



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



ÁREA DE CONSOLIDACIÓN:

MÉTODOS CUANTITATIVOS PARA LA INVESTIGACIÓN  
AGROPECUARIA

**Semejanzas y diferencias morfológicas de 24 cultivares  
de Ajo (*Alium sativum* L.) en respuesta a las condiciones  
climáticas de la provincia de Córdoba.**

**Tutor:** Ing. Agr. PhD. Balzarini, Mónica.

**Autores:** Agui, Laura.

Rodríguez, Marina.

# Semejanzas y diferencias morfológicas de 24 cultivares de Ajo (*Alium sativum* L.) en respuesta a las condiciones climáticas de la provincia de Córdoba.

**Realizado por:** Agui, Laura; Rodríguez, Marina

**Dirigido por:** Ing. Agr. PhD. Balzarini, Mónica.

**Año:** 2014

## **Introducción**

El ajo común (*Alium sativum* L.) pertenece a la familia de las Alliáceas para la taxonomía moderna. Esta hortaliza es una de las más importantes de la Argentina, tanto desde el punto de vista social, por la mano de obra que ocupa, como el económico, generando movimientos capitales por más de 200 millones de dólares por año.

Argentina ocupa el segundo lugar mundial como exportador, después de China. Más de 2000 productores cultivan aproximadamente 15000 hectáreas, de las cuáles el 85% se encuentran en la región de Cuyo (Mendoza y San Juan), seguida en importancia Córdoba y Buenos Aires.

Córdoba es la productora más importante de cultivares que abastecen principalmente el mercado interno (Burba,1993). A pesar de la trayectoria del cultivo en nuestra provincia, las cultivares tempranas (“rosado paraguayo” principalmente), sólo tienen valor como primicia, ya que dan bulbos que carecen de los atributos exigidos por los estándares comerciales. Esto es debido a las características climáticas de la región centro y a la respuesta ecofisiológica de las variedades disponibles (Ávila, 2005).

El ajo, plantado en otoño, tiene un crecimiento vegetativo inicial (CVI) donde genera las primeras hojas que serán las responsables de la acumulación de horas de frío durante el invierno. A medida que aumenta la temperatura, el follaje crece generando nuevas hojas, etapa denominada “de rápido crecimiento vegetativo” (RCV). Esta etapa finaliza al alcanzarse una longitud de día crítica y comienza la etapa “de rápido crecimiento de bulbo” (Gonzales, 2011). No obstante, los cultivares de ajo se subdividen en grupos fisiológicos en función del periodo de dormición, el que a su vez está fuertemente relacionado con los requerimientos de frío y fotoperiodo para bulbificar. Por lo tanto, es de esperar que las respuestas morfológicas de adaptación de cada cultivar a un mismo ambiente sean diferentes.

**Objetivos generales**

- Observar el comportamiento de diferentes cultivares de ajos en la provincia de Córdoba y su adaptación a las condiciones agroecológicas de la región, mediante observaciones morfológicas y fenológicas.

**Objetivos específicos**

- Agrupar cultivares de acuerdo a su comportamiento fenológico en la Provincia de Córdoba.
- Relacionar las variables morfofisiológicas que explican el comportamiento fenológico de los cultivares.

## **Materiales y métodos**

### **1. Descripción del ensayo**

El ensayo se llevó a cabo en el Banco de germoplasma de la Facultad de Ciencias Agropecuaria de la Universidad Nacional de Córdoba con el fin de realizar un análisis comparativo, de la respuesta morfofisiológica adaptativa a las condiciones climáticas de la región centro, de 24 cultivares inscriptos de ajo. El ensayo fue realizado en el campo escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba, camino a capilla de los remedios km 13.

Se trabajó con 23 materiales de distintos grupos fisiológicos (tabla N° 1) provenientes del Banco Nacional de Germoplasma (INTA La Consulta, Mendoza), y el “rosado paraguayo” como testigo de la experiencia.

Tabla N° 1: Cultivares analizados.

<b>CV</b>	<b>Grupo fisiológico</b>	<b>CV</b>	<b>Grupo Fisiológico</b>	<b>CV</b>	<b>Grupo Fisiológico</b>
RP	II	104	II	Pampeano	II
73	II	110	II	Lican	III
74	II	127	II	Blanco	III
80	II	149	II	Blanco Chino 2	III
91	II	153	II	Blanco chino 3	III
95	II	157	II	Norteño	III
97	II	Morado	II	Natalia	IV
Alpa Suquía	II	Serrano	II	Santa Cruceño	IV

La plantación de este ensayo se realizó el 05 de Marzo del 2013, sobre platabandas de 10 m de largo separadas a 70 cm, con una distancia entre plantas de 10 cm, obteniendo 100 plantas de cada cultivar. El modelo correspondió con un diseño de franjas apareadas. Para la elección de las “semillas” (dientes) se partió de 50 bulbos por variedad, los cuales fueron conducidos de acuerdo a las técnicas publicadas para producción de “semilla” de ajo en Argentina (Burba, 1993). Se seleccionaron bulbos por diámetro y dientes por peso. En el momento de la plantación, junto al diente, se realizó una aplicación de fungicida previo al tapado del diente. A lo largo del ciclo, se realizaron semanalmente control de malezas en forma mecánica.

A los 15 días se midió el porcentaje de emergencia de los cultivares, y cada 30 días se realizaron muestreos in vivo, en los cuales se contó el número de hojas verdes y totales, para determinar el comportamiento de cada cultivar frente a las horas de frío

Se realizó un muestreo destructivo, a los 190 días y 200 días, según si el cultivar era temprano o tardío, respectivamente. El muestreo consistió en extraer al azar 5 plantas por cultivar. Ambientalmente, el lote donde se realizó el ensayo, no presenta diferencias

significativas y sumado a la escasa dimensión del mismo, no se realizaron repeticiones. Una vez extraídas las plantas, se contó el número de hojas verdes y senescentes, se midió con un calibre el diámetro del bulbo y del pseudotallo. Luego, se secaron en estufa hasta peso constante, para así medir la biomasa del bulbo, pseudotallo y hojas. Con estos datos se calculó el índice de bulbificación, con el fin de determinar si al momento del muestreo las plantas habían comenzado a bulbificar. El índice de bulbificación es una relación entre el diámetro del bulbo y el diámetro del pseudotallo.

## 2. Análisis estadístico

### a. Análisis descriptivo.

Se realizó una tabla descriptiva de cada cultivar con las medias de todas las variables analizadas: *número de hojas totales, porcentaje de hojas secas, porcentaje hojas verde, biomasa del bulbo, biomasa del pseudotallo, biomasa de hojas, diámetro de bulbo, de pseudotallo e índice de bulbificación.*

Se realizó un gráfico de barra para las variables *hojas totales, porcentajes de hojas verdes, porcentaje de hojas secas, índice de bulbificación y diámetro de bulbo.* Se mantuvo el mismo orden de los cultivares en el eje X a fin de facilitar la observación del comportamiento de las variables entre ellas y el cultivar.

### b. Análisis de la Varianza (ANAVA)

Se realizó a modo exploratorio un análisis de la varianza. Se tomó *Hojas totales, porcentaje de hojas verdes, porcentaje de hojas secas e índice de bulbificación* como variable dependiente y Fecha de muestreo, Grupo fisiológico y Cultivar como criterio de clasificación. Posteriormente se realizó la comparación de medias para el criterio Fecha de muestreo utilizando una Prueba de Di Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC) con un nivel de significación  $\alpha=0,05$ .

Para analizar las diferencias entre cultivares se hizo un ANAVA, particionado por fecha de muestreo y se comparó con la prueba DGC con el mismo nivel de significancia.

### c. Análisis Multivariado.

Debido a la característica de la base de datos en estudio: 24 cultivares de ajo, 9 variables observadas por cada cultivar, y distinta unidad de medida en cada observación; se decidió realizar un análisis multivariado para su interpretación.

La estadística multivariada es usada para describir y analizar observaciones multidimensionales obtenidas al relevar información sobre varias variables para cada caso en estudio (cultivares). La organización de datos para un análisis multivariado se realiza en forma de una matriz con  $n$  filas (casos) conteniendo las  $p$  características (variables) registradas sobre un mismo individuo. Cuando más de tres variables son relevadas para cada caso la visualización directa de las observaciones no es posible, por ello se utilizan técnicas de reducción de dimensión y proyecciones de la nube de puntos que representan las observaciones en espacios de fácil visualización como es el plano. **InfoStat** permite aplicar técnicas de análisis para

entender la relación entre variables medidas simultáneamente, comparar, agrupar y/o clasificar observaciones en función de varias variables o variables en función de observaciones.

Se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) y se pidió un gráfico Biplot, estas son técnicas generalmente utilizadas para reducción de dimensión. Las técnicas de reducción de dimensión permiten examinar todos los datos en un espacio de menor dimensión que el espacio original de las variables. Con el ACP se construyen ejes artificiales (*componentes principales*) que permiten obtener gráficos de dispersión de observaciones y/o variables con propiedades óptimas para la interpretación de la variabilidad y covariabilidad subyacente. Los biplots permiten visualizar observaciones y variables en un mismo espacio, así es posible identificar asociaciones entre observaciones, entre variables y entre variables y observaciones.

Luego del ACP se realizó un Análisis De Conglomerados con la finalidad de obtener mayor conocimiento sobre la estructura de las variables en estudio y facilitar la visualización de relaciones y agrupaciones de las variables. El análisis de conglomerado permite implementar distintos procesos para agrupar objetos por un conjunto de valores. Se utilizó el método Promedio (Average Linkage), con la distancia Euclídea y se estandarizaron los datos. Para la interpretación del gráfico se trazó una línea de corte a una distancia del 50% de la distancia máxima, siendo éste un criterio frecuentemente utilizado.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

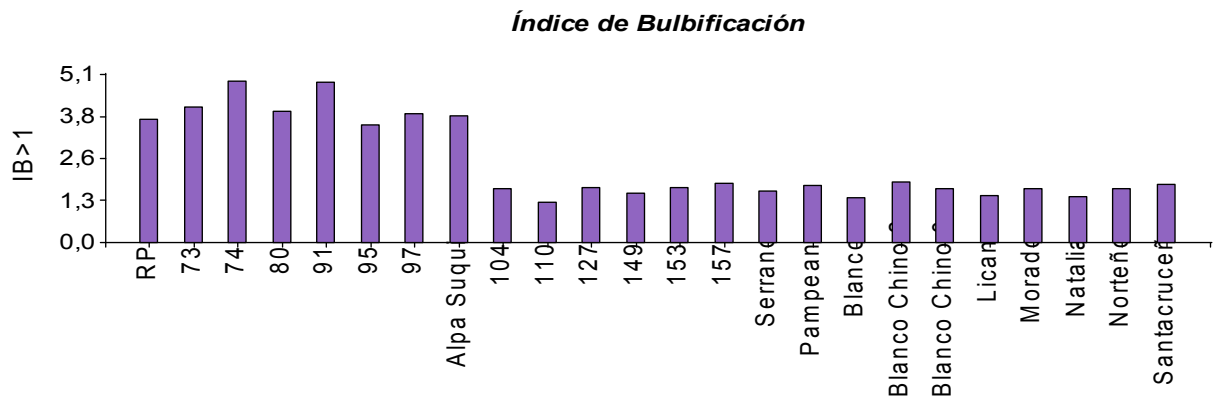
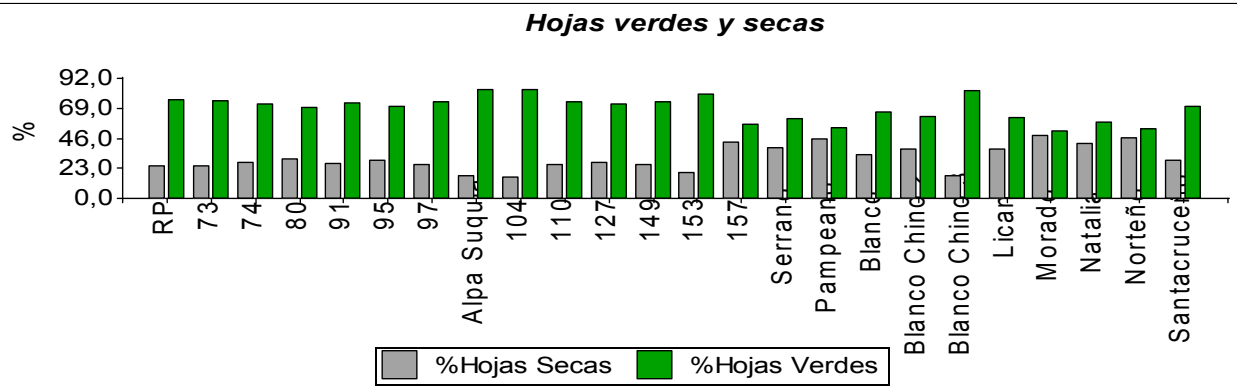
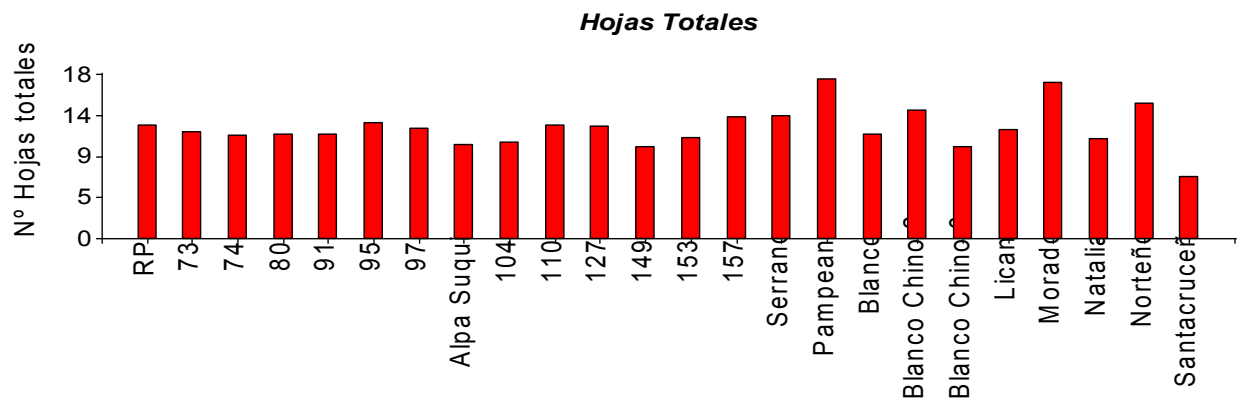
Para cada cultivar se evaluó la media de cada variable muestreada (Tabla nº 2).

En la Figura N° 1 se observa gráficamente para cada cultivar el promedio de las variable hojas totales, porcentaje de hojas verdes y secas, índice de bulbificación y diámetro de bulbo. Analizando las variables en su conjunto, hay un grupo (de RP a Alpa suquia) que tiene un alto índice de bulbificación, evidenciado en el diametro del bulbo, y un alto porcentaje de hojas verdes en relación a las hojas totales. Un comportamiento diferente mostró otro grupo de cultivares (serrano, pampeano, 157, morado y natalia) que tiene un bajo índice de bulbificación y diametro de bulbo y alto porcentaje de hojas secas.

Tabla nº 2: Caracterización morfofisiológica de cultivares de ajo en la provincia de Córdoba (Valores promedio).

CV	Hojas Totales	Hojas Secas (%)	Hojas Verdes (%)	IB>1	D. Bulbo (mm)	D. Pst (mm)	P.Bubo (g)	P. Pst (g)	P. Hojas (g)
104	10,6	16,5	83,5	1,6	28,1	17	3,8	1	7,1
110	12,5	25,9	74,1	1,2	25,4	21,4	3,3	0,9	7,8
127	12,4	27,4	72,6	1,7	28,8	17,2	3,4	0,7	6,6
149	10,2	25,8	74,2	1,5	24,4	16,8	2,4	0,7	5,4
153	11,2	19,7	80,3	1,7	29,8	18	3,3	0,9	6,8
157	13,4	43,1	56,9	1,8	26,5	14,6	2,4	0,5	6,2
73	11,8	25,2	74,8	4,1	45,8	11,1	12,9	0,3	6,1
74	11,4	27,9	72,1	4,9	52,1	10,4	11,2	0,4	4,8
80	11,6	30,1	69,9	4	40,2	10,1	9,1	0,3	4,4
91	11,6	26,8	73,2	4,9	37,3	7,6	7,9	0,2	2,7
95	12,8	29,5	70,5	3,6	47,2	13,2	13,5	0,5	7,4
97	12,2	25,7	74,3	3,9	43,1	11,1	10,6	0,4	5,9
Alpa Suquia	10,4	16,9	83,1	3,8	46,8	12,5	12,1	0,8	7,3
Blanco	11,6	34	66	1,4	24,8	18,3	2,3	0,5	9,6
Blanco Chino 2	14,2	37,5	62,5	1,8	25,4	14	3,2	0,9	6,8
Blanco Chino 3	10,2	17,2	82,8	1,6	27,2	16,7	3,4	0,7	7,1
Lican	12	37,7	62,3	1,4	24,3	17,1	2	0,5	7,8
Morado	17,2	48,2	51,8	1,7	31,9	19,4	4,2	0,8	10,2
Natalia	11	41,8	58,2	1,4	21,1	15	1,3	0,4	5,4
Norteño	15	46,4	53,6	1,6	32,3	20,1	4,3	0,6	9,6
Pampeano	17,6	45,7	54,3	1,7	34,4	19,9	5	0,7	11,6
RP	12,6	24,7	75,3	3,7	41,1	11,1	9	0,5	5,7
Santacruceño	6,8	29,2	70,8	1,8	14,6	8,8	0,7	0,2	2
Serrano	13,6	39	61	1,6	28,7	19,9	3,6	0,7	8,9

CV: Cultivar; IB>1: índice de bulbificación; D. Bulbo: diámetro de bulbo; D. Pst: diámetro de pseudotallo; P.Bubo: diámetro de bulbo; P. Pst: peso de pseudotallo; P. Hojas: peso de hojas.





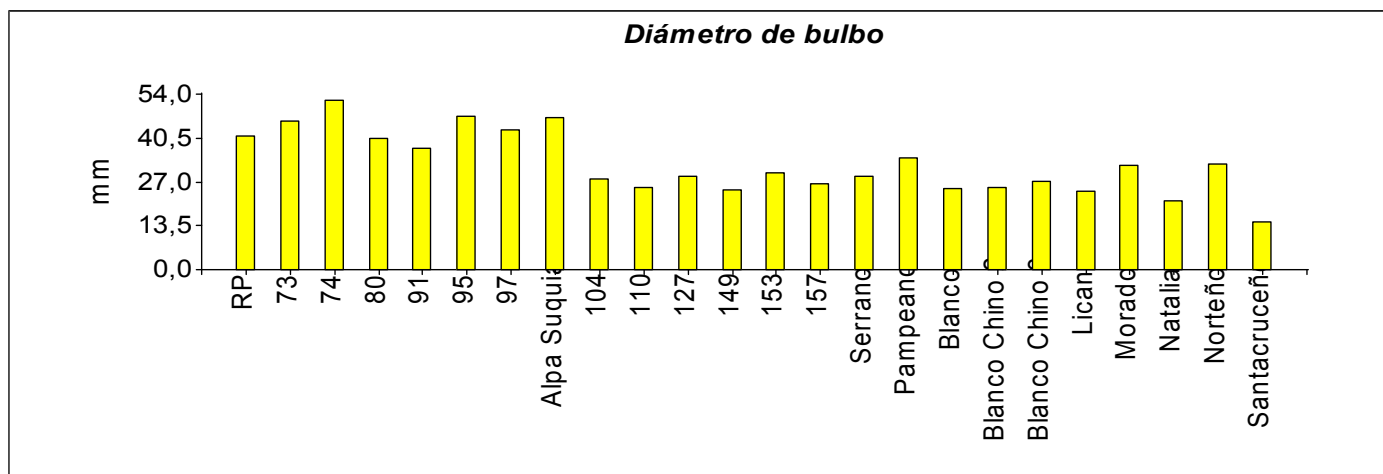


Figura n° 1: Gráfico de barras de valores promedio de las variables Hojas totales, % de hojas verdes y secas, Índice de bulbificación y diámetro de bulbo.

Para las variables analizadas sólo se obtuvo diferencias significativas para Índice de bulbificación en el grupo fisiológico al obtenerse un p-valor mayor a 0,05, como se observa en la tabla n° 3.

Tabla n°3: Análisis de la varianza de las variables *hojas totales, porcentaje de hojas secas, porcentaje de hojas verdes e índice de bulbificación* para los criterio de clasificación *fechas de muestreo, grupo fisiológico y cultivar.*

Hojas Totales					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	586,66	23	25,51	7,98	<0,0001
Fecha Muestreo	51,65	1	51,65	16,17	0,0001
Grupo Fisiológico	292,08	2	146,04	45,71	<0,0001
CV	242,93	20	12,15	3,8	<0,0001
Error	309,9	97	3,19		
		12			
Total	896,56	0			
Porcentaje de hojas secas					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	10533,98	23	458	7,52	<0,0001
Fecha Muestreo	5356,7	1	5356,7	87,98	<0,0001
Grupo Fisiológico	1080,39	2	540,2	8,87	0,0003
CV	4096,89	20	204,84	3,36	<0,0001
Error	5906,19	97	60,89		
		12			
Total	16440,17	0			
Porcentaje de hojas verdes					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	10533,98	23	458	7,52	<0,0001
Fecha Muestreo	5356,7	1	5356,7	87,98	<0,0001
Grupo Fisiológico	1080,39	2	540,2	8,87	0,0003
CV	4096,89	20	204,84	3,36	<0,0001

<b>Error</b>	5906,19	97	60,89		
			12		
<b>Total</b>	16440,17	0			
<b>Índice de bulbificación</b>					
<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo.</b>	183,41	23	7,97	40,86	<0,0001
<b>Fecha Muestreo</b>	65,77	1	65,77	336,97	<0,0001
<b>Grupo Fisiológico</b>	0,15	2	0,08	0,39	0,6759
<b>CV</b>	117,49	20	5,87	30,1	<0,0001
<b>Error</b>	18,93	97	0,2		
			12		
<b>Total</b>	202,34	0			

La figura n° 2 muestra mediante un grafico de barras la varianza observada para el criterio de clasificación fecha de muestreo. Ambas fechas tuvieron diferencias significativas para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$  . Para analizar correctamente los cultivares se particionó por fecha de muestreo, representado en la figura n° 3 y 4.

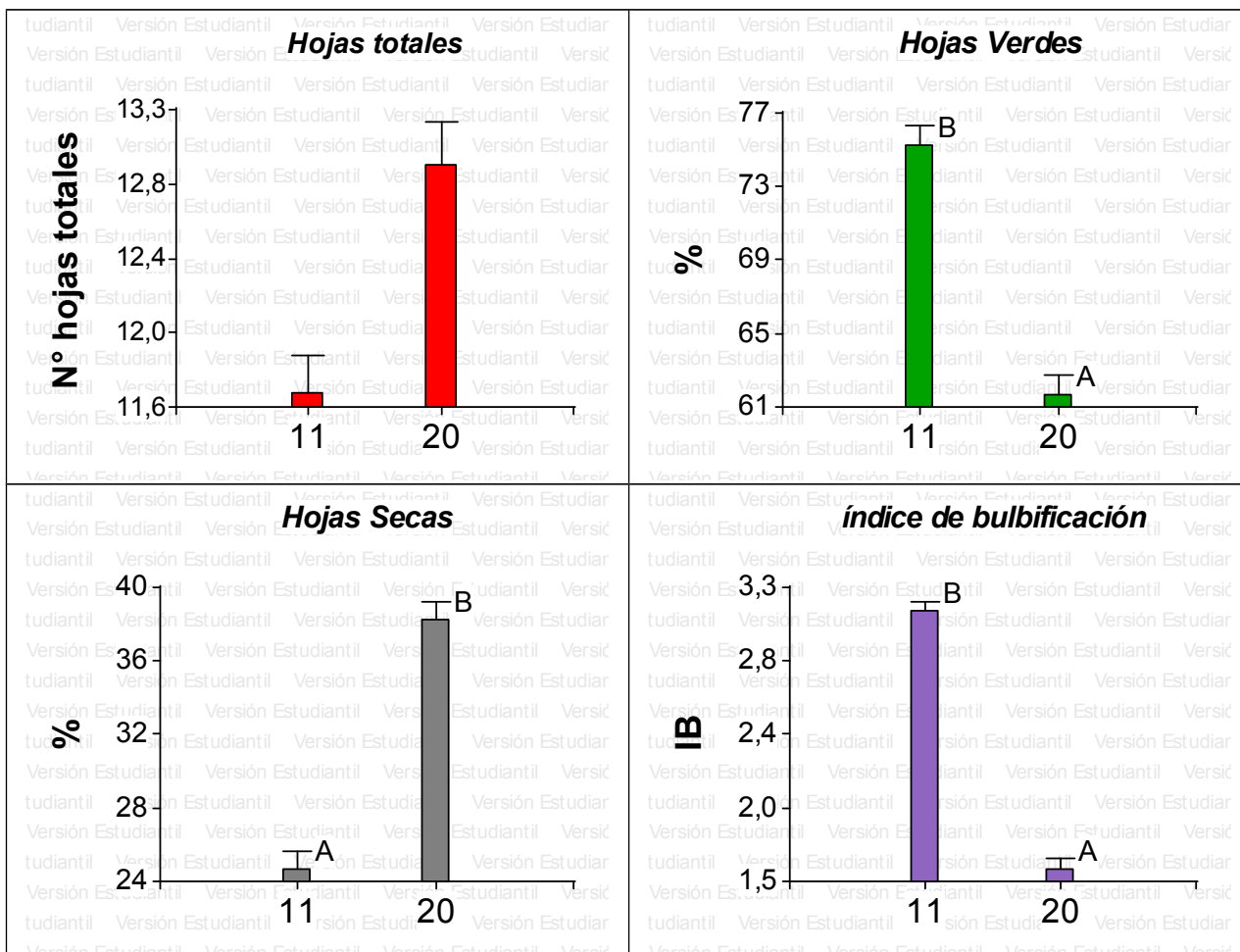


Figura nº 2: Análisis de la varianza. Gráfico de comparación de medias para Número de Hojas Totales, Porcentaje de Hojas Verdes, Porcentaje de Hojas secas e Índice de Bulbificación. Letras distintas indican diferencias entre fechas de muestreo.

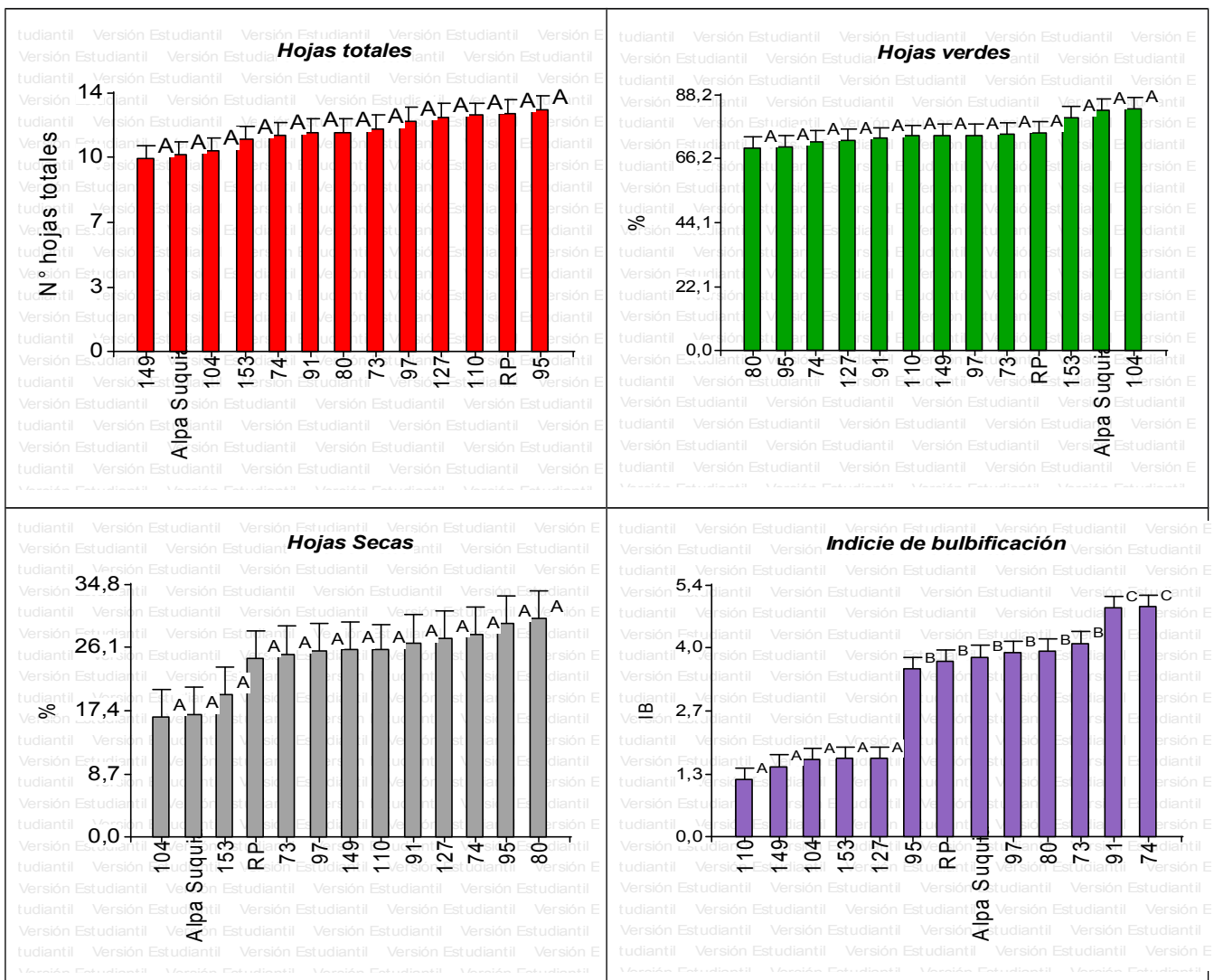


Figura n° 3: Análisis de la varianza. Comparación entre medias de los cultivares muestreados el 11 de septiembre.

Para la fecha de muestreo del 11 de septiembre, los cultivares analizados presentan diferencias estadísticamente significativas sólo en *índice de bulbificación*. Siendo los cultivares 110, 149, 104, 153 y 127 los que menor índice de bulbificación presentan, seguido de los cultivares 95, RP, Alpa suquia, 97, 80 y 73 y estos superados por 91 y 74 que presentan el mayor índice de bulbificación.

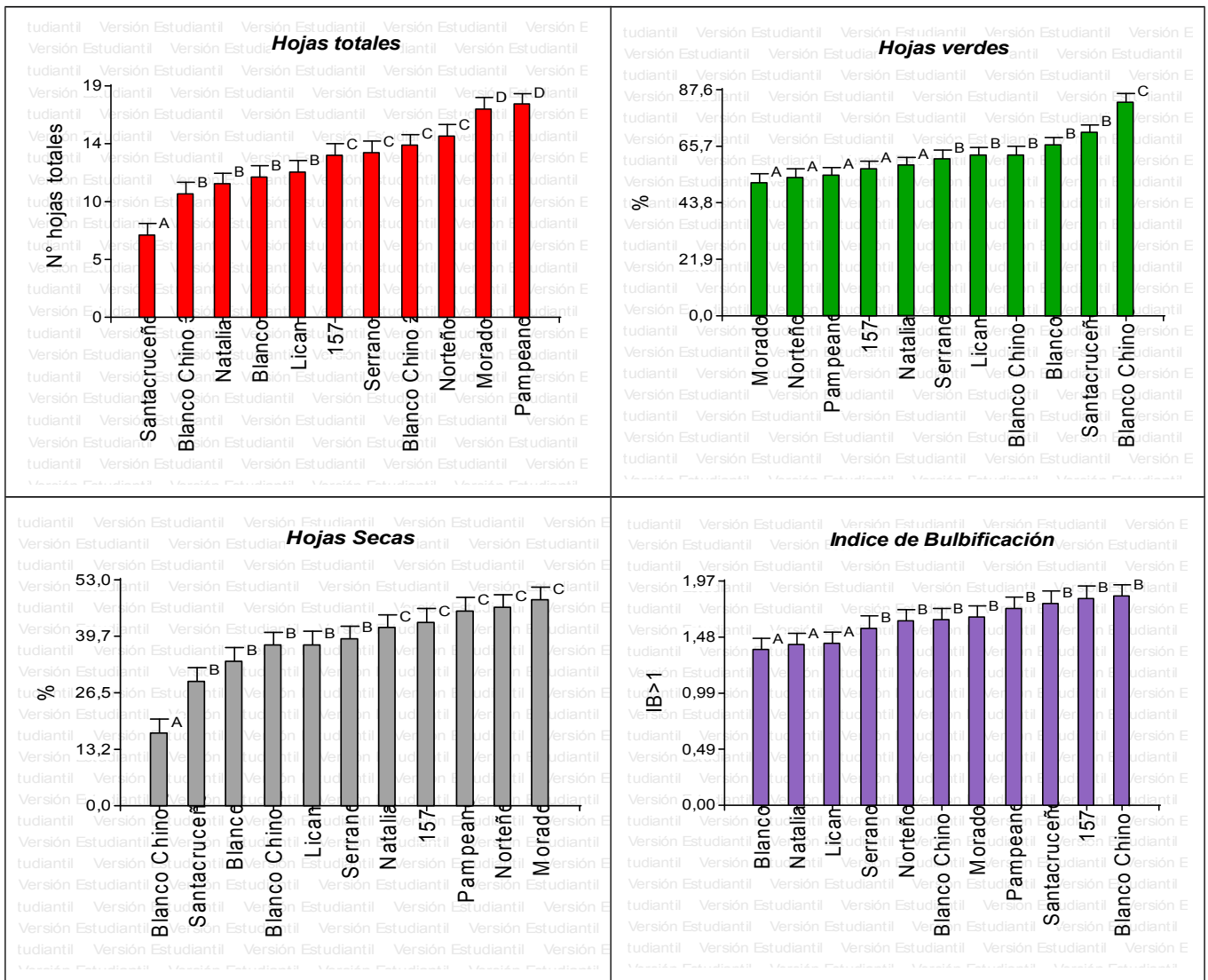


Figura nº 4: Análisis de la varianza. Comparación entre medias de los cultivares muestreados el 20 de septiembre.

Los cultivares que se muestrearon el 20 de septiembre mostraron diferencias significativas en todas las variables estudiadas. Pampeano y Morado tuvieron mayor número de hojas totales que Norteño, Blanco chino 2, Serrano y 157; y éstos mayor número de hojas que Lican, Blanco, Natalia, Blanco chino 3. Siendo el santacrucense el que menor número de hojas totales tuvo. Para la variable *porcentaje de hojas secas*, Morado, Norteño, Pampeano, 157 y Natalia tuvieron mayor proporción que Serrano, Lican, Blanco chino2, Santa cruceño, y éstos mayor que Blanco chino 3. El *porcentaje de hojas verdes* se comportó en todos los cultivares de manera inversa a la variable porcentaje de hojas secas. En la variable *índice de bulbificación* se observó que Blanco, Lican y Natalia tuvieron menor índice de bulbificación que el resto.

En el Biplot de la fecha de muestro del 11 de septiembre (Figura n° 5), se puede visualizar el agrupamiento de los cultivares teniendo correlación con lo analizado en el ANAVA.

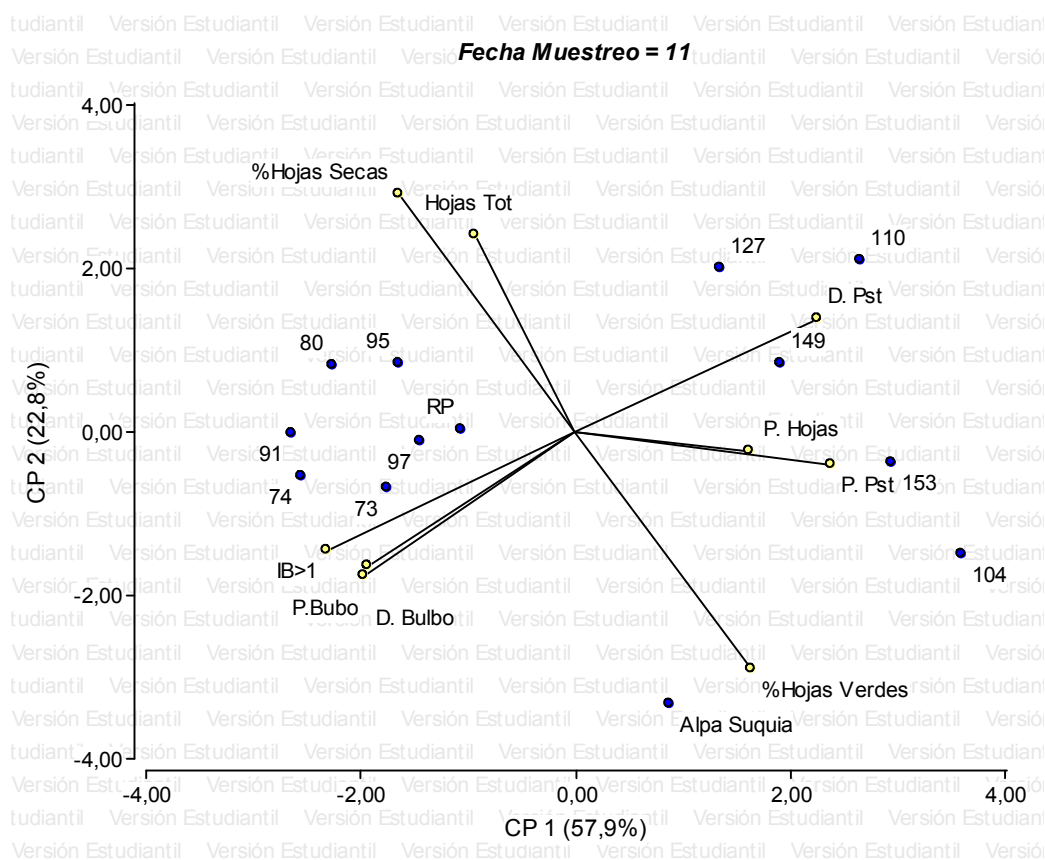


Figura n° 5: Biplot del Análisis de Componentes Principales. Se muestran las relaciones entre las variables analizadas y los cultivares muestreados el 11 de septiembre.

IB>1: índice de bulbificación; D. Bulbo: diámetro de bulbo; D. Pst: diámetro de pseudotallo; P.Bubo: diámetro de bulbo; P. Pst: peso de pseudotallo; P. Hojas: peso de hojas. Hojas Tot: Número de hojas totales.

La primer componente explica el 57,9% de variabilidad observada. Separa principalmente el IB, peso de bulbo y diámetro de bulbo del diámetro y peso del pseudotallo. La mayor variabilidad entre cultivares está explicada en base a éstas variables. El grupo de los cultivares de Rosado paraguay 74 73 80 95 97 91, están asociados a mayor índice de bulbificación, peso y diámetro de bulbo y a un menor diámetro y peso de pseudotallo. Se estimó que estos cultivares son más tempranos, comenzando antes la bulbificación y la senescencia. Asimismo, el cultivar Alpa Suquia se asocia a un elevado porcentaje de hojas verdes, el 104 y 153 se asocian a un mayor peso de pseudotallo y peso de hojas. Mientras que los cultivares 110 127 y 149 se asocian con un mayor diámetro de pseudotallo.

Esto nos muestra que hay una correlación negativa entre las variables IB, peso de bulbo y diámetro de bulbo; y diámetro y peso del pseudotallo. Por la segunda componente de este biplot se explicó el 22,8% de la variabilidad de las observaciones. Y ésta demuestra una correlación negativa entre las variables porcentaje de hojas secas y porcentaje de hojas verdes.

En el Biplot de la fecha de muestreo del 20 de septiembre (Figura n° 6) se observó que la manifestación de las variables de estos cultivares fue diferente a los cultivares muestreados el 11 de septiembre.

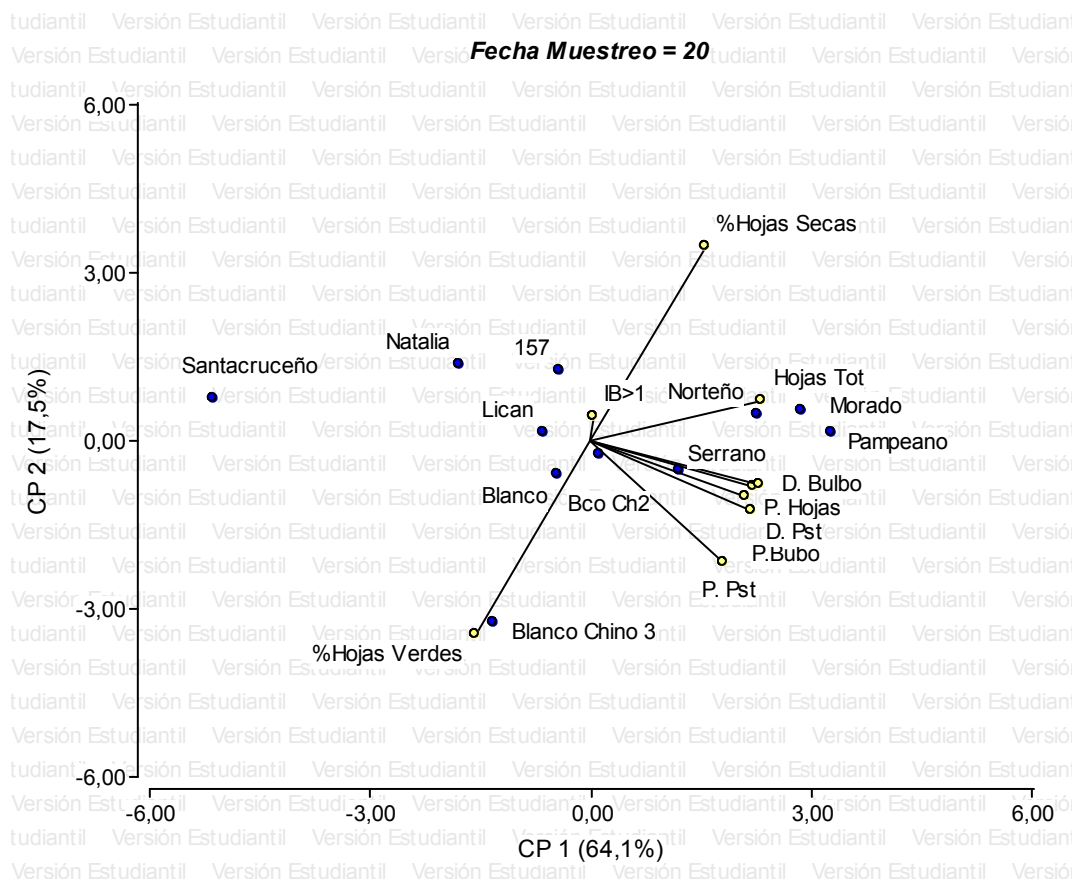


Figura n° 6: Biplot del Análisis de Componentes Principales. Se muestran las relaciones entre las variables analizadas y los cultivares muestreados el 20 de septiembre.

IB>1: índice de bulbificación; D. Bulbo: diámetro de bulbo; D. Pst: diámetro de pseudotallo; P. Bubo: diámetro de bulbo; P. Pst: peso de pseudotallo; P. Hojas: peso de hojas. Hojas Tot: Número de hojas totales.

Este Biplot explicó el 81,6% de la variabilidad de las observaciones. La CP1 mostró una separación de las variables: *porcentaje de hojas verdes, de diámetro de bulbo y número de hojas totales*; lo que explicaría la mayor variabilidad de los cultivares entre éstas. Así, el Blanco Chino 3 se asoció con un alto porcentaje de hojas verdes, opuesto a los cultivares Morado, Pampeano y Norteño que se asociaron a mayor número de hojas totales. La CP2 explicó el 17,5% de variabilidad y mostró una correlación negativa entre el *porcentaje de hojas verdes* y el *porcentaje de hojas secas*. Se observó que el cultivar Santacruceño presenta un comportamiento totalmente diferenciado al resto del grupo. Esto se asoció a un bajo número de hojas totales que presentó el cultivar, observado en las ANAVA.

En el análisis explorativo multivariado (Figura nº 7) se observaron hasta la línea de corte, tres grupos de cultivares y el Alpa suquia, 91 y 149 que no conformaron ningún grupo.

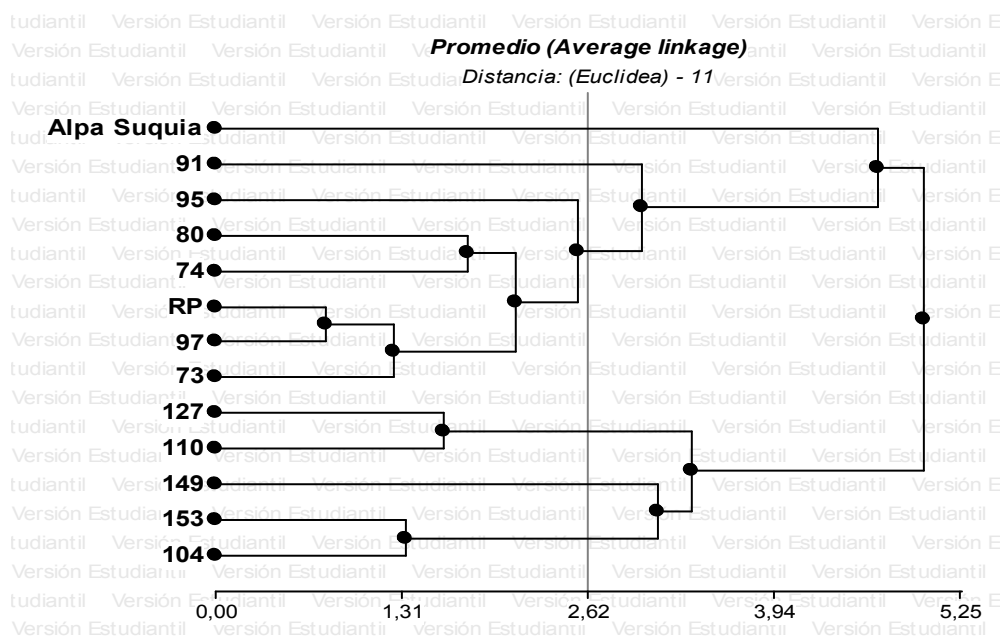


Figura nº 7: Dendrograma del Análisis de conglomerados. Se muestra la agrupación de los cultivares muestreados el 11 de septiembre.

En correspondencia con el ACP se observa un conglomerado conformado por RP, 74, 73, 80, 95, 97. El cultivar 91 y Alpa suquia tuvieron mayor semejanza a los cultivares de este grupo. Otro grupo fue conformado por 127 y 110 y otra agrupación formada por 153 y 104. El cultivar 149 presentó mayor semejanza a este último conglomerado.



En el dendograma de la fecha de muestreo del 20 de septiembre (figura nº 8) se fijó una línea de corte a la distancia de 3.24 y se distinguieron tres grupos y el cultivar Santacruceño y Blanco Chino 3 no integraron ningún grupo, similar a lo observado en el ACP.

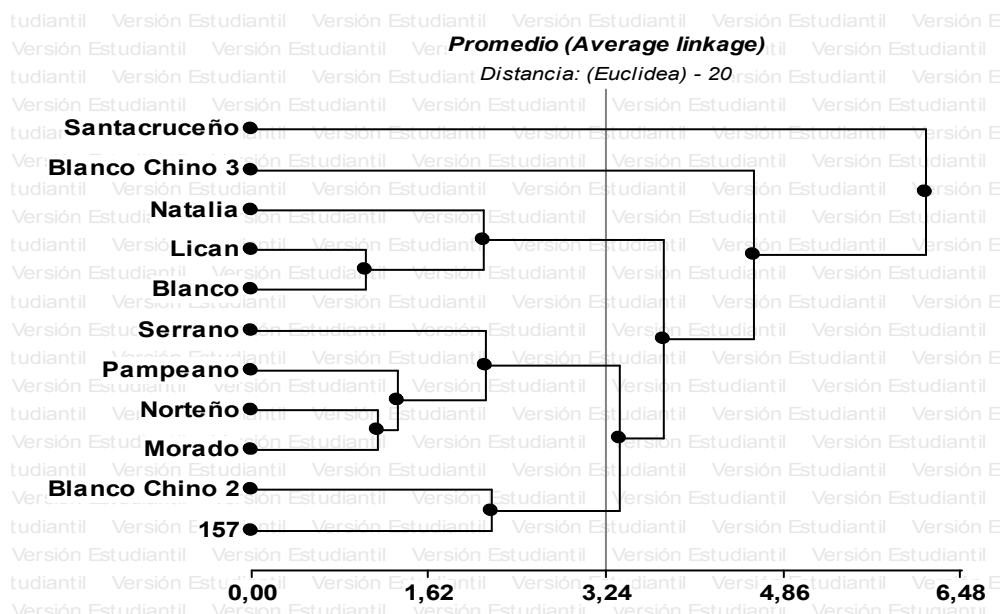


Figura nº 8: Dendograma del Análisis de conglomerados. Se muestra la agrupación de los cultivares muestreados el 20 de septiembre.

Lo cultivares Natalia, Lican y Blanco pertenecen a un conglomerado; Serrano, Pampeano, Norteño y Morado a otro; y Blanco chino 2 y 157 a otro. A su vez, los dos últimos grupos presentan mayor semejanza entre ellos que del resto.

## **CONCLUSION**

En base a lo analizado se concluye que los cultivares tuvieron un comportamiento en su morfología diferente entre sí. Esto es debido a que son genotipos que pertenecen a distintos grupos fisiológicos los cuales tienen requerimientos de frío y fotoperiodo distinto. A su vez, entre los 24 cultivares analizados se observaron agrupaciones de cultivares que tuvieron un desempeño similar en la región agroclimática analizada.

## **Bibliografía**

- Burba J. L. y Moriconi D.N. 1992. Producción, propagación y utilización de ajo (*Allium sativum* L). En: Producción, poscosecha, procesamiento y comercialización de ajo, cebolla y tomate. J. Izquierdo, G. Paltrinieri, C. Arias (Eds.). FAO, Santiago de Chile, Capítulo 3.
- Burba J. L. 1993. Producción de semilla de ajo. En: Manual de producción de semillas. Ed La Consulta. Asoc. Coop. INTA EEA La Consulta (Fasc. 5): 163 pags.
- Avila G. T. 2005. Factores de manejo del cultivo de ajo (*Allium sativum* L.) que determinan la calidad del producto a la cosecha. Rev. Avances en Horticultura. Vol. 15: 13 pag.
- Gonzalez, E. B; Portela, J.A.2011. Relaciones entre productividad y ambiente térmico en cultivares clonales de ajo. En XII Curso taller sobre producción, comercialización e industrialización de Ajo. INTA EEA La Consulta: 97 pag.
- Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Casanoves F., Di Rienzo J.A., Robledo C.W.(2008). Manual del Usuario, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.