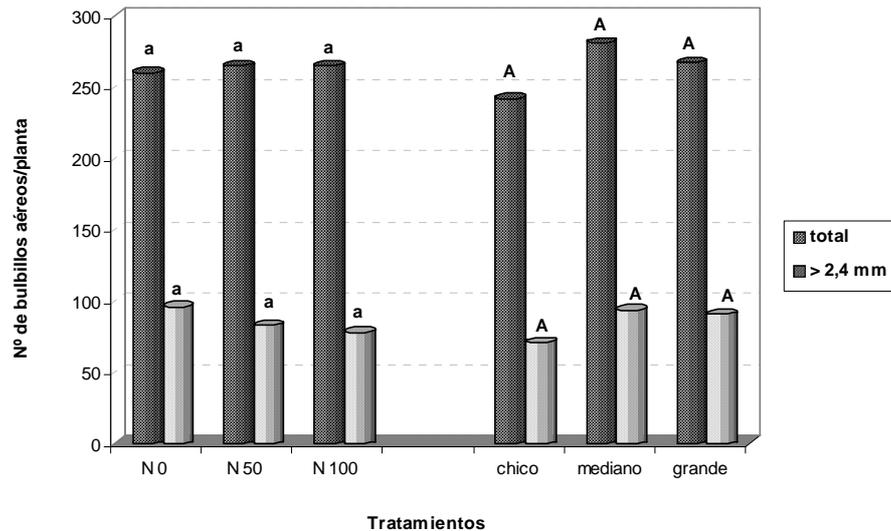


Figura 4.3: Número de bulbillos aéreos total y mayor de 2,4 mm por planta, 1995. Medias con letras distintas entre tratamientos (N y tamaños, independientemente) indican diferencias significativamente ($p < 0,05$) Tukey.

El número total de bulbillos producidos por hectárea, calculado de acuerdo al número final de plantas a cosecha y al porcentaje de floración alcanzado por cada tratamiento, fue similar para todos los tratamientos ensayados (Cuadro 4.8). El número de bulbillos aéreos $> 2,4$ mm de diámetro producidos por hectárea, aumentó significativamente al no fertilizar con nitrógeno y no se vio afectado por el tamaño de “diente” empleado en la plantación. El efecto observado del tamaño de “diente” sobre la producción de bulbillos aéreos, coincidiría con lo citado por Chernykh (1986) quien menciona que podrían obtenerse buenas producciones de bulbillos aéreos aún a partir de “dientes” pequeños (1,5 a 3 g).

Dada la similitud en el número de bulbillos aéreos por planta florecida, al florecer más las plantas provenientes de “dientes” chicos que las plantas de “dientes” medianos y grandes, podría aumentarse aún más la cantidad de bulbillos aéreos por hectárea si se lograra mejorar la emergencia de dichos “dientes” a campo.

La producción total de bulbos ($t \cdot ha^{-1}$) no fue afectada por la fertilización nitrogenada en las dosis empleadas, pero si fue significativamente mayor cuando se emplearon

“dientes” medianos y grandes en lugar de “dientes” chicos (Figura 4.4). Es decir que el tamaño de “diente” empleado en la plantación afectaría más la producción de bulbos que de bulbillos aéreos, porque en la producción de bulbillos el menor tamaño de las plantas originadas de “dientes” chicos, se ve compensado por una mayor emisión de escapos y una mayor partición de materia seca hacia ellos.

Cuadro 4.8: Efecto de la fertilización nitrogenada y del tamaño de “diente” sobre el peso de bulbillos aéreos producidos por planta y número de bulbillos aéreos por hectárea. 1995

Tratamientos	Peso total de bulbillos aéreos por planta (g)	Peso medio de bulbillos aéreos (g)	Nº de bulbillos aéreos (millones por ha)	
			Totales	>2,4 mm
N 0	4,15 a	0,0159 a	29,04 a	10,71 a
N 50	4,07 a	0,0154 a	23,26 a	7,32 b
N 100	3,64 a	0,0136 b	24,18 a	7,06 b
<i>D. chico</i>	3,49 a	0,0144 b	26,41 a	7,90 a
<i>D. mediano</i>	4,25 a	0,015 ab	27,07 a	9,24 a
<i>D. grande</i>	4,12 a	0,0155 a	22,98 a	7,96 a

Medias con letras distintas entre tratamientos (N y tamaños, independientemente) indican diferencias significativas ($p < 0,05$) Tukey.

Del total de bulbos normales, los bulbos de calibre 6 y 7 (C6 y C7) aumentaron tanto con el tamaño de “diente” (chico: 50 % (a), mediano: 64 % (a) y grande: 78 % (b)), como con la fertilización nitrogenada (N0:41 % (a), N50: 48 % (ab) y N100: 50 % (b)). Al aumentar el tamaño de “diente” también se incrementó el calibre de los bulbillos aéreos, lo que se visualiza a través del peso medio de los mismos (Cuadro 4.8). Gaviola de Heras *et al.* (1991); Lipinski y Filippini (1991) y Lipinski *et al.* (1993) observaron el mismo comportamiento en los rendimientos y distribución de calibres de los bulbos al aumentar la dosis de nitrógeno de 0 a 200 kg.ha⁻¹, pero no estudian el efecto sobre la producción de bulbillos aéreos.

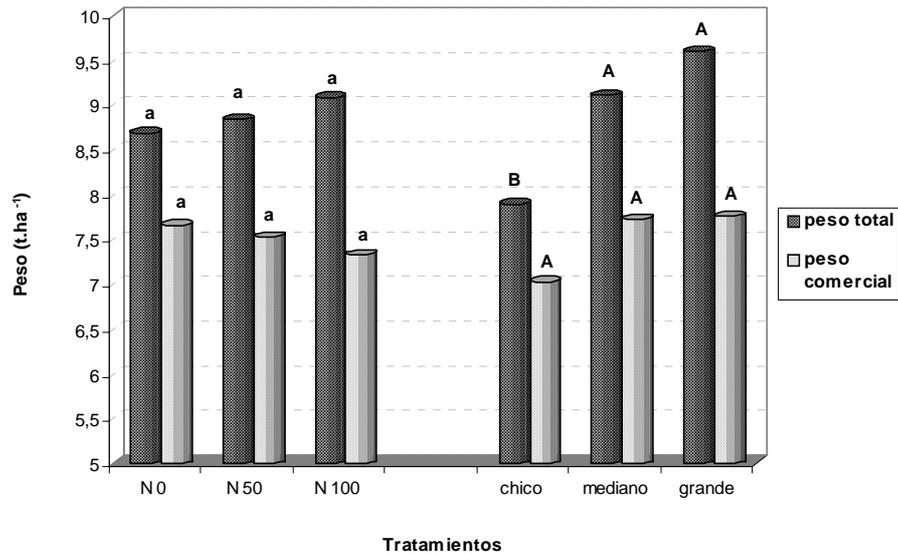


Figura 4.4: Efecto del tamaño de “diente” y la fertilización nitrogenada sobre la producción de bulbos, 1995. Medias con letras distintas entre tratamientos (N y tamaños, independientemente) difieren significativamente ($p < 0,05$) Tukey.

3.2. Año 1996:

Dado que en el ciclo 1995 la interacción tamaño*nitrógeno no resultó significativa, durante 1996 los dos factores antes mencionados se estudiaron en dos ensayos separados y se ampliaron los intervalos de tamaño de los “dientes”.

Durante este segundo ciclo de cultivo, nuevamente emergieron primero las plantas originadas de los “dientes” de menor peso, la precocidad de emergencia disminuyó al aumentar el tamaño de “diente” (Figura 4.5).

Las parcelas con “dientes” chicos alcanzaron el 50 % de emergencia 5 días antes que las plantadas con “dientes” de mayor peso. El porcentaje de emergencia final fue semejante al año anterior, los “dientes” medianos dieron el mayor estand de plantas (97 %) y los “dientes” chicos el menor (93 %) (Cuadro 4.9).

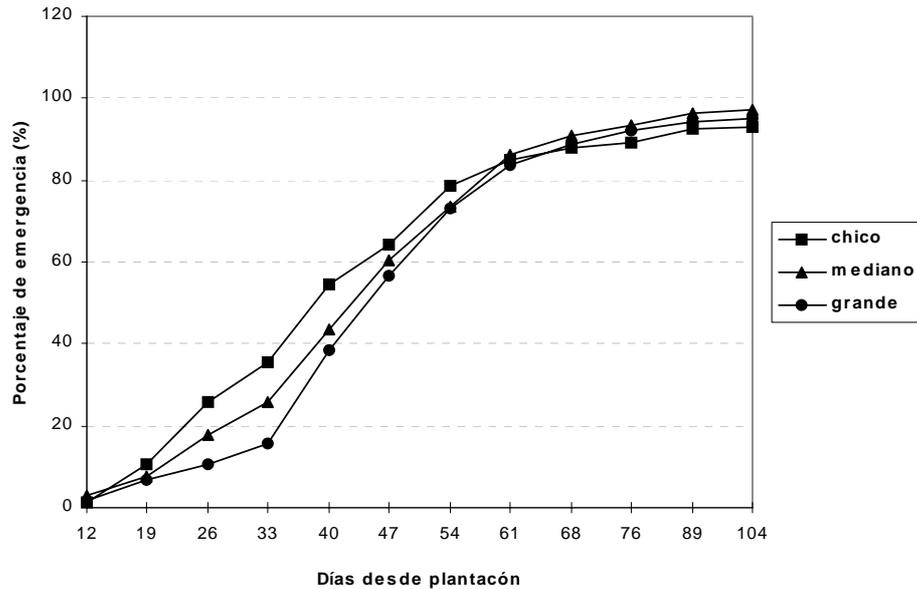


Figura 4.5: Evolución de la emergencia a campo de las plantas provenientes de los tres tamaños de “dientes”, 1996.

Cuadro 4.9: Efecto del tamaño de “diente” sobre el número de días hasta 50 % de emergencia y porcentaje de emergencia final, 1996.

Tratamientos	Días hasta 50 % de emergencia	Porcentaje de emergencia final
Diente chico	39 a	93 b
Diente mediano	43 a	97,3 a
Diente grande	45 a	95 ab

Letras distintas para cada variable, indican diferencias significativas ($p < 0,05$) Tukey.

Durante este ciclo de cultivo la emisión de escapos se produjo una semana más tarde que en 1995. Ninguno de los tratamientos ensayados afectó la evolución de la emisión de escapos, alcanzando el 50 % de floración en la misma fecha. Sin embargo, presentaron distinto porcentaje final de plantas con escapo (Figura 4.6). El empleo de “dientes” chicos aumentó un 20 % el porcentaje final de emisión de escapo con respecto a los otros dos tamaños de “dientes”. Además la ausencia de fertilizante nitrogenado permitió incrementar un 10 % la floración con respecto a los tratamientos fertilizados.

La emisión de escapos en este ciclo de cultivo fue más concentrada, alcanzando el 60 % de emisión de escapos en sólo una semana, mientras que durante 1995 este porcentaje se logró después de 38 días desde que comenzara la floración. Además, el porcentaje final de floración fue un 20 a 30 % superior al alcanzado por cada tratamiento el año anterior.

Según Takagi (1990), para la inducción de la floración en ajo son necesarias temperaturas inferiores a 10 °C y favorecen el crecimiento de la inflorescencia temperaturas menores a 13 °C. En función a lo anteriormente mencionado, la concentración de la emisión de escapos y el mayor porcentaje final de floración observado en 1996 con respecto a 1995 podrían deberse a las menores temperaturas registradas durante 1996. Durante el ciclo de cultivo 1995 se produjeron 1876 horas de temperaturas menores a 10 °C y en 1996 se registraron 2012 horas.

La recontaminación del material también puede haber sido la causa del aumento en el porcentaje final de emisión de escapos. Durante 1995 se trabajó con material saneado proveniente de jaula antiáfidos, mientras que durante 1996 se empleó el material de los ensayos correspondientes al año 1995, es decir, con un ciclo de multiplicación a campo en una zona no aislada. Ensayos en la misma parcela experimental con material crónicamente enfermo, y con material saneado con uno y dos años de cultivo fuera de jaula antiáfidos, confirman que a medida que el material se va contaminando aumenta el porcentaje de emisión de escapos.

Sin embargo, igual que el año anterior se observaron diferencias significativas en el porcentaje final de floración entre los “dientes” chicos y los otros dos tamaños y entre los materiales no fertilizados y los fertilizados. La fertilización nitrogenada y el aumento del tamaño de “diente” disminuyeron el porcentaje final de floración.

El peso seco total de las plantas provenientes de “dientes” de distinto tamaño presentó diferencias significativas en todos los muestreos (Figura 4.7A), mientras que la fertilización nitrogenada sólo lo afectó en el tercer muestreo (octubre) (Figura 4.7B).

A pesar del menor contenido inicial de nitrógeno en el suelo durante este ciclo de cultivo, nuevamente se observó que el tamaño de “diente” empleado en la plantación tiene mayor efecto sobre el peso seco total de las plantas, que la dosis de fertilizante nitrogenado adicionada.

Las diferentes dosis de nitrógeno afectaron principalmente el peso seco del bulbo. Si bien el peso seco de la planta en su totalidad y el de cada una de sus partes tendió a aumentar al incrementarse la concentración de nitrógeno en el suelo, este incremento no fue significativo (Cuadro 4.10). Las plantas provenientes de “dientes” chicos presentaron un peso seco al momento de cosecha significativamente menor que las plantas de “dientes” grandes. Igual comportamiento se observó con respecto al

peso seco del bulbo y escapo. Mientras que para falso tallo y láminas ya se observan diferencias con las plantas de “dientes” medianos.

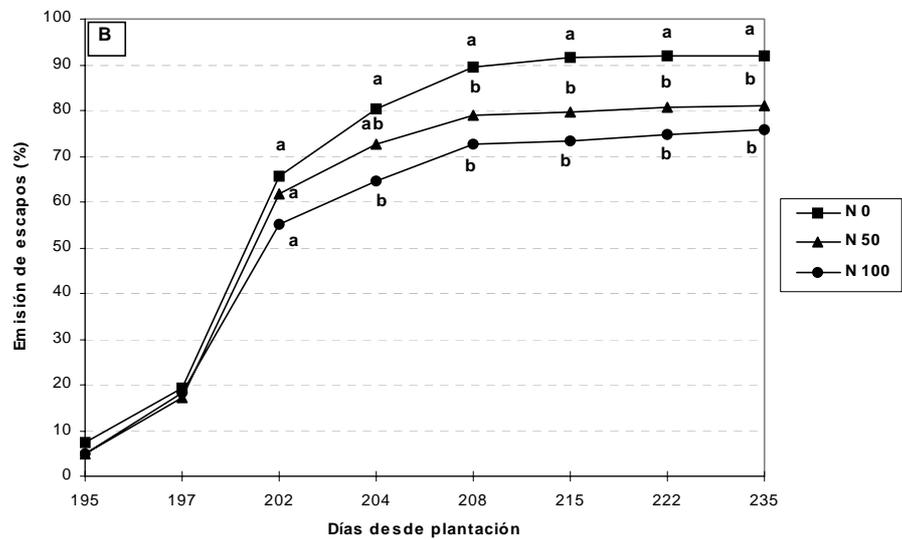
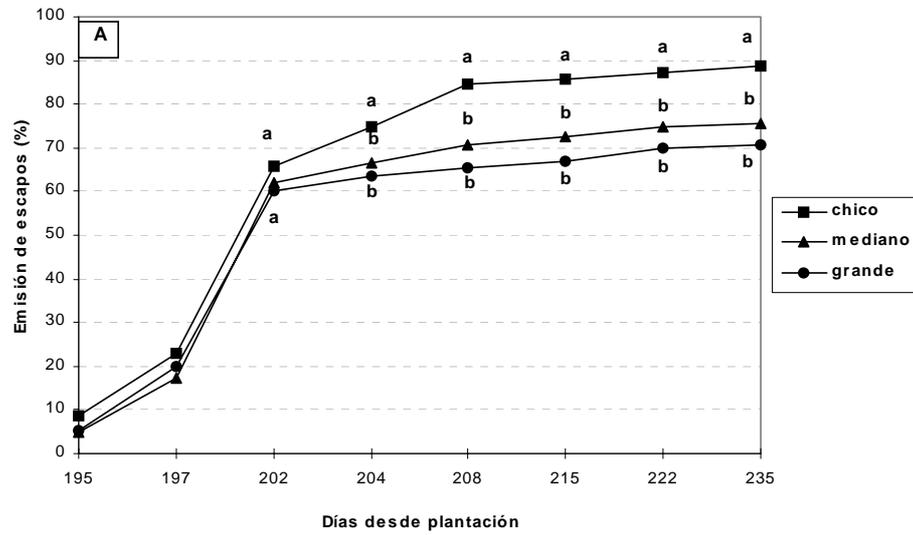


Figura 4.6: Evolución de la emisión de escapo según el tamaño de “diente” empleado en la plantación (A) y la fertilización nitrogenada (B), 1996. Letras distintas, indican diferencias significativas (p<0,05) Tukey.

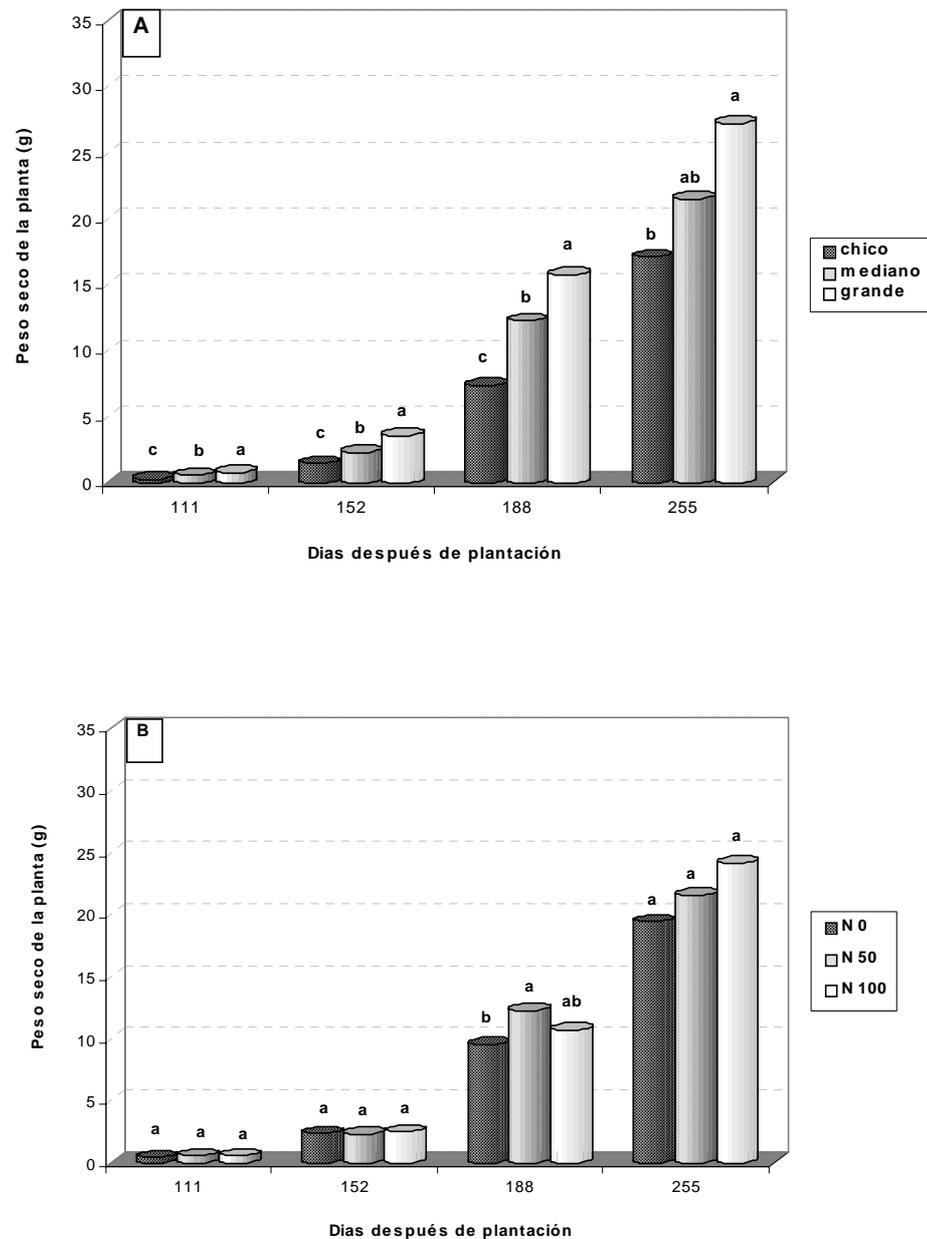


Figura 4.7: Evolución del peso seco total de las plantas durante el ciclo de cultivo (A) según el tamaño de “diente” y (B) la fertilización nitrogenada, 1996. Letras distintas para la misma fecha de muestreo indican diferencia significativas ($p < 0,05$) Tukey.

Durante 1996, las plantas alcanzaron la mitad del peso seco total a cosecha que durante 1995, el que se vio reflejado en una menor producción de bulbos. Esto podría deberse al menor contenido de nitrógeno inicial del suelo o a que, a pesar de haberse plantado en la misma fecha que en 1995, el 80 % de plantas emergidas se alcanzó 15

días más tarde. También podría deberse a que el material empleado para la plantación del año 1996 provenía de un ciclo de cultivo a campo en una zona no aislada.

Cuadro 4.10: Efecto de tamaño de “diente” y de la fertilización nitrogenada, sobre el número de hojas y peso seco (g) de las distintos órganos de la planta al momento de cosecha, 1996.

Tratamientos	Nº de hojas	Peso Seco (g)				
		Bulbo	Lámina	Falso Tallo	Escapo	Planta
N 0	10 a	10,01 b	2,66 a	1,48 a	5,32 a	19,47 a
N 50	10 a	11,70 ab	2,94 a	1,55 a	5,23 a	21,42 a
N 100	10 a	13,33 a	3,18 a	1,73 a	5,89 a	24,13 a
<i>D. chico</i>	8 b	9,60 b	2,07 c	1,11 b	4,31 b	17,10 b
<i>D. mediano</i>	10 a	11,71 ab	2,94 b	1,66 a	5,23 ab	21,54 ab
<i>D. grande</i>	10 a	14,74 a	3,82 a	2,02 a	6,66 a	27,24 a

Medias con letras distintas entre tratamientos (N y tamaños, independientemente) difieren significativamente ($p < 0,05$) Tukey.

Las plantas originadas de “dientes” chicos y no fertilizadas presentaron una tendencia a particionar más materia seca hacia escapo (Cuadro 4.11), coincidiendo con lo observado el año 1995. Con lo cual nuevamente los tratamientos que dieron origen a plantas de menor peso seco (“dientes” chicos y ausencia de fertilización) priorizaron a los escapos como destinos.

En los dos ensayos el peso seco de los bulbos a cosecha se correlacionó positivamente con el peso seco de la lámina a cosecha ($r=0,76^{**}$), mientras que el peso seco de los bulbillos aéreos a cosecha sólo se correlacionó con el peso del escapo en esa misma fecha ($r=0,67^{**}$) no haciéndolo con el peso seco de las otras partes de la planta o de la lámina foliar en muestreos anteriores.

El empleo de “dientes” medianos y grandes así como la fertilización nitrogenada aumentaron significativamente la producción total y comercial de bulbos por hectárea (Figura 4.8). A pesar que los calibres obtenidos durante este ciclo de cultivo fueron menores, se pudo observar que los calibres C4 y C5 aumentaron al incrementarse el peso del “diente” empleado en la plantación (chico: 65 % (b), mediano: 81 % (ab) y grande: 92 % (a)) y fertilizar con nitrógeno (N0: 42 % (b) , N50: 81 % (a) y N100: 86 % (a)).

Cuadro 4.11: Partición de materia seca (%), entre los distintos órganos de la planta a cosecha, 1996.

Tratamientos	Porcentaje del peso total de la planta (%)					Partes del escapo	
	Bulbo	Lámina	Falso Tallo	Escapo	vara	espata	bulbillos
N 0	51,4 a	13,7 a	7,6 a	27,3 a	26,1 a	0,5 a	0,7 a
N 50	54,6 a	13,7 a	7,3 a	24,4 a	23,2 a	0,5 a	0,7 a
N 100	55,2 a	13,2 a	7,2 a	24,4 a	23,2 a	0,5 a	0,7 a
<i>D. chico</i>	56,2 a	12,1 a	6,5 a	25,2 a	23,8 a	0,5 a	0,9 a
<i>D. mediano</i>	54,3 a	13,6 a	7,8 a	24,3 a	23,2 a	0,5 a	0,6 a
<i>D. grande</i>	54,1a	14,0 a	7,4 a	24,4 a	23,2 a	0,5 a	0,7 a

Medias con letras distintas entre tratamientos (N y tamaños, independientemente) difieren significativamente ($p < 0,05$) Tukey.

Nuevamente la fertilización nitrogenada no afectó el número de bulbillos aéreos por planta, total y mayor de 2,4 mm de diámetro (Figura 4.9), a pesar que el contenido inicial de N en 1996 fue inferior a 1995 (Cuadro 4.1). Sin embargo el peso medio de los bulbillos provenientes de plantas sin fertilizar fue significativamente mayor que el de los fertilizados con 100 kg N.ha⁻¹.

Al aumentar el peso del “diente” plantado se incrementó el número total de bulbillos aéreos por planta florecida, obteniéndose diferencias significativas entre la producción de las plantas originadas de “dientes” chicos y grandes (Figura 4.9). Durante el ciclo anterior sólo se observó una tendencia, quizás debido a la menor amplitud de tamaños empleada. El número de bulbillos mayores de 2,4 mm tendió a aumentar al incrementarse el tamaño del “diente” (Figura 4.9), sin embargo el peso medio de los bulbillos no presentó diferencias (Cuadro 4.12).

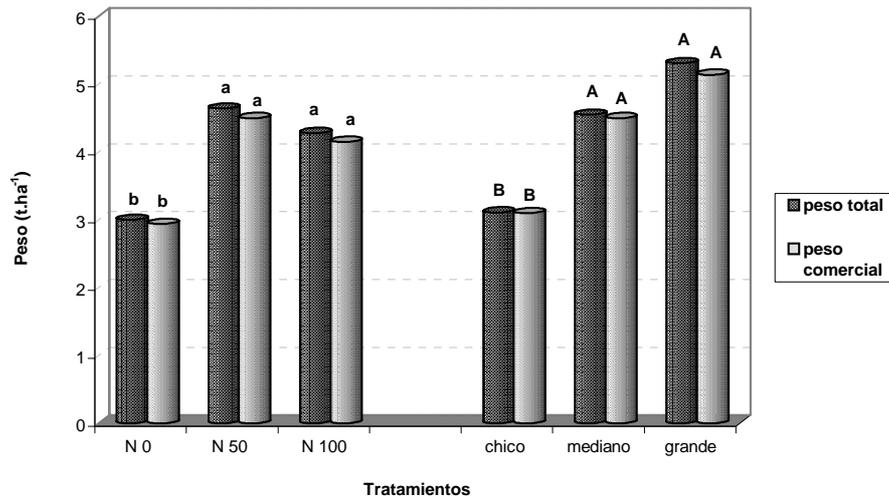


Figura 4.8: Efecto del tamaño de "diente" y la fertilización nitrogenada sobre la producción de bulbos, 1996. Medias con letras distintas entre tratamientos (N y tamaños, independientemente) indican diferencias significativas ($p < 0,05$) Tukey.

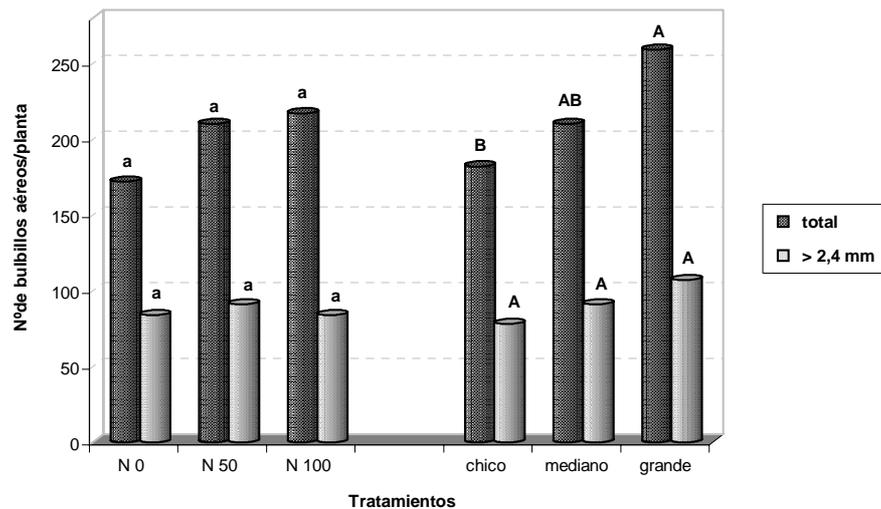


Figura 4.9: Número de bulbillos aéreos totales y mayores de 2,4 mm por planta florecida, 1996. Medias con letras distintas entre tratamientos (N y tamaños, independientemente) difieren significativamente ($p < 0,05$) Tukey.

Durante este nuevo ciclo, el menor contenido inicial de nitrógeno en el suelo y la mayor amplitud de tamaño de "dientes", dieron lugar a un incremento de la producción comercial de bulbos al fertilizar y emplear "dientes" medianos y grandes. Sin embargo estos factores no afectaron la producción de bulbillos aéreos mayores de 2,4 mm. El menor tamaño alcanzado por las plantas de los tratamientos N0 y "diente" chico, afectó más el peso seco de los bulbos que el de los escapos, ya que la mayor participación de fotoasimilados hacia los escapos compensó las diferencias de tamaño de planta.

Los mejores índices de correlación de la producción de bulbillos aéreos en peso y número se lograron nuevamente con el peso seco del escapo ($r= 0,60^{**}$ a $0,65^{**}$), para un ($n= 36$). De acuerdo a estos resultados se confirma lo observado el año anterior, aquellos tratamientos que promueven una mayor partición de fotoasimilados hacia el escapo favorecen una mayor producción de bulbillos aéreos.

El número de bulbillos aéreos por hectárea, calculado según los criterios del año 1995, no fue afectado por ninguno de los factores considerados (Cuadro 4.12).

Cuadro 4.12 : Efecto del tamaño de “diente” y fertilización nitrogenada sobre el número y peso de bulbillos aéreos producidos por planta y número de bulbillos aéreos por hectárea, 1996.

Tratamientos	Peso total de bulbillos aéreos por planta (g)	Peso medio de bulbillos aéreos (g)	Nº de bulbillos aéreos (millones por ha)	
			Totales	>2,4 mm
N 0	4,15 a	0,0243 a	30,75 a	14,96 a
N 50	4,71 a	0,0226 ab	33,82 a	14,54 a
N 100	4,63 a	0,0212 b	32,51 a	12,64 a
D. chico	4,06 b	0,0224 a	30,00 a	13,01 a
D. mediano	4,71 ab	0,0226 a	31,29 a	13,44 a
D. grande	5,74 a	0,0221 a	34,84 a	14,38 a

Medias con letras distintas entre tratamientos (N y tamaños, independientemente) difieren significativamente ($p<0,05$) Tukey.

Si bien el peso seco total de las plantas a cosecha en este segundo ciclo de cultivo, fue un 52 % menor que el registrado en 1995, y el peso seco de las láminas, falso tallo y bulbo disminuyó más del 55 %, el peso seco de los escapos sólo fue un 22 % menor. Este comportamiento ante condiciones desfavorables para el crecimiento concuerda con lo observado por Lipinski y Gaviola de Heras (1995) quienes mencionan que el peso de los escapos aumenta al no fertilizar con nitrógeno y al elevar el número de plantas por hectárea.

A pesar que las plantas eran más chicas el porcentaje de emisión de escapos se incrementó entre un 25 y 30 % y el número de bulbillos aéreos mayores de 2,4 mm producidos por planta florecida aumentó un 5 %, por lo que la producción por hectárea de estos bulbillos durante 1996 fue finalmente un 65 % superior que el año anterior.

El índice de cosecha, calculado como la relación entre el peso total de los bulbillos aéreos y el peso seco de la planta a cosecha, se duplicó de 1995 (0,088) (de Cuadro 4.6 y 4.8) a 1996 (0,215) (de Cuadro 4.10 y 4.12). Mientras que en los tratamientos ensayados, el índice de cosecha disminuyó al fertilizar con nitrógeno y al aumentar el tamaño del “diente”.

Como la mayor parte del peso seco de las plantas consiste en compuestos carbonados, el aumento de las cosechas está íntimamente ligado a cambios en la fijación fotosintética del CO₂ por unidad de área de suelo y a la posterior partición de esos fotoasimilados entre la secciones cosechadas y no cosechadas del cultivo. Así es como una mejora del índice de cosecha en los planes de mejoramiento ha sido la responsable de los incrementos potenciales de producción de granos de la mayoría de los cereales. También el incremento del tamaño de los destinos por productos químicos puede ser una ruta efectiva para aumentar las producciones (Gifford *et al.* 1984).

En este ensayo a través de la disminución de la fertilización nitrogenada y del tamaño de “diente” empleado en la implantación del cultivo se estaría favoreciendo una mayor partición de fotoasimilados hacia el escapo y posterior llenado de los destinos (bulbillos aéreos).

Se podría aumentar la tasa de multiplicación empleando los bulbillos aéreos, sin modificaciones sustanciales en el manejo de las plantas destinadas a la producción de ajo “semilla”; dado que se recomienda que los bulbos para este fin se mantengan con la vara floral hasta cosecha, para evitar el desgranado prematuro y asegurar la compacidad (Lanzavechia 1991).

Finalmente, para el clon de ajo tipo “colorado” utilizado, la tasa de multiplicación podría incrementarse un 450 %, si a los 13 “dientes” provistos por el bulbo, se le suman en promedio, corregidos por el porcentaje de floración, 58 bulbillos aéreos mayores de 2,4 mm de diámetro.

4. CONCLUSIONES

Sobre la base de los objetivos propuestos y de la discusión de los resultados obtenidos en el presente estudio, bajo las condiciones experimentales de los dos ciclos de cultivo del policlón de ajo colorado criollo AR-I-051, se concluye lo siguiente :

- El empleo de “dientes” chicos en la implantación y la ausencia de fertilización nitrogenada aumentan la emisión de escapos en el cultivo, con respecto a “dientes” grandes (mayores de 3 g) y fertilizaciones con N.

- El número de bulbillos aéreos potencialmente útiles como “semilla” (los mayores de 2,4 mm de diámetro) producido por planta florecida, no se ve afectado significativamente por los factores estudiados en los niveles ensayados.
- El número de bulbillos aéreos mayores de 2,4 mm producidos por hectárea disminuye al fertilizar con N como consecuencia del menor porcentaje de emisión de escapos.
- El número de bulbillos aéreos mayores de 2,4 mm producidos por hectárea no presenta diferencias significativas entre los distintos tamaños de “dientes” ensayados.
- Al aumentar el tamaño de “diente” y fertilizar con nitrógeno, aumenta el peso seco de las plantas pero disminuye la partición de fotoasimilados hacia el escapo.
- La producción de bulbillos aéreos depende fundamentalmente del peso seco del escapo al momento de cosecha.
- De acuerdo a estos resultados se recomienda utilizar los “dientes” grandes para la producción de bulbos subterráneos y los “dientes” chicos para la obtención de bulbillos aéreos.

5. BIBLIOGRAFÍA

- BHAMBURKAR, A.S.; RAJPUT, J.M.; KULWAL, L.V.; KALE, P.B.; SADAWARTE, K.T.; DESHMUKH, P.P. 1988. Bolting in onion as influenced by dates of planting, nitrogen and cultivars. *Plant Breeding Abstracts* 58(7):6144.
- BORGO, R.; STAHLSCHMIDT, O.M.; CAVAGNARO, J.B. 1995. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la incidencia del "descanutado" y anomalías en bulbos de ajo "colorado". In: *Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (4,1995,Mendoza)*. Mendoza, INTA EEA La Consulta p. 11F-17F.
- BOTTI, C.G.; KRARUP, C.H. 1978. Morfogénesis de la floración y ciertas anomalías en el desarrollo de ajo (*Allium sativum* L.) cv. Valenciano Rosado. *Inv. Agrícola (Chile)* 4(1):1-6.
- BREWSTER, J.L, 1983. Effects of photoperiod, nitrogen nutrition and temperature on inflorescence initiation and development in onion (*Allium cepa* L.). *Ann. Bot.* 51:429-440.
- BREWSTER, J.L. 1985. The influence of seedling size and carbohydrate status and of photon flux density during vernalization on inflorescence initiation in onion (*Allium cepa* L.). *Annals of Botany* 55:403-414.
- BREWSTER, J.L.; BUTLER, H.A. 1989. Inducing flowering in growing plants of overwintered onions: effects of supplementary irradiation, photoperiod, nitrogen, growing medium and gibberellins. *Journal of Horticultural Science* 64(3):301-312.

- BURBA, J.L. 1989. Cosecha, preparación y almacenamiento de ajo "semilla". In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de ajo (1989 y 1991, 1 y 2, Mendoza). Mendoza, INTA Regional Cuyo p. 25-27. (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- BURBA, J.L. 1997. Panorama mundial y nacional de poblaciones y cultivares de ajo, posibilidades de adaptación. In : Burba J.L editor. 50 Temas sobre producción de Ajo. INTA Estación Experimental La Consulta, Mendoza. v.2, p. 11-31.
- BUWALDA, J.G. 1986. Nitrogen nutrition of garlic (*Allium sativum* L.) under irrigation. Crop growth and development. Scientia Horticulturae 29:55-68.
- CHERNYKH, A.N. 1986. Clove size and yield structure of scape-forming garlic. Kartoffel' i Ovoshchi 1:35.
- ESCAFF, M.; ALJARO, A. 1982. Dos ensayos sobre el efecto del nitrógeno y fósforo en ajo rosado. Agricultura Técnica (Chile) 42(2):143-147.
- GAUSHAL, M.H.; SHINDE, N.N.; SONTAKKE, M.B. 1991. Effect of irrigation and nitrogen on bolting and bulb yield in onion (*Allium cepa* L.). Allium Improvement Newsletter 1:94-98
- GAVIOLA de HERAS, S.; FILIPPINI de ZULUAGA, M.F.; LIPINSKI, V.M. 1991. Ritmo de crecimiento y absorción de nutrimentos en ajo (*Allium sativum* L.). Efecto de la fertilización sobre componentes del crecimiento del rendimiento en los tipos "blanco" y "colorado". In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTACentro Regional Cuyo. p. 105-112. (Agro de Cuyo. Jornadas, 1).
- GAVIOLA de HERAS, S.; FILIPPINI, M.F.; LIPINSKI, V. 1993. Fertilización de ajo "Colorado" y "Blanco": Efecto sobre la concentración y absorción de N-P-K durante el ciclo de cultivo. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (3, 1993, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta p. 221-234.
- GIFFORD, R.M.; THORNE, J.H.; HITZ, W.D. ; GIAQUINTA, R.T. 1984. Crop productivity and photoassimilate partitioning. Science 225:801-808.
- KRARUP, H.C.; TROBOK, V. 1975. Efectos de sistemas de plantación sobre rendimiento, calidad del bulbo y aprovechamiento de la fertilización nitrogenada en ajo. Fitotecnia Latinoamericana 11(1):39-42.
- KOTHARI, I.L.; SHAH, J.J. 1974. Histogenesis of seed stalk and inflorescence in garlic. Phytomorphology 24(1/2):42-48.
- LANZAVECHIA, S. 1991. Efecto del "descanutado" en ajos "colorados" sobre los rendimientos comerciales y la relación costo/beneficio. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p.99-102. (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- LIMA, P.J.B.F. 1971. Ocorrência de bulbilhos aéreos em alho (*Allium sativum* L.), cultivar Cariri, e determinação da idade mais indicada pao plantio. Revista de Olericultura, Piracicaba-SP. vol XI:27-28.

- LIPINSKI, V.M.; FILIPPINI de ZULUAGA, M.F. 1989. Manejo de la fertilización en ajo. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p.14-17. (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- LIPINSKI, V.; FILIPPINI, M.F. 1991. Respuesta del ajo tipo "colorado" a la fertilización nitrogenada y fosfatada vs. La fertilización orgánica. In : Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p. 113- 115. (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- LIPINSKI, V.; GAVIOLA de HERAS, S.; FILIPPINI, M.F. 1993. Influencia del riego, la fertilización nitrogenada y el tamaño de diente sobre el rendimiento y calidad del ajo colorado en el Valle de Uco. In : Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (3, 1993, Mendoza). Mendoza, INTA. EEA La Consulta, p. 235-245.
- LIPINSKI, V.H.; GAVIOLA DE HERAS, S. 1995. Efecto de la densidad y la fertilización nitrogenada en el cultivo de ajo tipo colorado. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (4, 1995, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta p. 61F-70F.
- MENEZES SOBRINHO, J.A.; FERREIRA de NOVAIS, R.; LOPES dos SANTOS, H.; AGUIAR SANS, L.M. 1974 a. Efeito da adubação nitrogenada, de diferentes espaçamentos entre plantas e da cobertura morta do solo sobre a produção do alho "Amarante". Revista Ceres 21(115):203-212.
- b. Efeito da aplicação de doses de nitrogênio de a cobertura morta sobre a produção de três cultivares de alho. Revista Ceres 21(118):458-469.
- NAKAMURA, E. 1985. Allium-Minor vegetables. In: A.H. Halevy (ed). CRC Handbook of Flowering. CRC Press, Boca Raton, Florida. v. 1 p.410-418.
- POOLER, M.R.; SIMON, P.W. 1993. Garlic flowering in response to clone, photoperiod, growth temperature, and cold storage. HortScience 28(11):1085-1086.
- REGINA, S.M. 1979. A obtencao económica do alho-semente. Agroquímica. CIBA-GEIGY, Sao Paulo. 11:4-13.
- SALUZZO, J.A. 1989. Distribución espacial en plantaciones de ajo. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p.22-24. (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- SAS 1988 Institute Inc. SAS/STAT. ANOVA Procedures. User's Guide- Release 6.03 Edition. Cary, NC:SAS Institute INC., 1028 pp.
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA 1983. Normas de tipificación, empaque y fiscalización de las hortalizas. Resol. N° 297.
- SENO, S.; FERNANDES, F.M.; SASAKI, J.L.S. 1994. Influência de doses e épocas da aplicação de nitrogênio na cultura do alho (*Allium sativum* L.) cv. Roxo Pérola

de Caçador, na região de Ilha Solteira-SP. *Cultura Agrômica, Ilha Solteira*, 3(1):9-20.

SHISHIDO, Y.; SAITO, T. 1976. Studies on the flower bud formation in onion plants. II. Effects of physiological conditions on the low temperature induction of flower buds on green plants. *J.Jpn. Soc. Hortic. Sci.* 45(2):160-167.

SOTOMAYOR, I. 1975. Efecto de la fertilización nitrogenada y densidad de plantas en la producción de ajos. *Agricultura Técnica (Chile)* 35(4):175-178.

STAHLSCHMIDT, O.; CAVAGNARO, J.B.; BORGIO, R. 1997. Influence of planting date and seed cloves sizes on leaf area and yield of two garlic cultivars (*Allium sativum* L.). *Acta Horticulturae* 433:519-525.

TAKAGI H. 1990. Garlic *Allium sativum* L. In: Brewster J.L. and Rabinowitch H. D. eds. *Onions and Allied Crops*. Cap.6, CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. v. 3 p. 109-146.

XU PEIWEN; SUN HUIHENG; SUN RUIJIE; YANG YUANJUN; ZHANG DECHANG 1997. Rapid propagation of virus-free garlic and a systematic scheme for seed garlic production. *Acta Horticulturae* 433:329-325.

CAPÍTULO 5

***EFFECTO DEL MANEJO POSCOSECHA DE ESCAPOS
FLORALES DE AJO TIPO COLORADO (*Allium sativum* L.), SOBRE
LA PRODUCCIÓN DE BULBILLOS AÉREOS***

RESUMEN

Los bulbillos aéreos que se forman en el extremo del escapo del ajo tipo "colorado" (Grupo IV) libre de virus, pueden ser utilizados como propágulos para acelerar la etapa de multiplicación y reducir los costos, en la producción de ajo "semilla". El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes sistemas de manejo poscosecha de escapos, sobre la producción de bulbillos aéreos en una población clonal de ajo colorado "criollo" y "ruso".

Los ensayos se llevaron a cabo entre 1995 y 1998, en Mendoza, Argentina. Se compararon diversos métodos de "curado" de los escapos luego de la cosecha (en planta entera, cortados de distintas longitudes, mantenidos en seco o con inmersión de sus bases en agua o en solución nutritiva con o sin CCC). Al finalizar el "curado" se evaluó la producción de bulbillos aéreos y su distribución por calibres.

De los resultados se concluye que, la producción de bulbillos aéreos se incrementa al aumentar la longitud del escapo (en planta entera o cortado) y no es afectada por los tratamientos de inmersión evaluados. Se puede realizar el "curado" de los escapos separados de las plantas, sin tratamiento de inmersión. En ajo "criollo", la longitud de corte del escapo antes del "curado" no debe ser inferior a 50 cm. En el material "ruso", cuyos bulbillos aéreos presentan mayor tamaño al momento de cosecha de las plantas, los escapos se pueden cortar de menor longitud.

Palabras clave: *Allium sativum*, ajo, escapos, bulbillos aéreos, poscosecha.

EFFECT OF FLORAL SCAPES POSTHARVEST MANAGEMENT ON AERIAL BULBILS PRODUCTION OF RED TYPE GARLIC (*Allium sativum* L).

SUMMARY

Aerial bulbils that form on the floral scapes of red type (group IV) virus free garlic can be used for propagation in the production of seed garlic, in order to accelerate the reproduction stage and reduce costs. The objective of this study was to evaluate the effect of different systems of postharvest scape management on the production of bulbils in a clone population of native and Russian red type garlic.

Assays were carried out between 1995 and 1998 in Mendoza, Argentina. Various methods of curing the scapes after harvest were compared (whole plants or cut at different lengths, kept dry or with their ends immersed in water or in a nutrient solution with or without CCC). The production and sizing of aerial bulbils was evaluated at the end of the curing stage.

It is possible to conclude from the results, that the production of aerial bulbils increase with the increase of scape length (in whole plant or cut), and it is not affected for the inmerction treatments evaluated. The "curing" of the scapes can be carried out separate from the plant, with no immersion treatment being necessary. In native garlic, the cut length of the scape before being cured should not be less than 50 cm. In the Russian material, in which aerial bulbils were larger at plant harvest time, scapes may be cut shorter.

Key words: *Allium sativum*, garlic, scapes, aerial bulbils, postharvest.

1. INTRODUCCIÓN

El ajo tipo "colorado" (*H type* o *hard neck*) Grupo IV (Burba 1997) se diferencia de los otros cultivados en el país, en la capacidad de emitir un escapo floral que emerge del falso tallo. En condiciones naturales, la inflorescencia que lleva el escapo floral presenta bulbillos pequeños mezclados con flores que se marchitan y abortan (Botti y Krarup 1978) o sólo bulbillos (Kothari and Shah 1974).

La causa de la esterilidad en ajo ha sido atribuida a varios posibles mecanismos. Entre ellos se cita que las flores del ajo no serían capaces de competir con el crecimiento rápido de los bulbillos aéreos en la inflorescencia (Koul and Gohil 1970). Si los bulbillos aéreos permanecen en la inflorescencia, continúan creciendo y las flores se secan antes de antesis (Pooler and Simon 1994).

Según Kothari and Shah (1974), el escapo de ajo es de sección circular a oval, y presenta paquetes vasculares irregulares. Las células epidérmicas son más o menos rectangulares con una cutícula gruesa. El tejido desarrollado es parenquimatoso y presenta en su periferia laticíferos circulares a ovales prominentes. El escapo floral separado de la planta madre es capaz de dar origen en su ápice a bulbillos aéreos, por redistribución y reutilización de los metabolitos de las células parenquimáticas del escapo en senescencia (Zhang *et al.* 1981). La mayor parte de dichos compuestos son removidos, tanto por vía apoplástica como simplástica, de las células parenquimáticas en senescencia y son usados como nutrientes para el crecimiento de los bulbillos aéreos en el extremo del escapo (Wang *et al.* 1996). Sin embargo, sólo escapos con diámetros de espata superiores a 1 cm desarrollarían bulbillos, mientras que los de menor diámetro crecerían sólo si son cultivados en agua (Cheng 1981).

El tipo de distribución de materia seca en las plantas, y consecuentemente de producción económica, está determinado primariamente por el transporte y distribución de los fotoasimilados en circulación o removilizados en el floema. Muchos de los procesos parciales que participan en el transporte y distribución de asimilados

(incluyendo fijación por las hojas fuente, carga y descarga en el floema, y transporte a corta distancia entre tejidos fuente y destino, y metabolismo de los destinos) se sabe que son afectados por aplicaciones exógenas de hormonas vegetales o reguladores sintéticos del crecimiento (Morris 1996).

En varias especies de crecimiento indeterminado, las flores e inflorescencias preantesis son destinos muy débiles comparado con estructuras vegetativas cercanas tales como hojas en expansión o el ápice vegetativo. En tomate la aplicación simultánea de 6-bencil aminopurina (BAP) y ácido giberélico (AG_3) a yemas florales incrementó sustancialmente los niveles de invertasa ácida de las mismas con respecto a las hojas. La estrecha relación entre la tasa de expansión de los tejidos y la actividad de la invertasa ácida en varios destinos sugiere que aquellos factores que estimulan el crecimiento celular simultáneamente promueven la síntesis o actividad de la invertasa (Morris 1996).

En ajo, el cultivo de fragmentos de escapos florales *in vitro*, en un medio de White-Nitsch-Morel (White 1943; Nitsch 1951; Morel 1948) adicionado con ácido giberélico y adenina o biotina, inhibe la formación de los bulbillos aéreos permitiendo así el completo desarrollo de las flores, pero sin llegar a obtener semillas. Mientras que con ácido giberélico solo, en dosis de $3 \cdot 10^{-6}$ y $3 \cdot 10^{-5}$ M, los bulbillos formados son más alargados, filiformes y de color verde claro (Tizio 1979a). El medio de (W-N-M) fue también empleado para el estudio del mecanismo hormonal de la tuberización (Tizio 1979b) y para la tuberización masiva de papa *in vitro* (Rosell *et al.* 1987). Estos autores doblaron la concentración de fosfatos dado el rol del fósforo en la fosforilación y transporte de azúcares (Buckhout and Tubbe 1996).

Mientras tanto, el CCC (cloruro de 2 cloroetil trimetilamonio) reduce los niveles de AG_1 tanto en los brotes como en los granos de *Triticum aestivum* (Rademacher 1991) y ha sido citado como un regulador del crecimiento capaz de aumentar la traslocación de fotosintatos hacia los órganos de almacenaje (Birecka 1967), estimulando la fuerza de los destinos (Rossi Jaume *et al.* 1986).

En ajo, los bulbillos aéreos pueden ser utilizados como propágulos en la producción de ajo "semilla" con algunas ventajas de costos (Regina 1979), ya que permitirían aumentar la tasa de multiplicación durante el segundo ciclo en jaula (Xu *et al.* 1997). Sin embargo, el manejo de los escapos en planta entera durante la etapa de "curado" podría traer aparejado inconvenientes como pérdida de material o mezcla del mismo si se trabaja con varios clones.

En cebolla se ha estudiado el efecto del método de cosecha (planta entera o la inflorescencia con escapo de distinta longitud) sobre la producción de semillas (Ilin *et*

al. 1988, 1996; Thomazelli *et al.* 1993). No existen trabajos sobre el manejo poscosecha de inflorescencias de ajo para la producción de bulbillos aéreos.

Se planteó como objetivo determinar una forma adecuada de conservación de los escapos luego de la cosecha, con el fin de obtener el mayor número y tamaño de bulbillos aéreos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Año 1995-96:

Como material de partida se emplearon plantas florecidas de dos poblaciones clonales saneadas de ajo "colorado", una tipo "criollo" (AR-I-051) y otra tipo "ruso" (AR-I-033), provenientes de un primer ciclo de cultivo en el campo, en una zona aislada del departamento de Tupungato, Mendoza (Lat. 33° 12' S, Long.69° 15' W, y 1700 m s.n.m.).

Las plantas se cosecharon cuando presentaron el follaje completamente seco, de acuerdo a lo estipulado por Burba (1989) para ajo "semilla". Luego de la cosecha los escapos de las plantas se sometieron a los siguientes tratamientos de conservación.

Tratamientos :

- 1- Escapos unidos a las plantas.
- 2- Escapos cortados de 25 cm de longitud, mantenidos en seco
- 3- Escapos cortados de 50 cm, mantenidos en seco
- 4- Escapos cortados de 50 cm, con inmersión de sus bases en agua
- 5- Escapos cortados de 50 cm, con inmersión de sus bases en solución nutritiva
- 6- Escapos cortados de 50 cm, con inmersión de sus bases en solución nutritiva adicionada con CCC 500 mg.L⁻¹

La solución nutritiva estuvo constituida por macronutrientes de White (1943) con doble concentración de fosfatos, micronutrientes de Nitsch (1951) y EDTA de hierro. Las soluciones se renovaron 2 veces por semana y se airearon durante 15 minutos cada dos horas, con aireadores para pecera conectados a un reloj tipo sereno. Todos los tratamientos permanecieron bajo techo en las mismas condiciones de temperatura (20 °C a 25 °C) y humedad relativa (40 % a 60 %) hasta que los escapos se secaron.

El ensayo se realizó según un diseño de parcelas al azar con 6 repeticiones y 4 escapos por parcela. El extremo distal de los escapos, que constituían cada parcela,

se cubrió con una bolsa de papel madera, para evitar la pérdida de los bulbillos aéreos por desprendimiento luego de completar su crecimiento.

Cuando los escapos se secaron, se determinó el número, peso y distribución por tamaño de los bulbillos aéreos producidos. La calibración se realizó con zarandas de orificio ovalado, obteniéndose siete categorías de acuerdo a su diámetro ecuatorial medio (con un desvío máximo de $\pm 0,4$ mm), consignadas en el Cuadro 5.1.

Cuadro 5.1: Calibres de bulbillos aéreos.

Calibre	Diámetro ecuatorial (mm)	Diámetro ecuatorial medio (mm)
1	> 0,8 < 1,6	1,2
2	> 1,6 < 2,4	2,0
3	> 2,4 < 3,2	2,8
4	> 3,2 < 4,0	3,6
5	> 4,0 < 4,8	4,4
6	> 4,8 < 5,6	5,2
7	> 5,6 < 6,4	6,0

2.2. Año 1996 - 97:

Los resultados del año anterior permitieron constatar que en el ajo “colorado” tipo “ruso” el crecimiento de los bulbillos aéreos se produce principalmente en el campo, antes de la cosecha de los bulbos, por lo que el manejo poscosecha de los escapos no influye en la producción de bulbillos. Sobre esta base los ensayos en los ciclos siguientes se realizaron sólo con ajo “criollo”.

En el ciclo 1996-97 se efectuó un ensayo tendiente a estimar, la longitud de corte óptima para una mayor producción de bulbillos aéreos, para escapos “curados” en seco y separados de la planta.

El ensayo se llevó a cabo con plantas de una población clonal tipo “criollo” (AR-I-051), cultivadas en la Facultad de Ciencias Agrarias, Mendoza (Lat. 32° 59' S, Long. 68° 52' W y 920 m s.n.m.). Las plantas se obtuvieron a partir de “dientes” de 4 g plantados el 7 de mayo de 1996 a 0,60 m entre hilera y 0,07 m entre planta y cosechadas el 27 de diciembre de 1996.

En el momento de cosecha y con el objeto de conocer el tamaño de los bulbillos aéreos al inicio de los tratamientos, se recolectaron los bulbillos de 24 plantas

seleccionadas al azar (6 repeticiones de 4 plantas). Se determinó el peso seco de los mismos colocándolos en estufa a 65 °C hasta peso constante.

Luego, con los escapos restantes, se establecieron los siguientes tratamientos:

Tratamientos:

- 1- Escapos cortados de 20 cm de longitud
- 2- Escapos cortados de 40 cm de longitud
- 3- Escapos cortados de 60 cm de longitud
- 4- Escapos unidos a las plantas

En todos los tratamientos el “curado” de los escapos se llevó a cabo en seco, bajo techo, en un ambiente donde la temperatura osciló entre 20 °C y 24 °C y la humedad relativa entre 50 % y 60 %.

El ensayo se realizó siguiendo un diseño de parcelas completamente al azar con 6 repeticiones y 7 escapos por parcela. Todas las inflorescencias de una parcela se mantuvieron cubiertas por una misma bolsa de papel madera, para evitar la pérdida de bulbillos durante el “curado”.

Al secarse los escapos, se recolectaron los bulbillos y se calibraron de acuerdo a lo descripto para la campaña anterior. Se determinó: la distribución por calibre de los bulbillos, peso seco de los escapos y número, peso fresco y seco de los bulbillos.

Se calculó la tasa de crecimiento relativa (TCR) de los bulbillos aéreos durante el “curado”. La TCR representa la eficiencia de crecimiento durante cierto período, relacionada a la materia seca presente en el inicio del mismo. Indica el aumento de peso seco de la planta entera por gramo de peso seco total y por unidad de tiempo ($\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$) (Hunt 1978; Evans 1982).

$$\text{TCR} : \frac{1}{W} \frac{dW}{dT}$$

Integrando la ecuación anterior entre los límites T_1 y T_2 se obtiene:

$$\text{TCR} : \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{T_2 - T_1}$$

Donde W_2 y W_1 son los pesos secos de los bulbillos aéreos (mg), en los tiempos T_2 y T_1 , fin y comienzo del “curado” de los escapos respectivamente (días).

2.3. Año 1997 - 98:

Basado en los resultados obtenidos durante el ciclo 96-97, se realizó un ensayo en el cual se aumentó el número de tratamientos con corte del escapo y se incluyó un nuevo tratamiento manteniendo el escapo en planta entera en el campo.

El ensayo se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Agrarias, Mendoza. Las plantas se obtuvieron a partir de “dientes” de 2 a 3 g de la población clonal (AR-I-051) plantados el 28 de abril de 1997 a 0,60 m entre hilera y 0,07 m entre planta y cosechadas el 24 de diciembre de 1997.

Tratamientos:

- 1- Escapos cortados de 20 cm de longitud
- 2- Escapos cortados de 40 cm de longitud
- 3- Escapos cortados de 60 cm de longitud
- 4- Escapos cortados de 80 cm de longitud
- 5- Escapos cortados de 1 m de longitud
- 6- Escapos de 80 cm, unidos a las plantas
- 7- Escapos de 80 cm, unidos a las plantas, en el campo hasta el secado del escapo

El “curado” de los escapos correspondientes a los tratamientos 1 a 6 se llevó a cabo bajo techo, en un ambiente donde la temperatura osciló entre 20 °C y 25 °C y la humedad relativa entre 55 % y 65 %.

El ensayo se realizó con un diseño de parcelas completamente al azar con 7 repeticiones y 20 escapos por parcela. Todas las inflorescencias de una parcela se mantuvieron cubiertas por una misma bolsa de papel madera, para evitar la pérdida de bulbillos durante el “curado”. Se efectuaron las mismas determinaciones que en el ensayo correspondiente al ciclo 1995-96.

2.4. Año 1998 - 99:

En la Facultad de Ciencias Agrarias, Mendoza, se cultivó ajo tipo “criollo”(AR-I-051) partiendo de dientes de 2 g, 3 g, 4 g y 5 g de peso con un desvío estandar promedio de $\pm 0,3$ g. La plantación se realizó el 6 de mayo de 1998 a 0,60 m entre hilera y 0,07 m entre planta. La cosecha se efectuó el 16 de diciembre del mismo año.

Manteniendo el escapo en planta entera durante el “curado”, se realizaron dos ensayos tendientes a evaluar:

2.4.1. Efecto de la longitud de escapo sobre la producción de bulbillos aéreos en plantas originadas de un mismo tamaño de “diente”.

El material utilizado fueron plantas originadas de “dientes” de 2 g de peso. Luego de la cosecha se seleccionaron plantas con escapos de distinta longitud, considerada ésta desde el cuello de la planta hasta la base de la espata.

Se establecieron los siguientes tratamientos.

Tratamientos:

- 1- Escapos de 60 cm, unidos a las plantas
- 2- Escapos de 80 cm, unidos a las plantas
- 3- Escapos de 1 m, unidos a las plantas
- 4- Escapos separados del bulbo, cortados de 80 cm de longitud

2.4.2. Efecto de una misma longitud de escapo sobre la producción de bulbillos aéreos, en plantas originadas de distinto tamaño de “diente”.

El material utilizado fueron plantas originadas de “dientes” de 2, 3, 4 y 5 g de peso. Luego de la cosecha, se seleccionaron plantas con escapos de igual longitud, considerada ésta desde el cuello de la planta hasta la base de la espata.

Se establecieron los siguientes tratamientos.

Tratamientos:

- 1- Escapos de 70 cm, unidos a plantas originadas de “dientes” de 2 g
- 2- Escapos de 70 cm, unidos a plantas originadas de “dientes” de 3 g
- 3- Escapos de 70 cm, unidos a plantas originadas de “dientes” de 4 g
- 4- Escapos de 70 cm, unidos a plantas originadas de “dientes” de 5 g

El material de los dos ensayos se mantuvo durante el “curado” bajo techo a 20 a 24 °C y 50 a 60 % de HR.

En ambos, el diseño experimental fue de parcelas completamente al azar con 4 repeticiones para el ensayo 1 y 5 para el 2; y cada parcela constituida por 20 escapos. En los dos ensayos se midieron las mismas variables del ciclo 1995-96.

Los datos de todos los ensayos fueron analizados según el análisis de la varianza (ANOVA) y la comparación múltiple de medias según Tukey ($p < 0,05$); y análisis de correlación y regresión, utilizando el paquete estadístico SAS (1988).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Año 1995 - 96:

El ajo "colorado ruso" presentó al momento de cosecha bulbillos aéreos de mayor tamaño que el "criollo" (Foto 5.1 y 5.2). Esto puede atribuirse a las diferencias que presentan ambos materiales con respecto al momento de plena floración y tiempo transcurrido entre floración y cosecha, además de diferencias genéticas entre poblaciones. En el material "ruso" la fecha correspondiente al 80 % de emisión de escapo es el 6 de noviembre y en el "criollo" el 17 del mismo mes; transcurriendo 38 y 11 días entre floración y cosecha para ambos clones respectivamente (Burba *et al.* 1996).



Foto 5.1: Escapos de ajo "colorado ruso" al momento de cosecha de las plantas.



Foto 5.2: Escapos de ajo "colorado criollo" al momento de cosecha de las plantas.

Los tratamientos ensayados en el ajo “ruso” (AR-I-033) no afectaron significativamente, con respecto al testigo unido a la planta, ninguna de las variables analizadas (Cuadro 5.2). Sin embargo, el corte del escapo a 25 cm de longitud tendió a disminuir dichos parámetros, seguido del tratamiento correspondiente al escapo cortado de 50 cm de longitud y con inmersión en solución nutritiva. Mientras que el corte del escapo a 50 cm de longitud con “curado” en seco o con inmersión en solución nutritiva más CCC tendió a aumentarlos.

Cuadro 5.2: Efecto de los tratamientos poscosecha de escapos florales sobre la producción de bulbillos aéreos, en la población clonal de ajo colorado tipo “ruso”, 1995.

Tratamientos	Peso total de bulbillos aéreos por planta (g)	Peso medio de los bulbillos aéreos (g)	Nº de bulbillos aéreos por planta	
			Totales	>2,4 mm
Unido a la planta	4,034 a	0,0429 a	98 a	62 ab
25 cm	3,280 a	0,0388 a	86 a	49 b
50 cm	4,464 a	0,0415 a	108 a	71 a
50 cm-agua	4,020 a	0,0423 a	97 a	67 ab
50 cm-sol. nut.	3,511 a	0,0381 a	92 a	61 ab
50 cm-sol.+ CCC	4,572 a	0,0468 a	97 a	71 a

Letras distintas para cada variable, indican diferencias significativas ($p < 0,05$) Tukey.

En la Figura 5.1 se observa la distribución por calibres de los bulbillos aéreos producidos según los distintos tratamientos. El corte del escapo a 25 cm de longitud presenta menor porcentaje de bulbillos de calibre 4 y superiores, mientras que produce mayor proporción de bulbillos de los calibres menores.

El ajo “ruso” presenta bulbillos de mayor tamaño que el “criollo” en el momento que se produce el amarillamiento total del follaje a campo. En este material, debido a la falta de diferencias en los rendimientos, podría aconsejarse el corte del escapo de 25 cm de longitud y no realizarle ningún tratamiento de inmersión. Esto posibilitaría manejar el “curado” de los bulbos subterráneos independientemente de los aéreos, evitándose de esta manera el desprendimiento de los bulbillos aéreos y la posible mezcla de materiales.

En el ajo “criollo” (Cuadro 5.3), el corte del escapo a 25 cm de longitud disminuyó significativamente, con respecto al testigo unido a la planta, el número total de bulbillos producidos por planta (de 248 a 159) y principalmente el número de

bulbillos mayores de 2,4 mm (de 61 a 21). El peso total de bulbillos aéreos por planta disminuyó un 57 % y el peso medio de los bulbillos un 33 %.

Un comportamiento semejante fue observado en cosechas tempranas de cebolla. La cosecha y secado de la inflorescencia con la planta entera o de todo el escapo, originó mayor producción de semillas que la cosecha de la inflorescencia con 30 cm de escapo. En cosechas más tardías el sistema de cosecha no afectó la producción (Ilin 1988).

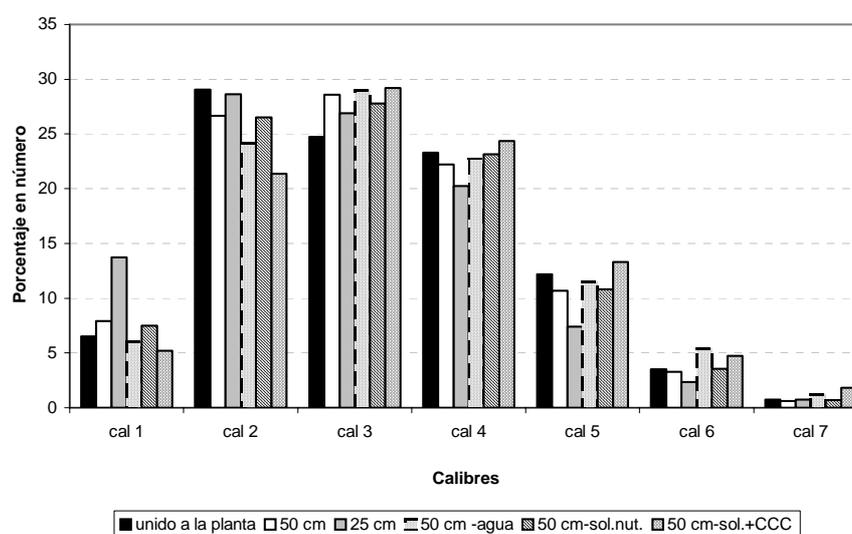


Figura 5.1: Distribución por calibres del número total de bulbillos aéreos de ajo tipo "ruso", según los tratamientos poscosecha de los escapos florales, 1995.

Cuadro 5.3: Efecto de los tratamientos poscosecha de escapos florales de ajo tipo "criollo" sobre la producción de bulbillos aéreos, 1995.

Tratamientos	Peso total de bulbillos aéreos por planta (g)	Peso medio de los bulbillos aéreos (g)	Nº de bulbillos aéreos por planta	
			Totales	>2,4 mm
Unido a la planta	4,980 a	0,0203 a	248 a	61 a
25 cm	2,133 b	0,0134 b	159 b	21 b
50 cm	3,948 a	0,0184 ab	217 ab	49 a
50 cm-agua	4,280 a	0,0207 a	211 ab	55 a
50 cm-sol. nut.	4,585 a	0,0187 a	247 a	53 a
50 cm-sol.+ CCC	3,936 a	0,0202 a	203 ab	55 a

Letras distintas para cada variable, indican diferencias significativas ($p < 0,05$) Tukey.

En el ajo tipo “criollo” no existen diferencias significativas con respecto a la producción de bulbillos aéreos, entre el escapo unido a la planta madre o cortado de 50 cm de longitud y manejar el “curado” separado de la planta. Por lo tanto, por razones de practicidad, podría seleccionarse esta forma de manejo poscosecha.

Sin embargo, en el ajo “criollo” es notable el efecto detrimental del corte del escapo a 25 cm de longitud. Al cortar el escapo de esta longitud el porcentaje de bulbillos calibre 1 aumenta del 15 % al 35 %, mientras que disminuye el porcentaje de los bulbillos de calibres 3 y mayores del 33 % al 18 %, con respecto al escapo que se mantuvo unido a la planta (Figura 5.2).

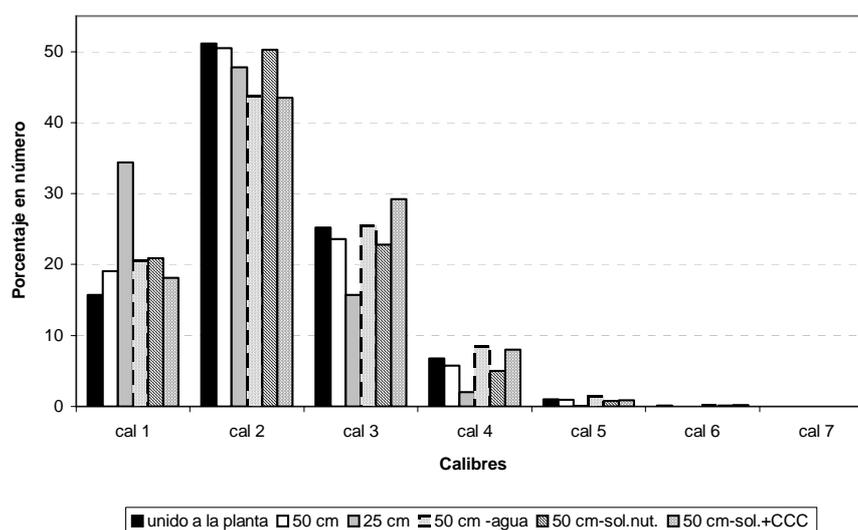


Figura 5.2: Distribución por calibres del número total de bulbillos aéreos de ajo tipo “criollo”, según los tratamientos poscosecha de los escapos florales, 1995.

De acuerdo a los resultados de este ensayo, la longitud de corte del escapo puede afectar la producción de bulbillos, ya que dichos bulbillos pueden desarrollarse en el escapo separado de la planta madre, gracias a la redistribución de compuestos de las células parenquimáticas del escapo (Zhang *et al.* 1981; Wang *et al.* 1996).

En el ajo “ruso”, que presenta al momento de cosecha la espata abierta y los bulbillos con mayor grado de desarrollo, se puede cortar el escapo de menor longitud (25 cm). En el ajo “criollo”, con menor crecimiento de los bulbillos aéreos en el campo, el desarrollo poscosecha está más influenciado por la longitud del escapo.

El momento de crecimiento de los bulbillos en estos dos materiales, antes de la cosecha de la planta en el ajo “ruso” y posterior a la misma en el “criollo”, explicaría los resultados obtenidos, coincidentes con las respuesta observadas en cebolla para la

producción de semilla en cosechas tardías y tempranas respectivamente (Ilin *et al.* 1988, 1996; Thomazelli *et al.* 1993).

Independientemente de los tratamientos, la distribución de calibres de los bulbillos aéreos producidos por el ajo “colorado ruso” (Figura 5.1) y el “criollo” (Figura 5.2) es diferente. En ajo “ruso” aproximadamente un 65 % de los bulbillos aéreos es de calibre 3 (>2,4 mm) y superiores, mientras que en el “criollo” estos calibres (con los cuales Gabriel (1997) ha realizado ensayos de manejo a campo) sólo comprenden un 33 % del total de la producción.

3.2. Año 1996 - 97:

El corte de los escapos a 20 y 40 cm de longitud disminuyó significativamente el peso total de bulbillos aéreos, el peso de bulbillos mayores de 2,4 mm y el peso medio de los mismos, con respecto al testigo unido a la planta (Cuadro 5.4). El número total de bulbillos aéreos producidos por planta y el número de bulbillos mayores de 2,4 mm tuvo el mismo comportamiento (Figura 5.3). Resultados semejantes fueron obtenidos por Thomazelli *et al.* (1993) e Ilin *et al.* (1996) al estudiar el efecto sobre la producción de semillas de cebolla, de tres épocas de cosecha con tres longitudes de corte del escapo floral (0, 30 y 60 cm ó 20, 40 y 80 cm). En la cosecha anticipada, la producción de semillas por umbela y el vigor de germinación de las mismas fue superior cuando provenían de escapos de 60 a 80 cm, siendo el efecto de la longitud de escapo escaso o nulo en la cosecha normal y tardía.

Cuadro 5.4: Efecto de la longitud de corte del escapo en el “curado” sobre la producción de bulbillos aéreos de ajo “criollo”, 1996.

Tratamientos	Peso total de bulbillos por planta (g)	Peso de bulbillos mayores de 2,4 mm (g)	Peso medio de los bulbillos aéreos (g)
20 cm	3,876 c	1,316 c	0,0177 b
40 cm	4,623 bc	1,680 bc	0,0185 b
60 cm	5,431 ab	2,523 ab	0,0202 ab
Planta	6,283 a	3,550 a	0,0222 a

Letras distintas para cada variable, indican diferencias significativas ($p < 0,05$) Tukey.

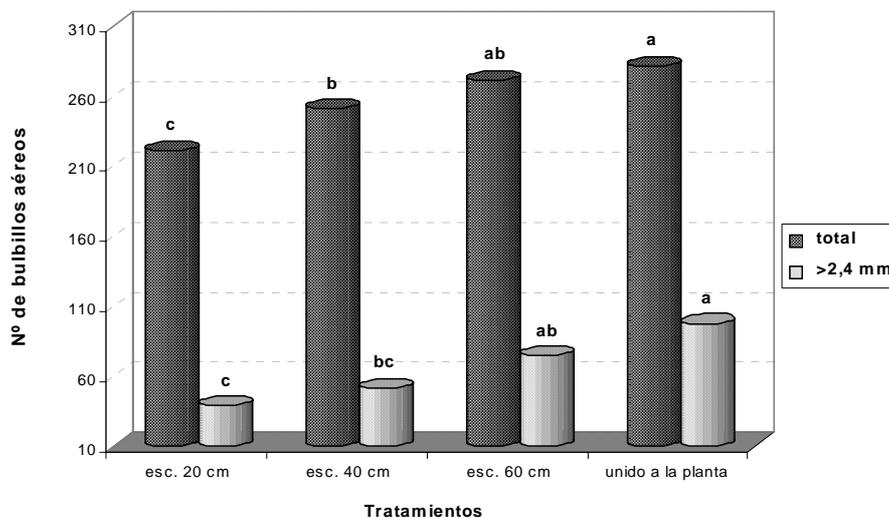


Figura 5.3: Efecto de la longitud de los escapos durante el “curado” en seco sobre el número de bulbillos aéreos totales y mayores de 2,4 mm, 1996. Medias seguidas de distinta letra, difieren significativamente ($p < 0,05$) Tukey.

Al correlacionar el peso seco de los escapos de las distintas longitudes con el número total de bulbillos aéreos producidos por planta, se obtuvo un coeficiente significativo ($r=0,60^*$), mientras que con el número de bulbillos mayores de 2,4 mm fue altamente significativo ($r=0,86^{**}$). La correlación con el peso total de bulbillos aéreos y el peso de bulbillos mayores de 2,4 mm fue de $r=0,86^{**}$.

La tasa de crecimiento relativo (TCR) de los bulbillos aéreos durante el “curado” no presentó diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 5.5). Sin embargo, tendió a ser mayor en los bulbillos formados a partir de escapos unidos a las plantas. El mayor crecimiento de los bulbillos provenientes de escapos unidos a las plantas y escapos cortados de 60 cm de longitud puede explicarse por la mayor duración de las fuentes (escapos), ya que en estos tratamientos los escapos tardaron más en secarse. Un comportamiento similar fue observado a nivel de planta entera en cultivos de ajo llevados a cabo en distintas localidades (Stahlschmidt *et al.* 1993), en la localidad donde el follaje tuvo mayor duración, los bulbos presentaron mayor peso.

El peso medio de los bulbos después del “curado” no se vio afectado significativamente por la longitud de corte de los escapos al momento de cosecha, pero tendió a disminuir a medida que la longitud de corte de los escapos aumentó 20 cm (59,6 g), 40 cm (57,6 g), 60 cm (52,8 g) y en planta (57 g).

Cuadro 5.5: Tasa de crecimiento relativo de los bulbillos aéreos durante el “curado” y número de días de duración del mismo, 1996.”

Tratamientos	TCR ($\text{mg. mg}^{-1}.\text{día}^{-1}$)	Días de “curado”
Escapo de 20 cm	34,767 a	34 c
Escapo de 40 cm	33,868 a	40 b
Escapo de 60 cm	34,789 a	44 a
Escapo unido a la planta	38,139 a	44 a

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para una variable considerada ($p < 0,05$) Tukey.

3.3. Año 1997- 98:

Se observó igual comportamiento que el año anterior. Al disminuir la longitud de corte de los escapos, disminuyó el peso total de bulbillos aéreos formados por planta, el peso de bulbillos mayores de 2,4 mm y el peso medio de los mismos (Cuadro 5.6). Este comportamiento en el peso se debió al menor número total de bulbillos aéreos y principalmente al menor número de bulbillos $>2,4$ mm (Figura 5.4).

Los escapos de 80 cm secados en el campo unidos a la planta madre, presentaron una tendencia a mayor número de bulbillos aéreos totales que los tratamientos de “curado” bajo techo, cortados o con la planta entera (Figura 5.4). Sin embargo, esta forma de manejo trae aparejada una pérdida apreciable de bulbos de ajo que quedan bajo tierra al cortárseles las hojas durante la labor de arranque. Además, el alto grado de deshidratación de los bulbos le resta firmeza a las hojas envolventes, las cuales se separan resultando ajos pelados y desgranados (Aljaro Uribe 1991).

Si bien el “curado” de los escapos en el campo unidos a la planta madre, produjo un 16 % más bulbillos mayores de 2,4 mm, que el tratamiento “curado” del escapo de 80 cm separado de la planta, este último presentaría mayor practicidad de manejo de los escapos y evitaría la pérdida de calidad de los bulbos. Además, a pesar que en los escapos de 1 m la producción de bulbillos fue un 25 % mayor que la de los escapos de 80 cm, solamente un 10 % de las plantas del policlon AR-I-051 desarrollan escapos de esa longitud o mayores.

Cuadro 5.6: Efecto de la longitud de corte del escapo en el “curado” sobre la producción de bulbillos aéreos de ajo “criollo”, 1997.

Tratamientos	Peso total de bulbillos por planta (g)	Peso de bulbillos mayores de 2,4 mm (g)	Peso medio de los bulbillos aéreos (g)
20 cm	1,587 g	0,491 f	0,0138 e
40 cm	3,076 f	1,237 e	0,0156 d
60 cm	3,734 e	1,815 d	0,0175 c
80 cm	5,439 c	3,016 b	0,0192 b
80 cm pl.	4,390 d	2,386 c	0,0186 bc
80 cm pl. campo	6,255 b	3,513 b	0,0193 b
1 m	7,172 a	4,664 a	0,0217 a

Letras distintas para cada variable, indican diferencias significativas ($p < 0,05$) Tukey.

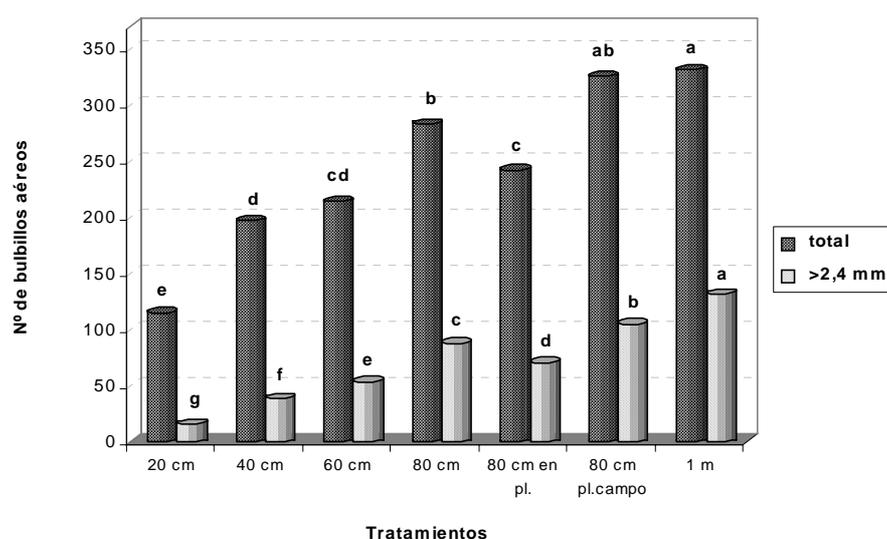


Figura 5.4: Efecto de la longitud de los escapos durante el “curado” sobre el número de bulbillos aéreos totales y mayores de 2,4 mm, 1997. Medias seguidas de distinta letra, difieren significativamente ($p < 0,05$) Tukey.

La producción de bulbillos aéreos de diámetro ecuatorial mayor a 2,4 mm presentó una relación polinomial positiva con la longitud del escapo. Para el cálculo sólo se emplearon los datos correspondientes a los tratamientos de escapo cortado (Figura 5.5). El crecimiento de los bulbillos, en nuestro caso, y el de las semillas (Etoh 1988), parece estar asociado a la longitud de los escapos, órgano fuente desde donde se trasladan las reservas para el llenado de estos destinos. Además, normalmente no se desarrollan semillas si los bulbillos aéreos no son eliminados en floración, porque se establecería competencia por los fotoasimilados acumulados en el escapo.

Pooler and Simon (1994) lograron obtener semillas de ajo cuando además de la remoción de los bulbillos aéreos de la inflorescencia, cortaron los escapos 10 a 15 cm por arriba del suelo y los colocaron en jarras con agua. No tuvieron éxito al mantener los escapos unidos a los bulbos en el campo ya que las flores senescieron pronto luego de anthesis. Atribuyeron este efecto detrimental a la competencia de los bulbos por nutrientes. Parece no suceder lo mismo con los bulbillos aéreos, ya que crecen igual si el escapo permanece unido al bulbo en el campo, como si está separado de él. Posiblemente los bulbillos aéreos no se ven afectados por la presencia del bulbo por ser destinos más fuertes que las flores, ya que según Wang *et al.* (1988) contienen altas concentraciones de ácido abscísico. Esta hormona ha sido citada como estimuladora de la actividad sumidero en órganos reproductivos en desarrollo (Clifford *et al.* 1986; Gifford and Thorne 1986; Andreoli and Maguire 1994; Kuz'mina 1997).

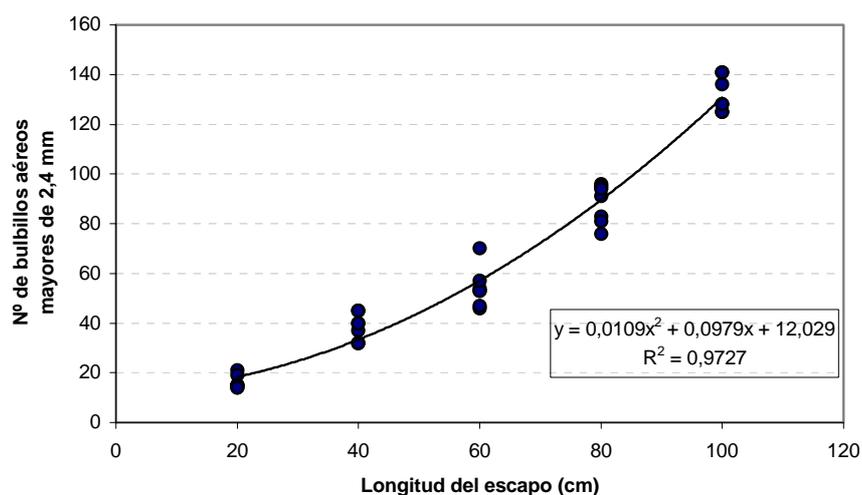


Figura 5.5: Ecuación de regresión y coeficiente de determinación entre la longitud de escapo y la producción de bulbillos aéreos mayores de 2,4 mm, 1997.

3.4. Año 1998 – 99:

3.4.1.

En plantas originadas de “dientes” de igual peso (2 g), los escapos de distinta longitud “curados” en planta entera bajo techo, presentaron el mismo comportamiento respecto a la producción de bulbillos aéreos, que los escapos separados de las plantas. Al incrementarse la longitud del escapo aumentó significativamente el peso y número total de bulbillos aéreos (Cuadro 5.7) y (Figura 5.6). Trabajando con escapos de 80 cm de longitud, se confirma que la producción de bulbillos aéreos no se ve afectada por separar el escapo de la planta durante el “curado”.

Cuadro 5.7: Efecto de la longitud de los escapos unidos a las plantas durante el “curado”, sobre la producción de bulbillos aéreos de ajo “criollo”, 1998.

Tratamientos	Peso total de bulbillos por planta (g)	Peso de bulbillos mayores de 2,4 mm (g)	Peso medio de los bulbillos aéreos (g)
60 cm	2,890 c	1,586 c	0,0187 ab
80 cm	4,597 b	2,298 bc	0,0178 b
1 m	6,873 a	4,161 a	0,0202 a
80 cm cortado	4,873 b	2,781 b	0,0191 ab

Letras distintas para cada variable, indican diferencias significativas ($p < 0,05$) Tukey.

En planta entera, también se observa que la producción de bulbillos aéreos guarda una relación lineal positiva con la longitud de los escapos (Figura 5.7). A pesar que las plantas empleadas en este ensayo provenían de “dientes” con el mismo peso (2 g), las plantas seleccionadas por presentar escapos de 60 cm de longitud tuvieron menor crecimiento a campo, y menor peso medio de bulbo que las plantas de los restantes tratamientos (Figura 5.8). Sin embargo se observa que a igualdad de peso medio de bulbo entre plantas con escapos de 80 cm y 1 m de longitud, la producción de bulbillos aumentó con la longitud de los mismos (Figura 5.6).

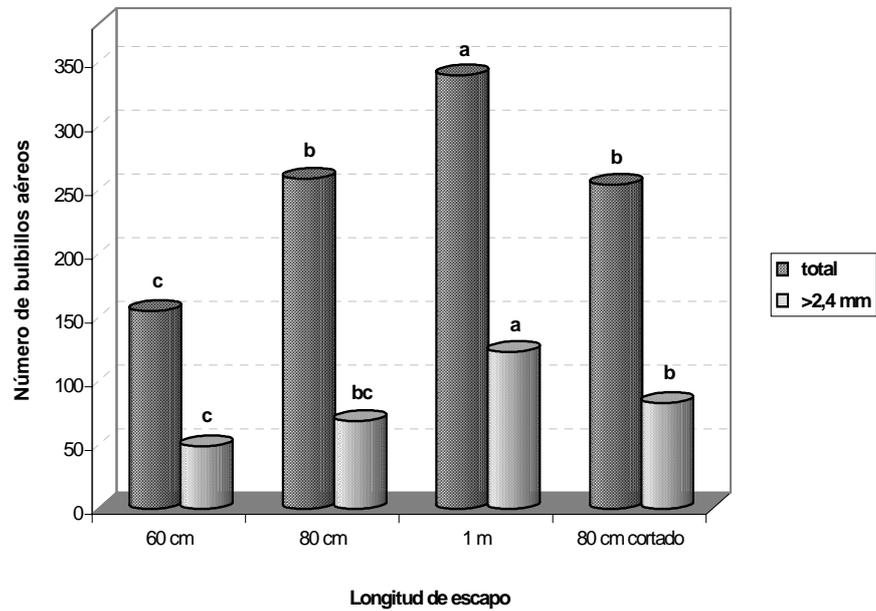


Figura 5.6: Efecto de la longitud de los escapos unidos a las plantas durante el “curado”, sobre el número de bulbillos aéreos totales y mayores de 2,4 mm, 1998. Medias seguidas de la misma letra, no difieren significativamente ($p > 0,05$) Tukey.

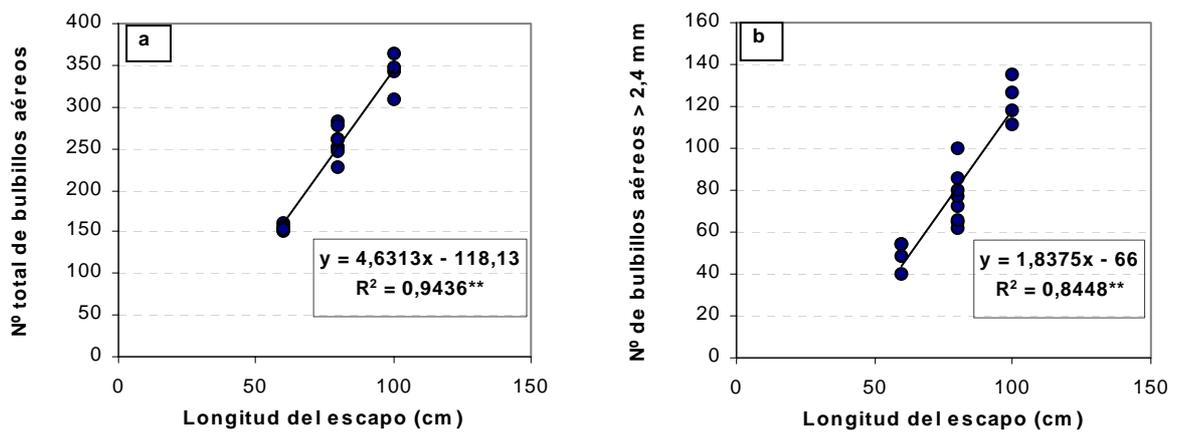


Figura 5.7: Ecuación de regresión y coeficiente de determinación de la longitud de escapo vs. el número total de bulbillos aéreos (a) y el número de bulbillos mayores de 2,4 mm (b), 1998.

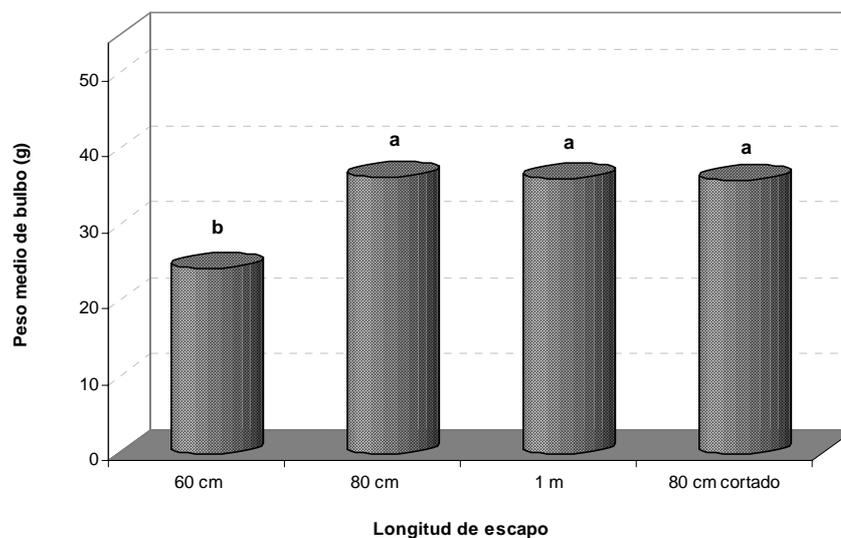


Figura 5.8: Peso medio de bulbo de plantas originadas de “dientes” de 2 g y con distinta longitud de escape, 1998. Medias seguidas de distinta letra, difieren significativamente ($p < 0,05$) Tukey.

3.4.2.

Plantas provenientes de “dientes” de distinto peso (2 a 5 g), pero de igual longitud de escape (70 cm), no presentaron diferencias en la producción de bulbillos aéreos (Cuadro 5.8 y Figura 5.9), pero sí en la producción de bulbos (Figura 5.10). El efecto del tamaño de “diente” sobre la producción de bulbos ha sido citado por numerosos autores (Saluzzo 1989; Lipinski *et al.* 1993; Stahlschmidt *et al.* 1997). Mientras que, la respuesta observada en la producción de bulbillos concuerda con lo citado por Chernykh (1986), quien menciona que al disminuir el peso del “diente” la producción de bulbos se ve reducida en mayor proporción que la producción de bulbillos aéreos.

Por su parte Khaisin and Sporish (1991) analizaron numerosas variedades de *A. sativum* y formas de *A. longicauspis* con la finalidad de obtener correlaciones de valor práctico, para realizar selección clonal en los planes de mejoramiento. Encontraron que la correlación entre el peso del bulbo y el diámetro de la inflorescencia no es en todos los casos alta o positiva, sugiriendo que la selección para bulbos grandes en base al tamaño de la inflorescencia no sería universalmente efectiva. En este caso, si bien consideramos la longitud de escape y no su diámetro, también se observó que la longitud de escape no guarda relación con el peso medio de los bulbos, porque a igual longitud (70 cm) de escape unido a la planta, los pesos de los bulbos fueron distintos.

Cuadro 5.8: Efecto del peso de “diente” plantado sobre la producción de bulbillos aéreos de ajo “criollo”, para igual longitud de escapo, 1998.

Tratamientos	Peso total de bulbillos por planta (g)	Peso de bulbillos mayores de 2,4 mm (g)	Peso medio de los bulbillos aéreos (g)
2 g	3,50 a	1,724 a	0,0175 a
3 g	3,48 a	1,716 a	0,0177 a
4 g	4,00 a	1,771 a	0,0166 a
5 g	3,80 a	1,848 a	0,0175 a

Letras distintas para cada variable, indican diferencias significativas ($p < 0,05$) Tukey.

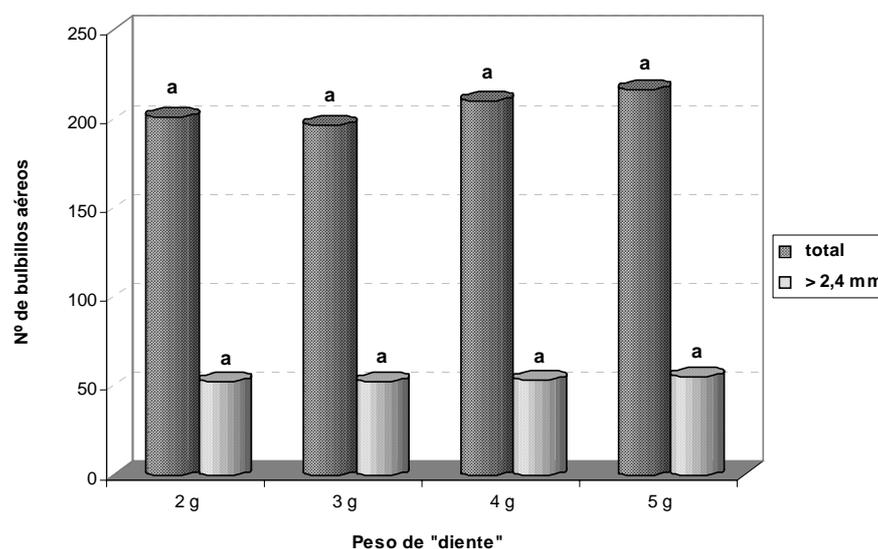


Figura 5.9: Producción de bulbillos aéreos de plantas provenientes de “dientes” de distinto peso, con escapos de igual longitud unidos a las plantas durante el “curado”, 1998.

Medias seguidas de la misma letra, no difieren significativamente ($p > 0,05$) Tukey.

Los resultados de los dos ensayos de este ciclo de cultivo, trabajando con escapos en planta entera durante el “curado”, ponen de manifiesto que la producción de bulbillos aéreos guarda una relación estrecha con la longitud del escapo y no con el tamaño del bulbo. Estos resultados junto con los correspondientes a los años anteriores, en donde los escapos de diferente longitud se mantuvieron separados del resto de la planta, confirman que el crecimiento de los bulbillos aéreos de ajo colorado “criollo” se produce fundamentalmente por removilización de sustancias de reserva del escapo durante el proceso de “curado”.

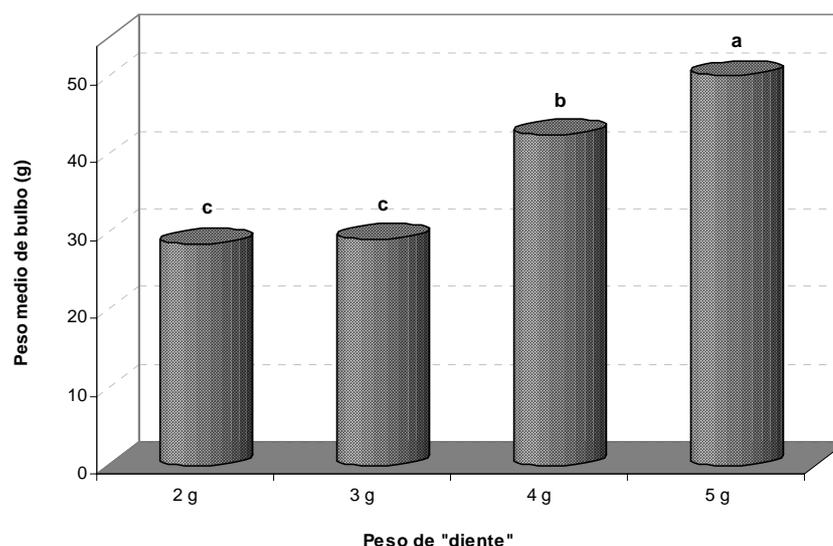


Figura 5.10: Efecto del peso de “diente” sobre el peso medio de los bulbos, 1998. Medias seguidas de distinta letra, difieren significativamente ($p < 0,05$) Tukey.

Al analizar los resultados obtenidos en todos los ensayos, se observa que la producción de bulbillos aéreos aumenta al incrementarse la longitud del escapo. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el corte en fresco del escapo es puerta de entrada a patógenos como el “moho verde” (*Penicillium* sp.), responsable de putrefacciones y pérdidas de calidad a mediano plazo. Por lo tanto, para evitar daños en el bulbo, se aconseja efectuar el corte del mismo aproximadamente a 15-18 cm desde el “cuello”, porque si bien puede ingresar algún hongo patógeno, éste difícilmente pueda llegar al bulbo (Burba y Lanzavechia 1993).

Además, teniendo en cuenta que un 82 % de los escapos del ajo colorado “criollo” miden entre 70 y 110 cm (Figura 5.11), se puede aconsejar por razones de practicidad, para evitar el desprendimiento de los bulbillos aéreos en el momento de su maduración y la posible mezcla de materiales, realizar el “curado” de estos escapos separados de las plantas.

Como la producción de bulbillos aéreos se incrementa con la longitud de los escapos, éstos se deberían cortar de la mayor longitud posible dejando por lo menos 15 cm de escapo unido al bulbo para que no se vea afectada su calidad. En las plantas con escapos de 60 cm o menos (18 % de todos los escapos formados), convendría realizar el “curado” de los escapos unidos a las plantas y bajo techo, para no disminuir la calidad del bulbo ni la producción de bulbillos aéreos.

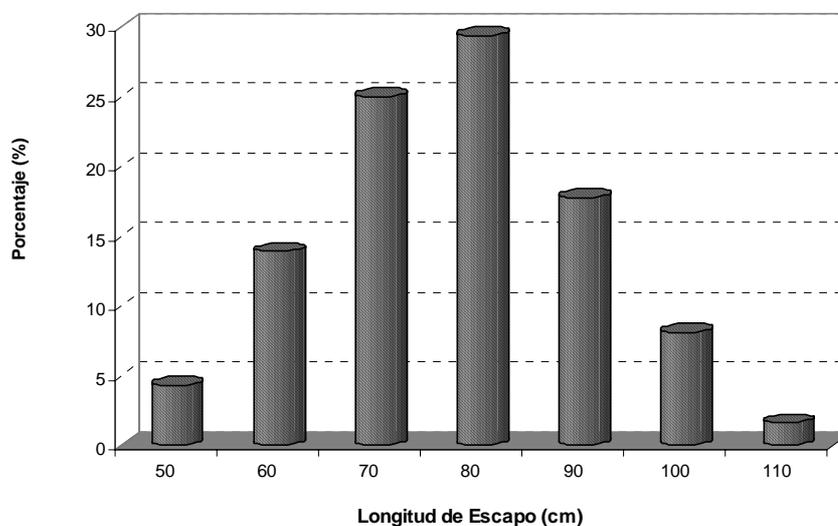


Figura 5.11: Distribución de la longitud de los escapos de plantas de ajo colorado “criollo” provenientes de “dientes” de 2 a 5 g.

4. CONCLUSIONES

Sobre la base de los resultados obtenidos en estos ensayos, para las poblaciones clonales AR-I-033 y AR-I-051 se concluye que:

- La longitud del escapo, en planta o separado de ella, afecta la producción de bulbillos aéreos en forma directamente proporcional.
- El tamaño de “diente” plantado, a igualdad de longitud de escapo, afecta la producción de bulbos pero no la de bulbillos aéreos.
- La inmersión de la base de los escapos cortados en agua o en solución nutritiva con y sin CCC, en los niveles ensayados, no aumentan la producción de bulbillos aéreos.
- La longitud de corte del escapo en el material “ruso” puede ser menor que en el “criollo”, para obtener una misma producción de bulbillos que unido a la planta.
- La longitud de corte del escapo en ajo “criollo”, con escaso crecimiento de los bulbillos aéreos en el campo, no debería ser inferior a 50 cm.
- En ajo “ruso”, que presenta al momento de cosecha de las plantas un desarrollo avanzado de los bulbillos aéreos, los escapos pueden cortarse de menor longitud, sin afectar la producción de bulbillos aéreos.

5. BIBLIOGRAFÍA

- ALJARO URIBE, A. 1991. Cosecha y procesamiento de ajos. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p.137-143 (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- ANDREOLI, C.; MAGUIRE, J. 1994. Abscisic acid in seed development and germination of carrot. *Pesq. Agropec. Bras.* 25(6):793-800.
- BIRECKA, H. 1967. Isotopes in plant nutrition and physiology. Vienna Ins. Atom. Energy Agr. Bull. 189.
- BOTTI, C.G.; KRARUP, C.H. 1978. Morfogénesis de la floración y ciertas anomalías en el desarrollo de ajo (*Allium sativum* L.) cv. Valenciano Rosado. *Inv. Agrícola (Chile)* 4(1):1-6.
- BUCKHOUT, T.J.; TUBBE, A. 1996. Structure, mechanisms of catalysis, and regulation of sugar transporters in plants. In: Zamski, E.; Schaffer eds. Photoassimilate distribution in plants and crops, source-sink relationships, A.A.. Marcel Dekker, Inc. Cap. 10. p. 229-260.
- BURBA, J.L. 1989. Cosecha, preparación y almacenamiento de ajo "semilla". In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (1989 y 1991, 1 y 2, Mendoza). Mendoza, INTA Regional Cuyo p. 25-27. (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- BURBA, J.L. 1997. Panorama mundial y nacional de poblaciones y cultivares de ajo. Posibilidades de adaptación. In : J.L. Burba editor. 50 temas sobre producción de ajo, INTA Estación experimental La Consulta, Mendoza. v. 2, p. 11-31.
- BURBA, J.L.; LANZAVECHIA, S. 1993. Manejo post-cosecha de ajo: secado. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (3, 1993, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta p.333-346.
- BURBA, J.L.; GOMEZ RIERA, P.; LANZAVECHIA, S. 1996. Clasificación de clones de ajo (*Allium sativum* L.) por el hábito de floración. *Horticultura Argentina* 15(39):44-50.
- CHENG, S.S. 1981. Sexual process in garlic (*Allium sativum* L. cv. 'Chonan'). In: Congresso Anual da Sociedade Americana de Ciências Hortícolas- Região Tropical (29). Congresso Brasileiro de Olericultura (21). I Congresso da Sociedade Brasileira de Floricultura e Plantas Ornamentais (2, 1981, Brasil). Campinas-SP, Brasil. Resumen 29.
- CHERNYKH, A.N. 1986. Clove size and yield structure of scape-forming garlic. *Kartofel' i Ovoshchi* 1:35.
- CLIFFORD, P.E.; OFFLER, C.E.; PATRICK J.W. 1986. Growth regulators have rapid effects on photosynthate unloading from seed coats of *Phaseolus vulgaris* L. *Plant Physiology* 80:635-637.

- ETOH, T.; NOMA, Y.; NISHITARUMIZU, Y.; WAKAMOTO, T. 1988. Seed productivity and germinability of various garlic clones collected in Soviet Central Asia. Mem. Fac. Agr. Kagoshima Univ. 24:129-139.
- EVANS, G.C. 1982. The quantitative analysis of plant growth. Blackwell Scient. Publ. London. 744 p.
- GABRIEL, E. 1997. Uso de bulbillos aéreos para la producción de ajo "semilla". En: J.L. Burba editor. 50 temas sobre producción de ajo. vol. 2 INTA Estación Experimental La Consulta, Mendoza. p.70-74.
- GIFFORD, R.M.; THORNE, J.H. 1986. Phloem unloading in soybean seed coats: dynamics and stability of efflux into attached 'empty ovules'. Plant Physiology 80:464-469.
- HUNT, R. 1978. Plant growth analysis. Studies in Biology N° 96. E. Arnold Publ. London.
- ILIN, Z.; LAZIC, B.; DUROVKA, M. 1988. Influence of season and way of harvest on the yield and quality of onion seed. In: Eucarpia Allium Symposium (4, 1988, United Kingdom). Institute of Horticultural Research, Wellesbourne, Warwick and University of Warwick, Coventry, United Kingdom.
- ILIC, Z.; BARAC, S.; BIBERDZIC, M.; STOJKOVIC, S. 1996. Influence of harvest date and method on yield and quality of onion seed. Selekcija I Ssemenarstvo III (1-2):27-32.
- KHAISIN, M.F.; SPORISH, I.V. 1991. Correlations between quantitative characters in garlic of the bolting type. Seleksiya i Semenovodstvo (Moskva) 3:16-18.
- KOTHARI, I.L.; SHAH, J.J. 1974. Histogenesis of seed stalk and inflorescence in garlic. Phytomorphology 24(1/2):42-48.
- KOUL, A.K.; GOHIL, R.N. 1970. Causes averting sexual reproduction in *Allium sativum* Linn. Cytologia 35 :197-202.
- KUZ'MINA, G.G. 1997. Endogenous indolacetic and abscisic acid in leaves and reproductive organs at the late stages of plant development. Russian Journal of Plant Physiology 44(5):668-672.
- LIPINSKI, V.; GAVIOLA de HERAS, S.; FILIPPINI, M.F. 1993. Influencia del riego, la fertilización nitrogenada y el tamaño de diente sobre el rendimiento y calidad del ajo colorado en el Valle de Uco. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (3, 1993, Mendoza). Mendoza, INTA. EEA La Consulta, p. 235-245.
- MOREL, G. 1948. Recherches sur la culture associée de parasites obligatoires et des tissus végétaux. These. Ann des Epiphyties 14:123-235.
- MORRIS, D.A. 1996. Hormonal regulation of source-sink relationships: an overview of potential control mechanisms. In: Zamski, E.; Schaffer eds. Photoassimilate distribution in plants and crops, source-sink relationships, A.A.. Marcel Dekker, Inc. Cap. 19. p. 441-465.

- NITSCH, J.P. 1951. Growth and development of excised ovaries. *Am J. of Bot.* 38:566-578.
- POOLER, M.R.; SIMON, P.W. 1994. True seed production in garlic. *Sex Plant Reprod.* 7:282-286.
- RADEMACHER, W. 1991. Biochemical effects of plant growth retardants. In: Harold W.Gausman ed. *Plant Biochemical Regulators*, A.A.. Marcel Dekker, Inc., New York Cap. 10. p. 169-200.
- REGINA, S.M. 1979. A obtenção económica do alho-semente. *Agroquímica. CIBA-GEIGY, Sao Paulo.* 11:4-13.
- ROSELL, G.; DE BERTOLDI, F.G.; TIZIO, R. 1987. In vitro mass tuberisation as a contribution to potato micropropagation. *Potato Research* 30:111-116.
- ROSSI JAUME, M.; GOLENIOWSKI, M.; TIZIO, R. 1986. Interaction of CCC [(2-chloroethyl)trimethylammonium chloride] with a foliar nutrient solution on sucrose content in leaves and roots of red beet (*Beta vulgaris* L.). *J. Plant Physiol.*124:171-175.
- SALUZZO, J. 1989. Distribución espacial en plantaciones de ajo. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p.22-24 (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- SAS 1988 Institute Inc. SAS/STAT. ANOVA Procedures. User's Guide- Release 6.03 Edition. Cary, NC:SAS Institute INC., 1028 pp.
- STAHLSCHMIDT, O.M; BORGIO, R; CAVAGNARO, J.B. 1993. Ecofisiología del ajo. 4. Efecto del sitio de cultivo sobre aspectos del crecimiento y producción de ajo blanco. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (3, 1993, Mendoza). Mendoza, INTA. EEA La Consulta, p. 141-144.
- STAHLSCHMIDT, O.; CAVAGNARO, J.B.; BORGIO, R. 1997. Influence of planting date and seed cloves size on leaf area and yield of two garlic cultivars (*Allium sativum* L.). *Acta Horticulturae* 433:519-525
- TIZIO, R.M. 1979a. Floraison in vitro de l'ail (*Allium sativum* L.). *C.R. Acad. Science Paris*, t.289. Serie D:401-404.
- TIZIO, R.M. 1979b. Contribution à l'étude du mécanisme hormonal de tuberisation de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.). Thèse Doctorat (Etat) ès Sciences Naturelles, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- THOMAZELLI, L.F.; DA SILVA, R.F.; BIASI, J.; SEDIYAMA, C.S.; FEORO, I. 1993. Efeito da época de colheita e do comprimento da haste floral na produção e qualidade de sementes de cebola. *Revista Brasileira de Sementes* 15(2):187-190.
- WHITE, P.R. 1943. A handbook of plant tissue culture. The Jacques Cattell Press. Lancaster, Pennsylvania, USA.

- WANG, W.H.; TAN, Z.Y.; JI, S.Y. 1988. Effects of abscisic acid on senescence of garlic (*Allium sativum* L.) scape. Acta Botanica Sinica 30(2):169-175.
- WANG, Yi.; LOU CHENGHOU; YANG SHIJE 1996. Ultrastructural changes of parenchyma cells in detached garlic scape during storage. Horticultural Abstracts 66(2): Res 1280.
- XU PEIWEN; SUN HUIHENG; SUN RUIJIE; YANG YUANJUN; ZHANG DECHANG 1997. Rapid propagation of virus-free garlic and a systematic scheme for seed garlic production. Acta Horticulturae 433:329-325.
- ZHANG, W.C.; YAN, W.M.; CHEN, Z.Q.; LOU, C.H. 1981. Intercellular transport of macromolecular substances as a means of redistribution of cellular contents in detached garlic scape. Acta Bot. Sin. 23(3):169-175.

CAPÍTULO 6

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS GLOBAL

1. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS GLOBAL

Los distintos genotipos de ajo “colorado” estudiados no solamente presentan diferencias en cuanto a la fecha de emisión de escapos (Burba *et al.* 1996) o aptitud de floración como ha sido citado para otros materiales (Messiaen *et al.* 1993; Pooler and Simon 1993) sino también en los porcentajes de bulbificación aérea y producción de bulbillos aéreos.

Se distinguen, por su modalidad de floración y potencialidad de producción de bulbillos, 5 grupos constituidos por: clones de floración temprana, con baja producción de bulbillos (Asiáticos); clones de floración semitemprana con el más alto porcentaje de floración y producción de bulbillos aéreos de todos los materiales evaluados (Rusos); clones de floración semitardía con alto porcentaje de floración y producción de bulbillos aéreos (Incógnitas); clones de floración semitardía y baja producción de bulbillos (Criollos) y clones de floración tardía, con bajo porcentaje de floración y nula producción de bulbillos (Españoles).

Estos resultados corroborarían la primera de las hipótesis planteadas, la que hacía referencia a que el momento de emisión de escapo y la capacidad de producir bulbillos aéreos varía de acuerdo al genotipo considerado. La clasificación lograda teniendo en cuenta estos dos parámetros, presenta algunas diferencias en cuanto a las poblaciones clonales que los constituyen, con respecto al agrupamiento logrado por Burba *et al.* (1996) al evaluar sólo floración.

Además, fue posible observar que en aquellos materiales con un período más prolongado desde floración a cosecha, mayor es la longitud de escapo, porcentaje de bulbificación, diámetro de espata, y finalmente se obtiene un mayor rendimiento en bulbillos aéreos.

Según Burba y Gómez Riera (1997) la producción de bulbos guarda una estrecha relación con el número de días desde plantación a bulbificación, debido a un mayor desarrollo del área foliar que servirá de fuente para los bulbos en crecimiento (Fernández *et al.* 1991). Sin embargo, de acuerdo a los resultados de estos ensayos, la producción de bulbillos aéreos se ve más afectada por el tiempo de crecimiento del escapo y de los bulbillos en el campo, es decir el tiempo transcurrido desde la formación de los bulbillos aéreos a la cosecha de las plantas.

Así como el área foliar es la fuente para el llenado de los bulbos, el estudio de las distintas poblaciones clonales y los resultados obtenidos en los ensayos poscosecha indican que el escapo es la fuente para los bulbillos aéreos. El llenado de los bulbillos aéreos durante el “curado” no se ve afectado por la separación del escapo del resto de la planta y la producción de bulbillos aumenta al incrementarse la longitud del mismo.

Finalmente se pudo definir una ecuación que permite determinar la producción de bulbillos aéreos mayores de 2,4 mm en función del diámetro de espata (espa) y la longitud del escapo (long) al momento de cosecha.

$$\text{Numa} = - 81,62 + 4,79 \text{ espa} + 1,05 \text{ long} \quad (r^2 = 0,88)$$

Como segunda hipótesis se planteó que el ajo libre de OYDV (*onion yellow dwarf potyvirus*) y LYSV (*leek yellow stripe potyvirus*) produce más bulbillos aéreos que el ajo enfermo. A través de los resultados de los ensayos se rechaza esta hipótesis. La mayor producción del material enfermo se debe a que éste emite los escapos antes en el ciclo de cultivo y presenta mayor porcentaje final de floración, sin modificar la producción de bulbillos útiles de cada una de las plantas.

El material crónicamente enfermo da origen a plantas que emiten el escapo floral 8 a 14 días antes en el ciclo de cultivo y alcanzan un número final de plantas florecidas mayor (20 a 30 %) que las saneadas de virosis. A pesar de ello, la longitud del período de floración se mantiene invariable con respecto al estado sanitario del material y depende únicamente del policlón considerado

Matsubara *et al.* (1990) al evaluar tres escapos de material enfermo y libre de virus de un solo clon de ajo, mencionan un aumento del número de bulbillos aéreos en las plantas libres de virus (20 %). En los presentes ensayos, en la población clonal de ajo “criollo” el material crónicamente enfermo presenta mayor número total de bulbillos por planta mientras que en el ajo “ruso” es mayor en el material saneado, comportándose este último igual que el clon evaluado por Matsubara. Sin embargo, no se observan diferencias en el número de bulbillos útiles (mayores de 2,4 mm) producidos por planta. El número de estos bulbillos no se ve afectado por el saneamiento en el ajo “colorado criollo” y en el “ruso” no se ve alterado o disminuye. En otras especies también han sido citadas respuestas diferenciales según la cultivar. Así, en papa infectada o no con PVY^{NTN} los cambios morfológicos y en los pigmentos fotosintéticos observados dependían de la cultivar considerada (Anzlovar *et al.* 1996).

Finalmente al presentar las plantas enfermas y saneadas igual producción de bulbillos útiles por planta y al alcanzar las plantas saneadas un número final de plantas florecidas por hectárea menor que las enfermas, la producción por hectárea de bulbillos aéreo útiles es inferior en el material saneado de virosis.

Si bien las plantas saneadas presentan a cosecha mayor peso seco y producción de bulbos que las crónicamente enfermas, como ha sido citado por otros autores (Conci 1989; Conci y Helguera 1991; Conci *et al.* 1995; Resende *et al.* 1995; Sosa *et al.* 1995), el patrón de emisión de escapos de materiales crónicamente enfermos y saneados, como así también la partición de materia seca a los distintos

órganos y en especial a escapo y bulbillos, no había sido evaluado en trabajos anteriores. Se determina que las plantas crónicamente enfermas particionan significativamente más materia seca a las varas y bulbillos aéros que las saneadas, lo que explicaría la ausencia de diferencias en la producción de bulbillos aéreos por planta.

El efecto del saneamiento viral sobre la producción de bulbos y emisión de escapos se asemeja al comportamiento observado en plantas de ajo fertilizadas con N, tanto con respecto a floración (Krarup y Trobok 1975; Borgo *et al.* 1995; Guiñazú *et al.* 1997) como a la producción de bulbos (Sotomayor 1975; Escaff y Aljaro 1982; Lipinski y Filippini 1991; Gaviola de Heras *et al.* 1991 y Lipinski *et al.* 1993). Como ha sido mencionado que los virus pueden disminuir la cantidad de N soluble en las plantas (Agrios 1996), es posible pensar que los resultados observados se deban a una disminución del contenido de N en las plantas enfermas. En cebolla la mayor relación C/N ha sido citada como la causa de la iniciación a floración (Shishido and Saito 1976; Brewster 1985), observándose un incremento del porcentaje de floración al disminuir el suplemento de nitrógeno (Brewster 1983; Brewster and Butler 1989). Con respecto a la bulbificación, en ajo una menor cantidad de N disminuye la producción y hay menos deformaciones en los bulbos (Lipinski y Filippini 1991), de la misma manera que se observa en el material crónicamente enfermo.

Los resultados obtenidos por otros autores sobre el efecto de la fertilización nitrogenada en la emisión de escapos es aparentemente contradictorio, algunos citan que la disminuye (Krarup y Trobok 1975; Borgo *et al.* 1995), otros que la aumenta (Takagi 1990), o que no se modifica al aumentar las dosis de fertilizante nitrogenado empleadas (Seno *et al.* 1994), no existiendo datos sobre su influencia en la producción de bulbillos aéreos. Con respecto al tamaño de “diente” utilizado en la plantación Takagi (1990) menciona que, para una misma fecha de plantación el porcentaje de emisión de escapos aumenta al incrementarse el peso de los “dientes”, pero no cita su influencia en la producción de bulbillos aéreos. Chernykh (1986) menciona que la disminución del peso de los “dientes” reduce más la producción de bulbos que la de bulbillos aéreos, sin embargo no hace referencia a la emisión de los escapos.

Los resultados de estos ensayos con el policlón de ajo “colorado criollo” AR-I-051, permiten concluir que la fertilización con nitrógeno retrasa la emisión de los escapos florales y disminuye el porcentaje final de floración, igual comportamiento se observa al aumentar el tamaño de los “dientes” empleados en la plantación. La ausencia de fertilización nitrogenada, como así también la utilización de “dientes” chicos (1 a 2,5 g), aumentan un 10 % a 20 % el porcentaje de emisión de escapos con respecto a las plantas fertilizadas (50 ó 100 kg.ha⁻¹ de N) u originadas a partir de “dientes” de mayor peso (3 a 5,5 g)

Takagi (1990) y Seno *et al.* (1994) realizaron sus ensayos de fertilización con las cultivares Yamagata y Roxo Pêrola de Caçador, respectivamente. Dichas cultivares corresponden a grupos equivalentes al Grupo IV argentino (Burba 1997), al cual pertenece el material empleado en este ensayo. Sin embargo, estos autores emplearon “dientes” con una previa inducción por frío, dos meses a 4 ó 5 °C, condición necesaria para la inducción a floración (Nakamura 1985; Takagi 1990; Pooler and Simon 1993), lo que explicaría la respuesta de floración obtenida por ellos.

Aparentemente en ajo sucedería lo mismo que en cebolla, la ausencia o menor dosis de fertilizante nitrogenado favorece la emisión de escapos durante el período de inducción a floración y no una vez que el material fue inducido (Brewster 1983, Brewster and Butler 1989). En cebolla, los resultados obtenidos en plantas expuestas a un régimen bajo en N, fueron atribuidos a la relación C/N (Shishido and Saito 1976). Un bajo contenido de N ha sido correlacionado con un incremento de hidratos de carbono no estructurales necesarios para aumentar la iniciación de la inflorescencia (Shishido and Saito 1976; Brewster 1985).

Las plantas originadas de “dientes” chicos y no fertilizadas presentaron una tendencia a particionar más materia seca hacia escapo y bulbillos aéreos, con lo cual los tratamientos que dieron origen a plantas de menor peso seco (“dientes” chicos y ausencia de fertilización) priorizaron a los escapos como destinos. La fertilización o el aumento de tamaño de los “dientes” benefició en forma más notable la producción de bulbos. Otros trabajos (Gaviola de Heras *et al.* 1991 y 1993) confirman que la fertilización nitrogenada no sólo actúa disminuyendo la materia seca destinada a los escapos, en favor de la destinada a los bulbos, si no también disminuyendo la concentración de N dentro de los escapos y aumentando la misma en los bulbos al momento de cosecha.

Al implantar el cultivo con “dientes” grandes y fertilizar con nitrógeno aumentó el peso seco de las láminas correlacionándose positivamente y en forma altamente significativa, como lo habían establecido Buwalda (1986) y Stalhschmidt *et al.* (1997), con un mayor peso seco del bulbo a cosecha. Sin embargo, la correlación con el peso de los bulbillos aéreos en esa misma fecha (diciembre) fue negativa. El peso seco de los bulbillos aéreos fue afectado por el peso seco del escapo y mostró una relación altamente positiva.

El número y peso de los bulbillos aéreos por planta florecida, totales y mayores de 2,4 mm, fue similar para todos los tratamientos ensayados. Sólo se observa mayor número de bulbillos totales cuando también el peso seco del escapo en dichas plantas es superior.

El número de bulbillos mayores de 2,4 mm producidos por hectárea, aumenta significativamente al no fertilizar con nitrógeno y no se ve afectado por el tamaño de “diente” empleado en la plantación. Esta respuesta se debe al mayor porcentaje de floración observado al no fertilizar y emplear “dientes” chicos.

Al emplear material libre de OYDV y LYSV, “dientes” grandes, como al fertilizar con N se obtienen plantas de mayor tamaño y con mayor área foliar, lo que se ve traducido en un mayor rendimiento en la producción de bulbos. Sin embargo, disminuye la producción de bulbillos aéreos por hectárea debido al menor porcentaje de plantas que emiten escapos y no a la disminución del número de bulbillos por planta. De la misma manera, Ernest (1996) cita que un aumento en el suplemento de nutrientes incrementa la masa vegetativa, pero resulta en plantas que no florecen en el momento normal (*Phleum arenarium*) o no florecen (*Arnica montana*). En cambio todas aquellas condiciones que favorecen menor expresión vegetativa de las plantas aumentan la emisión de escapos. Una forma de adaptación al estrés ambiental o por competencia, está gobernada por un imperativo reproductivo. Así, la producción de descendencia tiende a mantenerse bajo estrés aún a costa de la detención del crecimiento vegetativo y la muerte acelerada de la planta (Grime 1996).

Como no habían antecedentes en ajo del manejo poscosecha de las plantas o escapos en la producción de bulbillos aéreos, los ensayos realizados permitieron dar algunos indicios sobre los factores que la afectan. Se determinó que se puede llevar a cabo el “curado” de los escapos separados de la planta madre, sin necesidad de realizar la inmersión de la base de los mismos en solución nutritiva o agua. La longitud a la cual se deben cortar los escapos de manera de no afectar la producción de bulbillos, depende del grado de crecimiento de los bulbillos en el campo. En ajo “ruso” que presenta al momento de cosecha de las plantas un desarrollo avanzado de los bulbillos aéreos, los escapos pueden cortarse hasta de 25 cm sin que se vea afectada la producción de bulbillos. Sin embargo, la longitud de corte del escapo en ajo “criollo”, con escaso crecimiento de los bulbillos aéreos en el campo, no deberían ser inferior a 50 cm.

En estos ensayos se comprueba que la longitud del escapo, en planta o separado de ella, afecta la producción de bulbillos aéreos en forma directamente proporcional. Se corrobora así la hipótesis de que la forma de conservación del escapo floral luego de la cosecha de las plantas, afecta la producción de bulbillos aéreos.

2. APLICACIONES

Los resultados de todos los ensayos realizados permiten concluir que la producción de bulbillos aéreos depende del genotipo considerado. La capacidad de los mismos de emitir escapos disminuye con el saneamiento viral (liberación de OYDV y LYSV), por lo

que la producción por hectárea de bulbillos aéreos útiles (> 2,4 mm) es menor que en el material crónicamente enfermo. El manejo a campo de los bulbillos aéreos mayores de 2,4 mm de diámetro ecuatorial medio ya ha sido estudiado (Gabriel 1997). En el esquema de producción de ajo "semilla" se podría recomendar utilizar los "dientes" grandes para la producción de bulbos subterráneos y los "dientes" chicos para la obtención de bulbillos aéreos, pudiéndose obviar en la producción de los mismos las fertilizaciones nitrogenadas.

Por razones de practicidad y para evitar el desprendimiento de los bulbillos aéreos durante el "curado" de las plantas con la posible mezcla de materiales, se puede aconsejar realizar el "curado" de los escapos separados de las plantas. La longitud de corte de los mismos dependerá de la longitud del escapo en planta y del crecimiento previo de los bulbillos en el campo. Como la producción de bulbillos aéreos se incrementa al aumentar la longitud de escapo, se deberían cortar los escapos de la mayor longitud posible, dejando por lo menos 15 cm de escapo unido al bulbo para que no se vea afectada la calidad del mismo (Burba y Lanzavechia 1993). Si la longitud del escapo fuera tal, que dejando 15 cm unido al bulbo, el escapo remanente resultara inferior a 25 cm en ajo "ruso" o 50 cm en ajo "criollo", el mismo debe mantenerse unido a la planta por que de lo contrario la producción de bulbillos se vería afectada en forma significativa.

En estos sistemas la tasa de multiplicación puede pasar de 13 a 70 en ajo "colorado criollo" y de 8 a 85 en ajo "ruso", es decir que se puede lograr un aumento del 450 % al 950 % respectivamente.

3. BIBIOGRAFÍA

- AGRIOS, G.N. 1996. Enfermedades de las plantas causadas por virus. In: Noriega eds. Fitopatología Cap. 14, Editorial Limusa, Méjico. p. 648-733.
- ANZLOVAR, S.; KOVAC, M.; RAVNIKAR, M. 1996. Photosynthetic pigments in healthy and virus-infected potato plantlets (*Solanum tuberosum* L.) grown in vitro. *Phyton* (Horn, Austria) 36(2):221-230.
- BORGO, R.; STAHLSCHMIDT, O.M.; CAVAGNARO, J.B. 1995. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la incidencia del "descanutado" y anormalidades en bulbos de ajo "colorado". In: Curso /Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (4, 1995, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta. p. 11F-17F.
- BREWSTER, J.L. 1983. Effects of photoperiod, nitrogen nutrition and temperature on inflorescence initiation and development in onion (*Allium cepa* L.). *Ann. Bot.* 51:429-440.

- BREWSTER, J.L. 1985. The influence of seedling size and carbohydrate status and of photon flux density during vernalization on inflorescence initiation in onion (*Allium cepa* L.). *Annals of Botany* 55:403-414.
- BREWSTER, J.L.; BUTLER, H.A. 1989. Inducing flowering in growing plants of overwintered onions: effects of supplementary irradiation, photoperiod, nitrogen, growing medium and gibberellins. *Journal of Horticultural Science* 64(3):301-312.
- BURBA, J.L. 1997. Panorama mundial y nacional de poblaciones y cultivares de ajo, posibilidades de adaptación. In : Burba J.L editor. 50 Temas sobre producción de Ajo. INTA Estación Experimental La Consulta, Mendoza. v.2, p. 11-31.
- BURBA, J.L.; GÓMEZ RIERA, P.; LANZAVECHIA, S. 1996. Clasificación de clones de ajo (*Allium sativum* L.) por el hábito de floración. *Horticultura Argentina* 15(39):44-50.
- BURBA, J.L.; GÓMEZ RIERA, P. 1997. Characterization, adaptation and selection of garlic germoplasm (*Allium sativum* L.) through the management of dormancy, in Mendoza, Argentina. *Acta Horticulturae* 433:151- 164.
- BURBA, J.L.; LANZAVECHIA, S. 1993. Manejo post-cosecha de ajo: secado. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (3, 1993, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta p.333-346.
- BUWALDA, J.G. 1986. Nitrogen nutrition of garlic (*Allium sativum* L.) under irrigation. *Crop growth and development. Scientia Horticulturae* 29:55-68.
- CHERNYKH, A.N. 1986. Clove size and yield structure of scape-forming garlic. *Kartofel' i Ovoshchi* 1:35.
- CONCI, V.C. 1989. Virus de ajo, diagnóstico y obtención de plantas libres. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p. 59-60 (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- CONCI, V.; HELGUERA, M. 1991. Caracterización, distribución y frecuencia de virus de ajo (*Allium sativum* L.). In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e industrialización de ajo (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p. 84-85 (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- CONCI, V.; CANAVELLI, A.; CAFRUNE, E.; NOME, S. 1995. Incidencia económica de las virosis en el cultivo de ajo. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de ajo. (4, 1995, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta. p. P5-P10.
- ERNEST, W.H.O. 1996. Population dynamics, evolution and environment: adaptation to environmental stress. In: Fowden, L.; Mansfield, T. and Stoddart, J. eds. *Plant adaptation to environmental stress*. Cap. 2, Chapman & Hall Press, London. p. 19-44.
- ESCAFF, M.; ALJARO, A. 1982. Dos ensayos sobre el efecto del nitrógeno y fósforo en ajo rosado. *Agricultura Técnica (Chile)* 42(2):143-147.

- FERNANDEZ, O.S. de; CAVAGNARO, J.B.; BURBA, J.L. 1991. Aspectos ecofisiológicos del cultivo de ajo tipo colorado en Mendoza. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e industrialización de ajo (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p. 104-105 (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- GABRIEL, E. 1997. Uso de bulbillos aéreos para la producción de ajo "semilla". En: J.L. Burba editor. 50 temas sobre producción de ajo. vol. II INTA Estación Experimental La Consulta, Mendoza. p.70-74.
- GAVIOLA de HERAS, S.; FILIPPINI de ZULUAGA, M.F.; LIPINSKI, V.M. 1991. Ritmo de crecimiento y absorción de nutrimentos en ajo (*Allium sativum* L.). Efecto de la fertilización sobre componentes del crecimiento del rendimiento en los tipos "blanco" y "colorado". In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo. p. 105-112. (Agro de Cuyo. Jornadas, 1).
- GAVIOLA de HERAS, S.; FILIPPINI, M.F.; LIPINSKI, V. 1993. Fertilización de ajo "Colorado" y "Blanco": Efecto sobre la concentración y absorción de N-P-K durante el ciclo de cultivo. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (3, 1993, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta p. 221-234.
- GRIME, J.P. 1996. Stress, competition, resource dynamics and vegetation process. In: Fowden, L.; Mansfield, T. and Stoddart, J. eds. Plant adaptation to environmental stress. Cap. 3, Chapman & Hall Press, London. p. 45-63.
- GUIÑAZÚ, M.E.; BURBA, J.L.; LIPINSKI, V.M. 1997. Efecto del tamaño de "diente semilla" y fertilización nitrogenada en la producción de bulbillos aéreos de ajo (*Allium sativum* L.). In: Congreso Argentino de Horticultura (20, 1997, Bahía Blanca) Resúmenes. Bahía Blanca, ASAHO. p. 76.
- KRARUP, H.C.; TROBOK, V. 1975. Efectos de sistemas de plantación sobre rendimiento, calidad del bulbo y aprovechamiento de la fertilización nitrogenada en ajo. Fitotecnia Latinoamericana 11(1):39-42.
- LIPINSKI, V.; FILIPPINI, M.F. 1991. Respuesta del ajo tipo "colorado" a la fertilización nitrogenada y fosfatada vs. la fertilización orgánica. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (1 y 2, 1989 y 1991, Mendoza). Mendoza, INTA Centro Regional Cuyo p. 113- 115. (Agro de Cuyo, Jornadas, 1).
- LIPINSKI, V.; GAVIOLA de HERAS, S.; FILIPPINI, M.F. 1993. Influencia del riego, la fertilización nitrogenada y el tamaño de diente sobre el rendimiento y calidad del ajo colorado en el Valle de Uco. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (3, 1993, Mendoza). Mendoza, INTA. EEA La Consulta, p. 235-245.
- MATSUBARA, S.; CHEN, D.; MASUDA, M.; MURAKAMI, K. 1990. Production and proliferation of bulbs from receptacles of virus free garlic plants. Scientific Reports of the Faculty of Agriculture, Okayama University (75), 9-13.

- MESSIAEN, C.M.; COHAT, J.; LEROUX, J.P.; PICHON, M.; BEYRIES, A. 1993. Les allium alimentaires reproduits par voie végétative. Messiaen, Cohat, Leroux, Pichon, Beyries eds., INRA, Paris. 225 p.
- NAKAMURA, E. 1985. Allium-Minor vegetables. In: A.H. Halevy (ed). CRC Handbook of Flowering. CRC Press, Boca Raton, Florida. v. 1 p.410-418.
- POOLER, M.R.; SIMON, P.W. 1993. Garlic flowering in response to clone, photoperiod, growth temperature, and cold storage. HortScience 28(11):1085-1086.
- RESENDE, F.V.; SOUZA, R.J.; PASQUAL, M. 1995. Comportamiento em condições de campo de clones de alho obtidos por cultura de meristema. Horticultura Brasileira, Brasília 13(1):44-46.
- SENO, S.; FERNANDES, F.M.; SASAKI, J.L.S. 1994. Influência de doses e épocas da aplicação de nitrogênio na cultura do alho (*Allium sativum* L.) cv. Roxo Pérola de Caçador, na região de Ilha Solteira-SP. Cultura Agrômica, Ilha Solteira, 3(1):9-20.
- SHISHIDO, Y.; SAITO, T. 1976. Studies on the flower bud formation in onion plants. II. Effects of physiological conditions on the low temperature induction of flower buds on green plants. J.Jpn. Soc. Hortic. Sci. 45(2):160-167.
- SOSA, M.C.; MUÑOZ, J.O.; NAVELINO, P.A. 1995. Incremento de los rendimientos con el uso de ajo de alta calidad sanitaria. In: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de ajo. (4, 1995, Mendoza). Mendoza, INTA EEA La Consulta. p. M69-M77.
- SOTOMAYOR, I. 1975. Efecto de la fertilización nitrogenada y densidad de plantas en la producción de ajos. Agricultura Técnica (Chile) 35(4):175-178.
- STAHLSCHMIDT, O.; CAVAGNARO, J.B.; BORGIO, R. 1997. Influence of planting date and seed cloves sizes on leaf area and yield of two garlic cultivars (*Allium sativum* L.). Acta Horticulturae 433:519-525.
- TAKAGI, H. 1990. Garlic *Allium sativum* L. In: Brewster J.L. and Rabinowitch H. D. eds. Onions and Allied Crops. Cap.6, CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. v. 3 p. 109-146.