

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

FACULTAD DE AGRONOMIA

VARIABILIDAD INTRA-POBLACIONAL
DE DOS TIPOS LOCALES DE CEBOLLA (*Allium cepa* L) Y DE SUS
LINEAS ENDOCRIADAS DERIVADAS

P

Por

Luis C. Ballestrino
Carlos Varga

TESIS presentada como uno de los requisitos
para obtener el título de Ingeniero Agrónomo
(Orientación Granjera).

Montevideo
URUGUAY
1999

Tesis aprobada por:

Director:

.....

Ing. Agr. Guillermo Galván M.Sc.

Primer Vocal:

.....

Ing. Agr. Enrique Estramil M.Sc.

Segundo Vocal:

.....

Ing. Agr. Francisco Vilaró Ph. D.

FECHA:

.....

AUTORES:

.....

Luis Ballestrino

.....

Carlos Varga

AGRADECIMIENTOS

Queremos hacer llegar nuestro profundo agradecimiento por su colaboración y apoyo prestado que hicieron posible el logro del presente trabajo, a las siguientes personas:

- Ings. Agrs. Guillermo Galván (Director de la Tesis), Enrique Estramil supervisor de la misma, y Serrana Sollier, quienes de una u otra manera tuvieron destacada colaboración y participación en este trabajo.
- Ing. Agr. Jorge Franco, integrante de la Cátedra de Estadística de la Facultad de Agronomía, por su colaboración en el análisis estadístico de los resultados obtenidos.
- A los demás docentes de la Cátedra de Horticultura quienes de una u otra manera nos dieron el apoyo de orientación bibliográfica, manejo de computadora, y sobre todo, el afecto personal que recibimos de ellos.
- Al personal de tareas de campo, de la Cátedra de horticultura.
- A la Directora de la Biblioteca de la Facultad Sra. Nilda y demás compañeros de la misma por la atención que nos brindaron.
- De la misma manera hacemos llegar nuestro reconocimiento a las compañeras y compañeros, funcionarios de Bedelía.
- A todos aquellos que de alguna manera nos hicieron posible el logro de la culminación de la misma.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACION	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VI
1. <u>INTRODUCCION</u>	1
1.1. GENERALIDADES	1
1.2. PRODUCCION Y ABASTECIMIENTO EN EL PAIS	1
1.2.1. Producción	1
1.2.2. Comercialización	4
1.2.3. Origen de la semilla	5
1.3. OBJETIVOS	7
2. <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u>	8
2.1. METODOLOGIA DE MEJORAMIENTO GENETICO DE CEBOLLA	8
2.1.1. Generalidades	8
2.1.2. Metodología en Uruguay (Facultad de Agronomía)	11
2.1.3. Correlación entre caracteres	14
2.2. ALGUNOS CONCEPTOS DE GENETICA POBLACIONAL	16
2.2.1. Equilibrio	16
2.2.2. Endogamia	18
2.2.3. Deriva	20
3. <u>MATERIALES Y METODOS</u>	23
3.1. DESCRIPCION DEL CULTIVO	23
3.1.1. Origen del Material Vegetal	23
3.1.2. Condiciones del ensayo	23

3.1.3. Diseño experimental	24
3.2. CARACTERES EVALUADOS	24
3.2.1. Variables evaluadas del cultivo	24
3.2.2. Variables evaluadas a la cosecha.	25
3.3. ANALISIS ESTADISTICO	28
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSION</u>	29
4.1. VARIABILIDAD EN LAS POBLACIONES DE POLINIZACION ABIERTA	29
4.2. CORRELACION ENTRE CARACTERES	35
4.3. VARIABILIDAD EN LAS LINEAS S1	37
4.3.1. Relación con la variabilidad en las poblaciones originales.	37
4.3.2. Variabilidad en materia seca y grados brix	40
5. <u>CONCLUSIONES</u>	41
6. <u>RESUMEN</u>	43
7. <u>SUMMARY</u>	45
8. <u>BIBLIOGRAFIA</u>	47
9. <u>APENDICES</u>	49

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadros	Página
1. Variantes en los sistemas tecnológicos de la producción de cebollas en la región Sur.	3
2. Número de predios según el tamaño por hectárea, el área sembrada y la producción de cebolla obtenida en kilogramos.	3
3. Demanda de semilla de cebolla y producción nacional estimada.	6
6. Número de casos evaluados, medias y rango para las dos poblaciones abiertas en cada variable.	31
7. Varianza e intervalos de confianza entre individuos (dentro de líneas) y entre líneas de cada población.	32
8. Correlación entre caracteres evaluados en las poblaciones abiertas.	37
9. Correlación entre la duración del período de bulbificación con otros caracteres evaluados en las poblaciones abiertas.	38
10. Comparación de varianzas mediante el cociente F de Snedecor entre las dos poblaciones de polinización abierta y con sus respectivas líneas endocriadas.	39
11. Varianza e intervalos de confianza de materia seca y grados brix para las líneas endocriadas y para los individuos dentro de líneas.	41
Figuras	
1. Evolución del precio de la cebolla en dólares/kg desde 1992 a 1998. Precios a nivel de Mercado Modelo.	5
2. Plan de mejoramiento de las poblaciones. Variedades Pantanoso y Valenciana Temprana.	16
3. Efecto de la endocría en el vigor relativo de cebolla y alfalfa en	22

generaciones sucesivas.

4. Plano de campo del ensayo. 26
5. Calendario de evaluaciones realizadas durante el cultivo. 27
6. Forma del bulbo: histogramas de frecuencias en las dos poblaciones abiertas y en las líneas S1. 33
7. Número de días desde trasplante a inicio de bulbificación: histogramas de frecuencia en las dos poblaciones abiertas y en las líneas S1. 33
8. Número de días desde trasplante a cosecha: Histogramas de frecuencia en las dos poblaciones abiertas y en las líneas S1. 34
9. Número de hojas al inicio de la bulbificación: histogramas de frecuencia en las dos poblaciones abiertas y las líneas S1. 34
10. Cerrado del cuello: histogramas de frecuencias en las dos poblaciones abiertas y en las líneas S1. 35

1. INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

Allium cepa L es una especie diploide ($2n=16$), que ha sido cultivada desde muy lejanas épocas. Referencias históricas del cultivo de la cebolla como alimento y medicinal datan de 3000 años A.C. Según Vavilov su primer centro originario fue el Asia Central, con centros secundarios en el Cercano Oriente y la región Mediterránea. A partir de estos centros la cebolla se expandió ampliamente en el mundo, y es dudoso que exista actualmente en una forma silvestre (Pike, 1986).

La producción mundial ha experimentado un sostenido aumento en la década pasada alcanzando 25 mil millones de toneladas en 1988, cantidad producida en 1789 millones de hectáreas con un rendimiento promedio de 14.188 kg./ha. Entre los principales países productores están por su orden: China, U.S.A., India, U.R.S.S., Japón, España, Turquía y Brasil (Pike, 1986; FAO, Anuario 1988).

1.2. PRODUCCIÓN Y ABASTECIMIENTO EN EL PAIS

1.2.1. Producción

En lo que respecta al uso de la tierra que se da en el Uruguay para el cultivo de especies hortícolas, la superficie explotada fue en el año 80 de 57.804 ha.; pasa a ser en el 90 40.373, lo que corresponde a una reducción porcentual de 31.2% de la tierra destinada a horticultura (Censo General Agropecuario de 1990).

A nivel nacional, el cultivo de cebolla representa el 5% de la producción de hortalizas, ocupando el sexto lugar entre los cultivos hortícolas. Se dedican anualmente 2.151 ha, con una producción total de 16.782.467 kg, lo que nos da un rendimiento de 7.802 kg/ha. Si consideramos la evolución del cultivo entre los años 80 al 90, podemos decir que el número de explotaciones se redujo de 4500 en el año 80 a 2.893 en el 90. Siguiendo el mismo orden la disminución de producción bajó de 17.928.979 a 16.782.467 kg, siendo el rendimiento de 6.022 a 7.802 kg/ha respectivamente, lo que nos dice que del año 80 al 90 se obtuvo un aumento promedio en el rendimiento de 1.780 kg./ha (Censo General Agropecuario de 1990).

El cultivo de cebolla en el país, se distribuye 70% en el Sur, y el 30% restante en el Litoral Norte. En el Sur el principal departamento con un 60% del cultivo de la zona es Canelones, lo restante se cultiva en San José y el sur del departamento de Florida. En el norte del país, en primer lugar Salto, seguido por Paysandú, y finalmente la zona de Bella Unión (Artigas).

El cultivo en el Sur del país se realiza fundamentalmente mediante variedades de día largo (requieren un fotoperíodo de 14 hs. en adelante), como por ejemplo Valenciana Sintética 14 INTA. La siembra se realiza en mayo y junio, trasplante en el período setiembre-octubre, y la cosecha en enero-febrero. Se comercializa una parte en la cosecha, pero fundamentalmente se obtienen bulbos secos para la conservación y comercialización en los meses de menor abastecimiento en el mercado y obtener mejores precios. La conservación del bulbo de la variedad de día largo, se lleva a cabo en condiciones naturales lográndose mayor tiempo si se almacenan en cámara de frío.

Las variedades que se utilizan en la zona Litoral Norte, son variedades de día corto (requieren un fotoperíodo de 10 a 12hs). La siembra se realiza en marzo, trasplante en mayo-junio y cosecha en octubre-noviembre. Se comercializa inmediatamente a la cosecha para cubrir la demanda de la época en el país, logrando mejor precio. Son principalmente: Texas Early Grano 502 y la del tipo Valencianitas, entre otras. Estas variedades no requieren ser conservadas porque su finalidad es ser comercializadas, pero el almacenamiento de un corto período que puede requerir la variedad de día corto, se cumple llevando a cabo su conservación en las mismas condiciones de humedad y temperatura en que fue cosechada (INIA, 1993).

Las semillas de los cultivares antes mencionados, tanto en la Zona Sur como en la Zona Litoral Norte del país, son predominantes en el caso de productores empresarios, y en aquellos cuyos predios superan las 20 ha. Los productores mas pequeños utilizan semillas multiplicadas por ellos mismos, "semilla casera", por razones de costo y riesgo del cultivo, y por el comportamiento agronómico (características genéticas).

De acuerdo al Censo General Agropecuario 1990, más del 60% de los predios donde se realizan el cultivo no superan 20 ha, lo que nos está diciendo que los productores empresariales son minoría en este cultivo. La referencia a productor no empresarial y productor empresarial, radica además en que uno invierte más en insumos en el cultivo y el otro que mantiene la práctica tecnológica tradicional, con bajo uso de insumos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Variantes en sistemas tecnológicos en la producción de cebollas en la región Sur.

	CULTIVARES	SISTEMA DE PLANTACIÓN	DENSIDAD	CONTROL DE MALEZAS	RIEGO
1	Local	Transplante surco simple,	Baja < 180.000	Mecánico y manual	No
2	Local o Sintética 14	Transplante, Surco doble o triple	Media 180.000-250.000	Mecánico, manual y herbicida	Estratégico
3	Sintética 14	Transplante en canteros	Alta >250.000	herbicida	Continuo
4	Sintética 14	Siembra directa	Media o alta	Herbicida	Variable

Fuente: Capra , 1993.

En base a lo observado en el Cuadro 1 se distinguen cuatro sistemas de producción basada en la utilización de algunos recursos tecnológicos diferentes, tales como: cultivares, sistemas de plantación, densidad, control de malezas y riego. El tipo 1 corresponde al sistema tradicional de manejo del cultivo, predominante, caracterizado por rendimientos generalmente bajos, muy variables en función de la incidencia de factores climáticos. La tipificación fue elaborada con datos extraídos de productores de la zona sur del país.

Cuadro 2. Número de predios según el tamaño por hectárea, el área sembrada y la producción de cebolla obtenida en kilogramos.

Tamaño de la Explotación (ha)	Area Sembrada (ha)	Producción (kg)	Rendimiento (kg/ha)
TOTAL	2.151	16.782.467	7.802
1 a 4	132	949.765	7.195
5 a 9	462	3.511.012	7.599
10 a 19	775	6.065.727	7.826
20 a 49	608	4.886.521	8.037
50 y mayor	176	1.396.442	7.934

Fuente: Censo General Agropecuario, MGAYP - DIEA, 1990.

En el Cuadro 2 se aprecia que el 64% del total del área sembrada se distribuye entre los predios que van de 1 a 19 ha, con el 63% del total de la producción de cebolla. Esto nos está mostrando que la producción se lleva a cabo por productores no empresariales, los que se definen no solo por la extensión de los predios que predominan en el país, sino porque los mismos son manejados por productores que aplican la tecnología tradicional, lo que se ve reflejado en rendimientos inferiores al promedio nacional.

En el estrato de 20 a 49 ha se obtienen los mayores rendimientos, lo que refleja la especialización en el cultivo. El costo de producción para un productor empresarial es mayor, con un rendimiento esperado alto, lo que determina un costo unitario redituable. Los mayores rendimientos se obtienen con alta densidad de plantas, riego y mayor fertilización, obteniéndose 25 a 35 mil kg/ha (Galván, G., com. pers.). Si se considera la producción con tecnología tradicional (menor inversión en productos sanitarios, semilla y amortización de maquinarias y equipos), lo que se reduce son los insumos en el cultivo por hectárea que es lo que interesa al productor tradicional, disminuir en lo posible el riesgo de inversión.

1.2.2. Comercialización

En el Figura 1 se observa la evolución del precio de cebolla, en dólares/kg., precios a nivel del Mercado Modelo, teniendo en cuenta el promedio de los años 1992 a 1998. La evolución de precios durante los meses del año, presentaba tres etapas:

(1) Desde Enero a Julio, evolución de precios paulatinamente progresivos que se daban por la culminación en el mercado de cebollas del tipo día corto, provenientes del Litoral Norte del país, y el comienzo de la proveniente de la cosecha en el Sur, cebolla del tipo día largo, la que continuaría hasta el mes de julio almacenadas en galpones ó en cámaras de frío.

(2) Desde mediados del mes de Agosto hasta Octubre es el período donde se daban los picos más altos en el aumento de precios por el bajo ingreso del producto al mercado. En este período el abastecimiento se cumplía por el remanente de la cebolla del tipo día largo almacenada en cámara y el inicio del ingreso al mercado del tipo día corto cultivada en el Litoral Norte, como así también en algunos años se cubrió la demanda introduciendo cebolla proveniente de Brasil.

(3) En el período que va desde octubre hasta el mes de enero se observa una evolución descendente del precio, debido al ingreso de la cosecha del Litoral Norte al mercado y en enero comienza el ingreso de la cosecha del Sur.

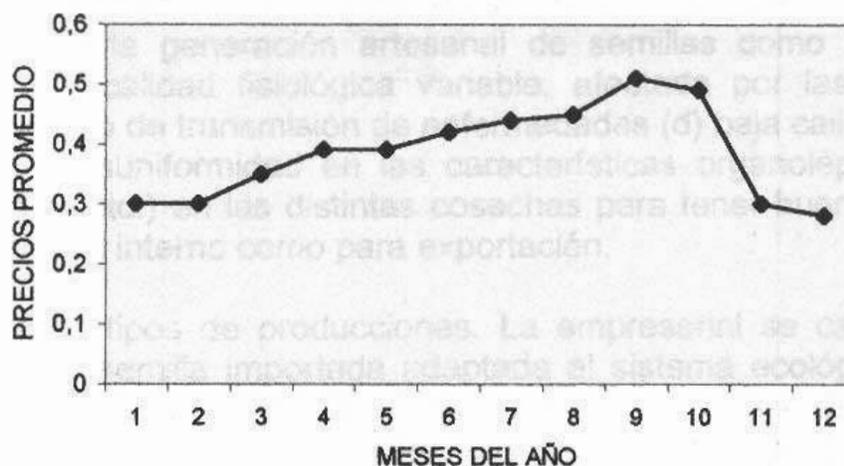


Figura 1. Evolución del precio de la cebolla en dólares/kg desde 1992 a 1998. Precios a nivel de Mercado Modelo (Fuente: JUNAGRA).

1.2.3. Origen de la semilla

Un porcentaje aproximado al 50% del área sembrada en el país por el cultivo de cebolla se realiza utilizando semilla producida en el mismo predio del productor en forma artesanal (Dogliotti y Tomasino, 1991)(Cuadro 3). El productor tradicional utiliza la semilla creada por el mismo, efectuando una selección de bulbos obtenidos en la cosecha para la comercialización los que generan semillas adaptadas al ambiente y al manejo tradicional (bajo uso de sanitarios, cultivo en seco).

Cuadro 3. Demanda de semilla de cebolla y producción nacional estimada.

Sup. Sembrada 1980-86 (ha)	Densidad de siembra (kg/ha)	Demanda estimada (kg)	Importación 1981-89 (kg)	Prod.Nacional (Demanda-Imp) (kg)	<u>Demanda-Import x 100</u> Demanda (%)
2.544	2	5.088	1.721	3.367	66

Fuente: Dogliotti y Tomasino (1991) en base a Censos Generales Agropecuarios, MGAyP, 1980-86, Semilleristas del país.

Mediante los datos expuestos se observa que la demanda de la semilla nacional es de un 66% del total para el cultivo, esto nos dice que predomina el sistema tradicional de cultivo. Como decíamos anteriormente el productor busca bajar el riesgo bajando el monto de inversión, pero también se generan ciertos riesgos en la generación artesanal de semillas como ser: (a) baja calidad física, (b) calidad fisiológica variable, afectada por las condiciones climáticas, (c) riesgo de transmisión de enfermedades (d) baja calidad genética, evidenciada en desuniformidad en las características organolépticas (sabor, color, olor, forma, etc.) en las distintas cosechas para tener buena aceptación tanto en el mercado interno como para exportación.

Existen dos tipos de producciones. La empresarial se caracteriza por mayor inversión y semilla importada adaptada al sistema ecológico nacional. Este tipo de producción empresarial permite alta densidad de siembra en empresas grandes en el número de hás., lo que da como resultado un producto de alta calidad, sanidad y conservación a un costo favorable y disponible para mercado interno como externo. La otra, es la empresa tradicional, la cual se caracteriza por productores pequeños por el área que disponen para el cultivo, que no cuentan con maquinaria para la preparación del suelo, equipos de riego; por lo que evitan el riesgo de inversión en la aplicación de productos químicos ya mencionados y la compra de semilla importada, utilizando la semilla multiplicada por el propio productor.

Teniendo en cuenta la situación mencionada anteriormente, el alto porcentaje de utilización de la semilla "casera" (66%), y con el fin de evitar la pérdida de características por erosión genética, conservar y mejorar la calidad de variedades creadas, la Cátedra de Horticultura de la Facultad de Agronomía se planteó, a partir de 1987, la recolección de diferentes poblaciones locales con los siguientes objetivos:

- Evaluación agronómica de los diferentes materiales recolectados con el fin de evaluarlos para conservarlos y/o incorporarlos a futuros programas de mejoramiento genético.
- Realizar una evaluación de la calidad de semilla producida en nuestro País de forma artesanal.

Para cumplir dichos objetivos se realizaron desde 1987 trabajos de campo y laboratorio donde se evaluó: a) Calidad de semilla, que consiste en el peso de mil semillas, germinación, y vigor; b) comportamiento del almácigo en cuanto a porcentaje de emergencia, sanidad de los plantines y vigor de los mismos; c) en el cultivo, desarrollo vegetativo, porcentaje de floración prematura, momento de la cosecha, rendimiento y calidad del bulbo; d) en el almacenaje el control de las pérdidas.

Los resultados obtenidos fueron muy positivos para algunas poblaciones locales, por lo que se concluyó la potencialidad de las mismas para el mejoramiento genético (Aldabe y Galván, 1991). Seguidamente y hasta el presente se llevó a cabo una etapa de ensayos comparativos, separados en materiales precoces, intermedios y tardíos que incluyó poblaciones locales representativas y cultivares comerciales (Galván, Gonzalez y Sollier, 1994).

Para el presente trabajo se utilizaron las poblaciones Pantanoso del Sauce y Valenciana temprana, caracterizadas como de ciclo medio (día intermedio).

1.3. OBJETIVOS

Este trabajo constituye parte del Programa "Recursos genéticos y Mejoramiento genético de Hortalizas", como un eslabón más del Proyecto Mejoramiento genético de cebolla, que está llevando adelante la Facultad de Agronomía a través de la Cátedra de Horticultura. Desde 1991 se ha llevado adelante el Mejoramiento Genético de este cultivo utilizando germoplasma disponible, buscando lograr el desarrollo de cultivares de día intermedio, con alta calidad de bulbo con la finalidad de cubrir la demanda local, como así también la exportación a países vecinos.

Con la finalidad de generar información para este programa de mejoramiento, en este trabajo:

- (1) se evalúan dos poblaciones locales de día intermedio, analizando algunas correlaciones entre los caracteres dentro de poblaciones locales.
- (2) evaluar la variabilidad entre líneas endocriadas y dentro de líneas endocriadas provenientes de estas dos poblaciones.
- (3) relacionar la variabilidad interna de poblaciones locales, con la variabilidad entre líneas endocriadas derivadas de ellas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. METODOLOGÍA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE CEBOLLA

2.1.1. Generalidades

Para Pike (1986) el mejorador debe establecer los objetivos de sus programas, pero numerosas combinaciones de requerimientos son demasiadas para tenerlas en cuenta. Es importante conocer las necesidades de la industria y del mercado para fijar los objetivos, ya que el mejoramiento del cultivo de cebolla es un proyecto a largo plazo, complejo y caro.

El programa debería ser llevado a cabo en la región donde se hará el cultivo ya que el medio ambiente tiene una influencia muy importante en el desarrollo vegetativo de la cebolla.

El método de mejoramiento más simple ha sido el de selección masal (Rabinowitch, 1990). Comenzando con la población de padres elegidos, del 1 al 5%, seleccionados en la cosecha o luego del almacenamiento, seguidamente replantados para producir plantas en floración, que son polinizadas juntas o en aislación. Generalmente se emplean varios ciclos de selección en masa antes de una más amplia escala de multiplicación de la población seleccionada para producir una nueva variedad.

Un refinamiento de esta selección masal es la selección estratificada, por la cual la parcela de bulbos crecidos por selección, es subdividida en áreas de igual medida y en la misma proporción de bulbos seleccionados del tipo deseado, elegido en cada área. Este procedimiento ayuda a tener en consideración el efecto de las condiciones ambientales de crecimiento aumentando las heredables durante el proceso de selección.

Los esquemas de mejoramiento para producir cultivares de cebolla dependen de si se están desarrollando las técnicas de selección en poblaciones de polinización abierta, poblaciones sintéticas ó híbridos (Pike, 1986). La tendencia ha sido hacia el desarrollo de los híbridos por las compañías comerciales de semillas, por dos razones: los híbridos son generalmente más uniformes y este sistema previene la producción de estos híbridos por otras compañías de semilla.

Las variedades de polinización abierta siguen teniendo su lugar, porque no tienen una base genética tan estrecha como los híbridos, y pueden presentar mejor adaptación ante condiciones extremas ó variables del medio ambiente. Los esquemas de producción de variedades de polinización abierta más sofisticados se basan en la selección genealógica (Rabinowitch, 1990). En

este caso la unidad de selección es la familia (medios hermanos, hermanos enteros), no las plantas ni los bulbos particulares. En estos y otros esquemas de selección a veces pueden ser usadas líneas endocriadas (S1, S2) de una u otra generación.

El material progenitor comprende las mejores poblaciones y cruzamientos que el mejorador ha identificado, también puede integrarse en cualquier estado del proceso de selección un nuevo material prometedor. Se realizan evaluaciones de las plantas y de los bulbos en ciclos sucesivos de selección. En el proceso de selección las sucesivas poblaciones son creadas por intercruzamientos de bulbos seleccionados por el método masal, evitando la contaminación de polen extraño (aislación). En general se maneja el método de selección masal simple. Las nuevas variedades emergen en un período de tiempo menor al que requieren métodos más complejos que involucran autofecundación.

Mejoras metodológicas que incrementan la eficiencia de selección masal pero a un costo operativo son todos los esquemas que introducen selección familiar, fundamentalmente por familias de medios hermanos. La selección por familias de hermanos enteros, no es comúnmente aplicada, aunque esto depende del nivel de endocría que soporten las poblaciones y de los objetivos que se persiguen.

En cebolla es común manejar el proceso de selección a través de familias logradas por autofecundación (S1, S2, etc). Se entiende que estos métodos aportan mejores evaluaciones del verdadero valor genotípico de los individuos, combinando además con una especie tolerante a la endocría. Un ejemplo de ello, es el programa que desarrolla Pike (1986).

Primer año:

Comenzar sembrando varias variedades de polinización abierta y/o introduciendo plantas que el mejorador cree que contribuirán a lograr sus objetivos. La selección de aproximadamente 200 bulbos de cada material deberá ser hecha durante la estación de crecimiento en condiciones similares a las de la producción comercial, y lo mismo que en almacenamiento, hasta la época de replantar para la producción de semillas. La presión de selección debe ser aplicada para almacenamiento y posibles centros únicos. Lo ideal es contar al menos con 100 bulbos de cada material para plantar. Un número mayor dependerá de las posibilidades del programa para manejar dispositivos de jaulas y números de progenies en los años siguientes.

Segundo año:

Endocría de 100 bulbos. Al mismo tiempo sugiere hacer varios cruzamientos para obtener germoplasma adicional. Los bulbos seleccionados deben ser plantados en forma que puedan ser enjaulados

cuando ocurre la floración. Para autopolinización, se usan varios tipos de jaulas, desde bolsas de papel cubriendo umbeladas a diseños especiales con malla de aluminio. Parece más eficiente la colocación en jaula de pupas de moscas comunes las cuales eclosionan y polinizan las flores alimentándose con el néctar. Otros mejoradores usan cepillos o abejas, los que son más difíciles en su manejo. Cuando se cosechan, se les seca, no mezclando los lotes. Al mismo tiempo que estas endocrías se realizan cruzamientos entre diferentes materiales para combinar características, obteniendo germoplasma adicional para la selección.

Tercer año:

Se siembran las familias S1 y las resultantes del cruzamiento con manejo similar al cultivo comercial. Treinta bulbos de progenie F1 y cien bulbos de endocría S1, da un número suficiente para que el mejorador tome decisiones de selección. Cada línea de progenie deben mantenerse separadas para poder evaluarlas. El número de bulbos a seleccionar debe tener en cuenta el descarte o las pérdidas que puedan ocurrir en el almacenamiento posterior. El objetivo es contar con los diez mejores bulbos de la selección para replantar.

Cuarto año:

La operativa es similar al segundo año. La intensidad de selección aumenta buscando las características deseadas. Se corta la cúspide de un tercio del bulbo para chequear color, centros únicos, grosor de los anillos, etc., antes de plantar.

Quinto año:

Se plantan las semillas S2 y F2 para producir bulbos. Producto de las dos endocrías, las progenies comenzarán a ser uniformes para las características sobre la base de una efectiva selección en la generación previa. Paso siguiente, almacenar los bulbos como se realizó anteriormente.

Sexto año:

No es conveniente aquí continuar con la endocría si se pretende obtener variedades de polinización abierta. Se instalan varios grupos de 12 a 15 bulbos similares para las características deseadas. Estos son plantados dentro de pequeñas jaulas.

Séptimo año:

Las semillas obtenidas son sembradas en ensayos parcelarios, identificando las mejores familias. Se cosechan doscientos o más bulbos que se almacenan para la producción de semillas.

Octavo año:

Aproximadamente cien de los mejores bulbos deben ser plantados en jaula de 27 X 30 m, para producir suficiente semilla que permita el ensayo con repeticiones en diferentes localidades, y para otros destinos, como por ejemplo registro de cultivares y/o iniciar programas de mantenimiento varietal.

Noveno año:

Se procede a ensayos de rendimiento en distintas localidades. De las mejores se seleccionan el número suficiente de bulbos para plantar en una jaula de 36 X 72 m.

Décimo año:

Se instalan las jaulas para la producción de semillas. Debe recordarse que este año como el anterior, la uniformidad es un requisito, y esto abarca características como ciclo, estado sanitario, rendimiento (kg/ha), y las características de calidad del bulbo. Además, un factor importante a considerar es el rendimiento en semilla.

Undécimo año:

Se continúan los ensayos de rendimiento, y se toma la decisión de liberar un nuevo cultivar.

La creación de un nuevo cultivar con esta metodología, en el supuesto que reúna las características deseadas, demora entre 10 a 15 años.

2.1.2. Metodología en Uruguay (Facultad de Agronomía)

El uso de semilla obtenida por el propio cultivador en el predio como producción comercial, se estima en un 50% del total. Multiplicadas durante años han sido sometidas a presión ambiental, a la selección del productor e interpolinización, presentando muchos caracteres de interés (Dogliotti, Tomasino, 1991).

El programa iniciado en el año 1987, se llevó adelante con dos grandes objetivos: a) evaluación agronómica de las variedades creadas y mantenidas por los productores, lo que permite realizar una conservación del germoplasma o contar con él para introducirlo en el momento que se desee en un programa de mejoramiento; b) evaluación de la calidad de semilla producida en el país por el propio cultivador, que junto a otros elementos aportarían a la determinación de los problemas técnicos a resolver en la producción de semillas.

Se planteó en el programa, la colecta de poblaciones locales y su conservación genética en condiciones de largo plazo, calificada mediante su caracterización agronómica, para lo cual se llevó adelante la instalación de parcelas de observación en 1987, 1988 y 1989; donde se evaluaron su comportamiento a campo, cosecha y almacenamiento.

Se encontró variabilidad entre poblaciones locales en: momento de bulbificación, hasta 15 días antes que Sintética 14, tomada como testigo, momento de maduración y características del bulbo. Se observaron poblaciones locales que tuvieron un rendimiento 10 a 20% superiores al testigo en los tres años, como también aquellas que tuvieron que ser desechadas por sus pobres características. Por otro lado se presentaron variedades locales con un rendimiento en almacenamiento similar a la variedad testigo, Sintética 14.

La diversidad de caracteres permite concluir la existencia de orígenes diversos e incidencia de interpolinización en la producción artesanal de semilla, que mantiene una alta variabilidad interna pese a la selección del productor. Se observa además la existencia de caracteres agronómicos potencialmente útiles al mejoramiento: a) respuesta a un fotoperíodo más corto que la variedad testigo, lo que permite el cultivo bajo un régimen hídrico más favorable; b) rendimiento; y c) almacenamiento (Aldabe, Galván, 1991).

En los trabajos de evaluación de cultivares y de poblaciones locales llevados a cabo en Uruguay, se definieron características que se detallan a continuación:

a) En el cultivo:

1. Ciclo. Días desde siembra a cosecha y días desde trasplante a cosecha;
2. Desarrollo vegetativo durante el ciclo, número de hojas expandidas y vigor relativo, para evaluar desarrollo vegetativo durante el ciclo;
3. Comienzo de bulbificación (mediante evaluación periódica del diámetro basal y del diámetro de cuello para determinar el índice de bulbificación; mayor a 2, indica comienzo de bulbificación);
4. Momento de cosecha (cuando el 50% de las plantas están volcadas) y uniformidad de cosecha (período entre un 10 y 50% de bulbos entregados);
5. Plantas con escapo al momento de cosecha;
6. Rendimiento (kg/ha) y peso promedio de bulbo

b) Calidad de los bulbos:

1. Clasificación por tamaño (menos de 40 mm, de 40 a 50 mm, de 50 a 70 mm, mayor de 70 mm.
2. Porcentaje de bulbos dobles;
3. Forma del bulbo en las siguientes categorías: alargada o ahusada, esférica alargada, esférica, trompo o granex, esférico-achatada, achatada

4. Color de las catáfilas externas, mediante una tabla internacional para la determinación de colores
5. Uniformidad del color en el bulbo y entre los bulbos; escala relativa en tres niveles: alta, media y baja uniformidad
6. Persistencia de las catáfilas: escala relativa de 1, poco persistentes, a 5 muy persistentes
7. Capacidad de almacenamiento.

Estos parámetros expuestos, fueron aplicados en las pruebas experimentales realizadas en los años 1988/89, estudiando colecta efectuada desde poblaciones locales utilizando como testigo las variedades Sintética 14 y Valcatorce de INTA. Las características deseables de calidad de los bulbos, en función de las preferencias del mercado, son forma esférica, color oscuro (bronceado a bronceado oscuro), alta persistencia de catáfilas y buen cerrado del cuello. El tamaño deseado es de 40 a 90 mm, con variaciones según el mercado. Es indeseable la ocurrencia de floración prematura, la presencia de bulbos dobles, y la presencia de coloración rojiza interna.

En la recolección de variedades de poblaciones locales y su posterior experimentación, se encontró diversidad en el momento de bulbificación y fueron identificadas poblaciones locales precoces (día corto), semiprecoces (día intermedio) y tardías (día largo).

El tipo precoz (día corto) es principalmente cultivado en el Departamento de Salto. Presenta bulbo con forma de trompo ó granex a esférico-achatado, color amarillo pajizo a bronceado claro, persistencia de catáfilas media a baja y conservación media.

El ciclo semiprecoz (día intermedio) mostró alto potencial de rendimiento y conservación en almacenamiento, bulbo con forma de trompo y esférico, color amarillo pajizo y bronceado claro, retención de catáfilas media a baja. Las dos últimas características son limitantes en su calidad comercial. Su cultivo predomina en la zona de Pantanoso del Sauce (Canelones).

Las poblaciones locales tardías (día largo), ciclo similar al testigo cv. Valcatorce INTA, medio a alto potencial de rendimiento y conservación poscosecha, bulbo esférico a esférico-alargado, color bronceado a bronceado oscuro, buena retención de catáfilas. Poblaciones características se colectaron en las zonas de San Jacinto, San Bautista, del Departamento de Canelones. Por la interacción con las condiciones ambientales y con los sistemas de cultivos utilizados, la multiplicación realizada localmente por los productores, origina poblaciones que como elemento favorable, presentarían adaptación al ambiente. La capacidad de conservación poscosecha está altamente influenciada por condiciones de cultivo que determinan la correcta maduración

del bulbo o cerrado del cuello. Esta, y el rendimiento son caracteres indicativos de la adaptación y su dependencia del ambiente (Sollier, 1995).

En el plan de mejoramiento que se inició en 1991, parte de la semilla recolectada se destinó a la producción de bulbos y posterior selección por caracteres como peso, forma, persistencia de catáfilas, color, y conservación poscosecha. Así se seleccionaron los mejores bulbos que en 1992 se destinaron a la primera autofecundación, obteniéndose semilla de cada uno de ellos (Figura 3, pág. 16). Esta semilla en 1993 se siembra en parcelas; este material constituye las líneas S1 del presente trabajo.

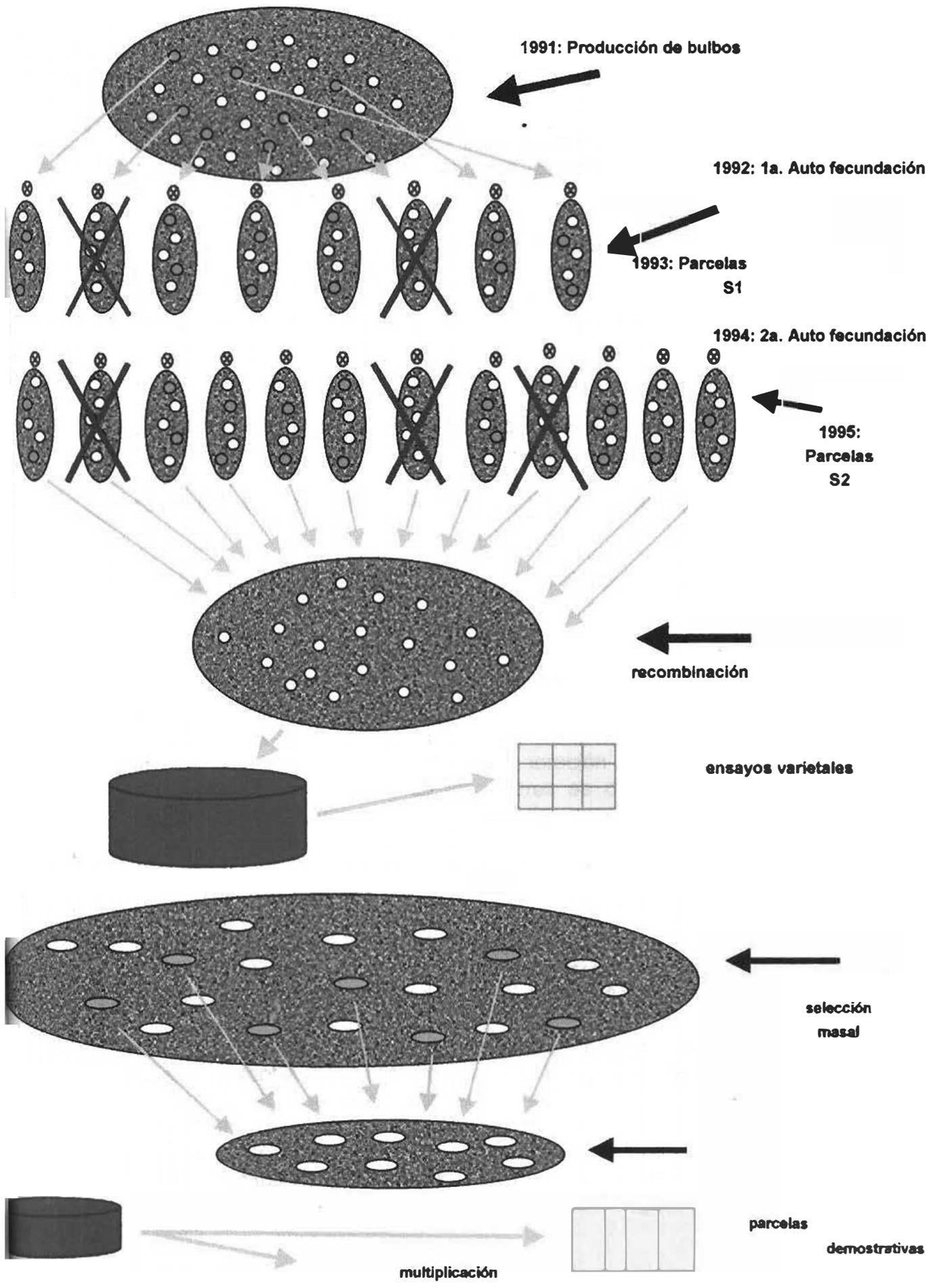
2.1.3. Correlación entre caracteres

Se ha observado correlación entre caracteres en la cebolla. Pike (1986) cita algunas correlaciones generales, como la mayor pungencia, contenido de sólidos solubles y conservación poscosecha, con las cebollas de día largo. Sin embargo, Patil y kale (1985) encontraron que el cerrado del cuello es el caracter que presentó la mejor correlación con la conservación poscosecha. Esto sería consecuencia de que este caracter, medido como la relación entre el diámetro del cuello sobre el diámetro mayor del bulbo al momento de la cosecha, es indicativo de las condiciones durante el cultivo (Galván *et al*, 1994).

McCollum (1966) evaluó la heredabilidad y la correlación entre caracteres del bulbo, trabajando con poblaciones de cebollas de día largo. Encontró alta correlación positiva entre peso, altura y diámetro del bulbo, en tanto que el peso y la forma (índice construido como el cociente entre el diámetro polar y ecuatorial) se correlacionaron negativamente.

La heredabilidad en sentido amplio del peso es baja (0 a 28 %), en tanto que la forma es alta (25 a 76 %). Más tarde, el mismo autor (1971) encontró valores similares: 0 a 23 % para el peso, y entre 29 a 100 % para la forma. Como consecuencia, los mejoradores serían capaces de cambiar fácilmente la forma del bulbo mediante selección masal, pero encontrarán más dificultad con el tamaño del bulbo, el cual tiene un importante componente del medio ambiente.

Figura 3: plan de mejoramiento de las poblaciones.
Variedades: Pantanoso y Valenciana Temprana



Mayor heredabilidad encontraron Buso y da Costa (1979), trabajando con cebollas de día corto: 39 % para el peso, 24 % para el diámetro y 40.7 % para el contenido de sólidos solubles. En tanto, las correlaciones fenotípicas fueron negativas entre estos caracteres.

Finalmente, la correlación entre características de la planta y del bulbo, fue analizada por Thamburaj *et al* (1976) en la India: peso del follaje, número de hojas, largo, tamaño y peso del bulbo. Los caracteres peso del follaje y número de hojas en la cosecha, presentaron una correlación muy significativa entre ellos, 0.839, pero con el rendimiento del bulbo no fueron significativos. La estimación del coeficiente múltiple de correlación de los cuatro caracteres es 0.9079, altamente significativo, lo que indica la relación con el largo y el diámetro del bulbo con el rendimiento, ya que los otros caracteres no son significativos (peso del follaje y número de hojas). La no correspondencia entre el desarrollo foliar y el desarrollo del bulbo, puede estar explicado por las condiciones de clima tropical, no favorables a la bulbificación.

2.2. ALGUNOS CONCEPTOS DE GENÉTICA POBLACIONAL

2.2.1. Equilibrio

Una población, en el sentido genético, no es solo un grupo de individuos, sino un grupo reproductivo; y la genética de una población está representada no solo en la constitución genética de los individuos, sino que también en la transmisión de los genes de una generación a la siguiente. Durante dicha transmisión los genotipos de los padres se disocian y un nuevo grupo de genotipos se constituyen en la progenie, con los alelos transmitidos por los gametos (Falconer, 1964).

Los alelos llevados por la población en esta forma tienen continuidad de generación a generación, pero no los genotipos en los cuales ellos aparecen. Equilibrio es la condición en la que generaciones sucesivas de una población contienen los mismos genotipos en las mismas proporciones con respecto a genes o combinaciones de genes particulares (Allard, 1960).

La frecuencia génica en equilibrio depende de los coeficientes de selección contra los homocigóticos y es independiente de la frecuencia génica inicial. En 1908 Hardy en Inglaterra, y en 1909 Weimberg en Alemania por su parte, determinaron que en una población infinitamente grande y con apareamiento libre al azar, un gen está representado por los alelos A y a, de igual adaptabilidad en la proporción $pA : qa$, las frecuencias de estos alelos permanecerán constantes según las proporciones genotípicas:

$$(p+q)^2 = 1$$

$$p^2 AA + 2pq Aa + q^2 aa = 1$$

Esto se cumple excepto que haya alguna alteración debida a 1)selección, 2) apareamiento no efectuado al azar, 3) migración diferencial, 4) mutación diferencial A -a ó a -A. El equilibrio respecto a un gen se logra en una sola generación de apareamiento al azar cualquiera sea la composición inicial de la población. A medida que aumenta el número de genes sin considerar el efecto del ligamiento, el equilibrio se alcanza en mayor número de apareamientos al azar.

Si el tamaño de la población no es suficientemente grande, las frecuencias de los alelos son susceptibles de cambio entre una generación y la siguiente. Este cambio al azar de las frecuencias constituye el proceso dispersivo ó deriva (Falconer, 1964).

El método más simple de mejora en plantas alógamas es la Selección Masal, es decir, la elección por el mejorador en cada generación de aquellas plantas con mayor expresión fenotípica de los caracteres que se consideran favorables y la subsiguiente multiplicación libre entre la población. La reiteración de este proceso puede conducir a aumentar la frecuencia de los alelos favorables, desplazando la media de la población hacia una mayor productividad. En la variación genética de la población a la acción génica aditiva, la mejora continuaría, teóricamente, hasta que alelos favorables hubieran alcanzado la homocigosis. Los efectos de Epistasia y Heterosis modifican el techo teórico aditivo. La variación genética seleccionable es la aditiva (Sánchez-Monge, 1974).

Para describir cualquier población en términos p-q del locus A-a tal que $p+q=1$, es posible utilizar el parámetro F introducido por Wright (1953), tal que:

$$D = \frac{AA}{p^2} + Fpq \quad H = \frac{Aa}{2pq} (1 - F) \quad R = \frac{aa}{q^2} + Fpq$$

$$D + H + R = 1$$

Cuando $F=0$ estamos en condiciones de población panmítica, y la oscilación de F entre 0 y 1 describe cualquier desviación de la misma. Para contemplar otras fuerzas de apareamiento.

Muchas veces, aunque no siempre, este parámetro F puede ser considerado equivalente al coeficiente de endogamia F (Lí, 1968), cuya

definición explícita es: la probabilidad de que un par de alelos transmitidos por los gametos sean idénticos por descendencia.

Cuando la población está en equilibrio la proporción cigótica de generaciones de padres y su descendencia será la misma. En cualquier equilibrio de población, uniones de heterocigotos ($Aa \times Aa$) son doblemente frecuentes que aquellas entre los dos diferentes homocigotos ($AA \times aa$ y $aa \times AA$). Esta relación es independiente de la frecuencia de los genes ó de la cantidad de endocría en poblaciones panmícticas. En las uniones de homocigotos ($AA \times aa$), los dos son reemplazados por heterocigotos en la próxima generación, mientras que uniones de heterocigotos ($Aa \times Aa$), solo la mitad de la generación se recupera como homocigoto. Así en el equilibrio, la unión de heterocigotos será doblemente frecuente que la unión de homocigotos.

2.2.2. Endogamia

Endogamia o endocría significa el apareamiento de individuos que están emparentados entre sí por ascendencia (Allard, 1960). Como desviación en una población de tamaño pequeño, las parejas que se aparean al azar pueden estar mas estrechamente emparentadas entre sí. La descendencia producida por endogamia puede llevar dos alelos en un locus que son réplicas del mismo alelo en una generación previa.

Si dos alelos se originaron de la réplica de un gen en una generación previa, puede decirse que son idénticos por descendencia o simplemente idénticos. Los individuos de una línea pura son genéticamente idénticos y ésta es la base de la uniformidad genética de estirpes altamente endogámicas.

El interés de las líneas puras obtenidas a partir de poblaciones alógamas, radica en la posibilidad de explotar la heterosis que puede producirse entre dos de estas líneas que combinen bien (Sánchez-Monge, 1974), para formar los llamados cultivares híbridos. Llamamos línea endocriada a la obtenida a partir de una población alógama por autofecundación forzada durante varias generaciones, hasta que el grado de homocigosis alcanzado sea tal que no se aprecie segregación en nuevas autofecundaciones. El número de generaciones necesario para alcanzar esta uniformidad dependerá del grado de heterocigosis de la población original. Alcanzada la mencionada uniformidad, toda parcela homogénea puede considerarse como una línea endocriada.

La consanguinidad causa, a veces, efectos perjudiciales en algunos cultivos. En particular las especies autóгамas se adaptan a la homocigosis y desarrollan una organización genética que Mather (1943, citado por Allard, 1980) llama Equilibrio Homocigótico. Una explicación de este fenómeno es que los mutantes perjudiciales recesivos, al poco tiempo de su formación se hacen homocigotos y se eliminan con facilidad por selección natural. Uno de los atributos de esta organización genética es que la consanguinidad no conduce a disminución de vigor.

La depresión por endocria observada en las líneas endocriadas derivadas de especies alógamas, muchas veces se revierte al producir híbridos F1 que restauran el vigor normal y hasta presentan el denominado vigor híbrido o heterosis (Mather 1943; Darwington y Mather, 1943; Stebbins, 1950).

Wright (1953; citado por Allard, 1960) afirma que el apareamiento en endocria, genéticamente positivo, es aquel en que el efecto principal de este sistema, es el aumentar la probabilidad de que la descendencia herede los mismos genes de los dos genitores. Esto trae aparejado la disminución del porcentaje de heterocigosis en la población, llevándola a la fijación de los alelos y por lo tanto también, del fenotipo en la extensión en que está bajo el control genético; es el sistema con mayor potencia en este sentido. La consanguinidad es particularmente efectiva para fijar los alelos que son precisamente los caracteres en los que en general, los mejoradores están mas interesados y también los más difíciles de manejar en la mejora genética práctica.

Una consanguinidad intensa produce un número cada vez mayor en grupos aislados en su reproducción, algunos de los cuales se deben descartar, en cada generación, para mantener el tamaño de la población dentro de límites manejables. El apareamiento de individuos fenotípicamente relacionados (*assortative mating*) que puede conducir también a la homocigosis, tendiendo a concentrar la población en los extremos, hasta llegar a la exclusión de los tipos intermedios. Cuando el apareamiento al azar reemplaza al apareamiento entre individuos fenotípicamente relacionados, estos efectos desaparecen rápidamente, a no ser que la selección que se efectúa en este último sistema, altere de una forma permanente las frecuencias génicas.

El método utilizado para producir cultivares híbridos de plantas alógamas comprende la selección de las plantas deseables a partir de una población heterocigótica, la autofecundación de las descendencias hasta llegar a la homocigosis y la utilización de las mejores líneas endocriadas para producir los híbridos F1 de una u otra clase. Cuanto mayor sea la frecuencia de las combinaciones de genes deseables, tanto mayor será la posibilidad de encontrar plantas con buenos caracteres agronómicos (Allard, 1980).

Algunos mejoradores creen en el desarrollo de los híbridos por las compañías comerciales de semillas, por dos razones: los híbridos son generalmente más uniformes y este sistema previene la producción de este híbrido por otras compañías de semillas (Pike, 1986).

El efecto de la endocria es polarizar la distribución de la población en homocigotos p (D) y q (R), bajando la frecuencia de los heterocigotos pq (H), sin alterar por sí misma la frecuencia de los genes (Li, 1968). Cuando el coeficiente de endogamia se hace máximo ($F=1$), entonces la distribución fenotípica,

$$D=p \quad H=0 \quad R=q$$

La cebolla es normalmente una especie alógama muy tolerante a la endocria. Algunas poblaciones de esta especie no muestran reducción aparente de vigor por la autofecundación continuada, mientras en otras la endocria continuada produce una depresión ligera o moderada (Allard, 1980).

En la cebolla aparecen pocos genes recesivos con efectos perjudiciales por autofecundación artificial y rara vez el vigor de las líneas declina hasta el punto de que sean difíciles de conservar. En la Figura 2 vemos la diferencia en rendimiento de líneas endocriadas de dos especies de polinización abierta (Allard, 1980; en base a Tysdal *et al.* 1982, y Jones y Davis, 1944).

2.2.3. Deriva

Se conoce como deriva genética los cambios en frecuencias génicas en poblaciones pequeñas debidas a procesos de azar (Allard, 1980).

Las causas a través de las cuales las propiedades genéticas de una población pueden ser cambiadas, por el tamaño de la población, son resultado de la selección natural (Falconer, 1954). Los genes que pasan de una generación a la siguiente son una muestra de los genes de la población parental; por lo tanto, las frecuencias génicas se encuentran sujetas a la variación por muestreo entre generaciones sucesivas y mientras más pequeño sea el número de progenitores, mayor será la variación por muestreo.

Hay dos clases de procesos para los cambios de frecuencias génicas: los procesos sistemáticos, los cuales tienden a cambiar la frecuencia génica en una forma predecible tanto en cantidad como en dirección, y el proceso dispersivo, el cual resulta en las poblaciones pequeñas o finitas debido a los efectos del muestreo, y es predecible en cantidad únicamente y no en dirección.

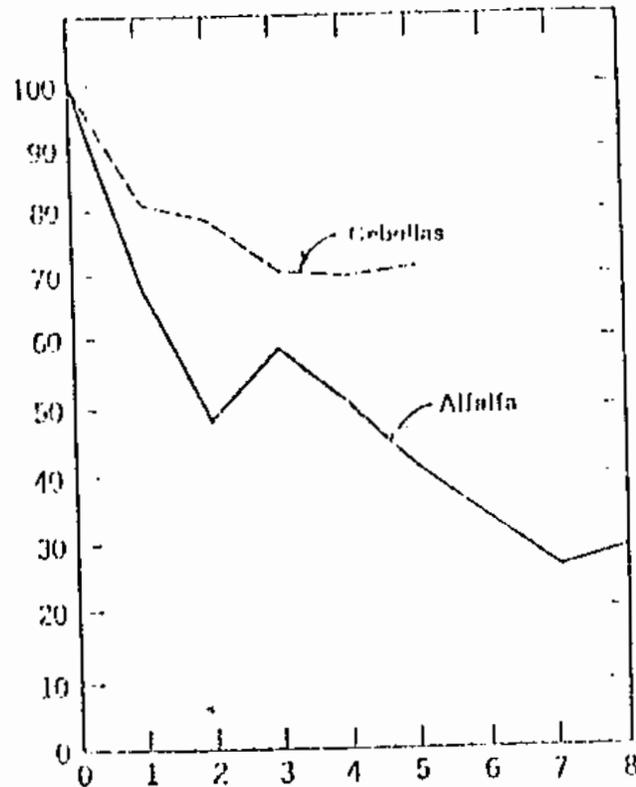


Figura 2. Efecto de la endocría en el vigor relativo de cebolla y alfalfa en generaciones sucesivas (Allard, 1980; en base a Tysdal *et al.* 1982, y Jones y Davis, 1944).

El proceso dispersivo tiene tres consecuencias importantes: 1) diferenciación entre sub-poblaciones; 2) reducción de la variación genética dentro de una pequeña población; 3) aumento de la frecuencia de homocigotos a expensas de los heterocigotos.

La población inicial con apareamiento al azar se denomina población base, y las subpoblaciones derivadas son de tamaño pequeño y las frecuencias genéticas en ellas están sujetas al proceso dispersivo. Las frecuencias génicas en estas poblaciones tendrán un valor promedio esperado igual al de la

población base, y estarán distribuidas, de tal manera que la varianza estará alrededor de su media, con la varianza:

$$\sigma^2 \Delta q = \frac{p_0 \cdot q_0}{2N}$$

Esta varianza Δq expresa la magnitud del cambio de la frecuencia génica resultante del proceso dispersivo. Las sub-poblaciones llegan a diferenciarse en frecuencias génicas, aunque la media de la población total (base), permanece invariable (Falconer, 1954).

El muestreo aleatorio que ocurre en una población pequeña continúa a través de generaciones y lleva a que las frecuencias génicas fluctúen de forma que estas sub-poblaciones puedan separarse progresivamente. Dichos cambios de la frecuencia génica que resultan del muestreo en poblaciones pequeñas, se conocen como deriva genética (Wright, 1931; citado por Allard, 1960).

La diferenciación no es el único aspecto del cambio; la dirección general del cambio es hacia un aumento de los genotipos homocigóticos y una disminución de los heterocigóticos. La razón para eso es la dispersión de las frecuencias génicas de los valores intermedios hacia los valores extremos (Allard, 1960).

Los heterocigotos son el grupo más frecuente en poblaciones con frecuencias génicas intermedias de tal manera que la separación de las frecuencias génicas hacia los extremos, conduce en promedio a una disminución de las frecuencias de los heterocigotos.

La frecuencia génica puede cambiar dentro de los límites de cero o uno, y tarde o temprano cada sub-población debe alcanzar uno u otro de estos extremos. Más aún, los límites son "trampas" ó límites sin retorno porque una vez que la frecuencia génica ha alcanzado el valor de cero o uno no puede cambiar más (fijación). Cuando un alelo particular ha alcanzado una frecuencia de cero, se dice que se ha perdido en la deriva.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DEL CULTIVO

3.1.1. Origen del Material Vegetal

Se utilizaron dos tipos locales de cebolla, provenientes de la colecta de germoplasma realizada por la Cátedra de Horticultura (1987-1989), en el proyecto "Mejoramiento Genético de Cebolla", llevado a cabo por la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República, con el apoyo del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), dentro del proyecto mayor de la Facultad de Agronomía, "Recursos Genéticos y Mejoramiento Genético de especies Hortícolas". Una población es tipo valenciana, con potenciales de rendimiento medio y de conservación en postcosecha alto, procedente de San Jacinto (Canelones). La otra población es de día intermedio con altos potenciales de rendimiento y conservación poscosecha, procedente de la localidad Pantanoso del Sauce (Canelones). En este trabajo se identificaron como Valenciana Temprana y Pantanoso respectivamente.

Para las dos poblaciones locales se utilizó en el ensayo una población de semilla hermana de la original, de la cual, parte se conserva en el Banco de Germoplasma de la Facultad de Agronomía en condiciones de mediano plazo y además se cuenta con una colección activa para las actividades de intercambio y evaluación agronómica.

3.1.2. Condiciones del ensayo

El ensayo se realizó en el Campo Experimental del Centro Regional Sur, Sayago, Facultad de Agronomía. El suelo sobre el cual se instaló fue un Brunosol Subéutrico Lúvico. En la preparación del suelo se realizó una arada y se hicieron los camellones con colmador a una distancia de 0,80 m, afinándose el mismo posteriormente en forma manual.

La fecha de siembra de los almácigos de las dos poblaciones, Pantanoso y Valenciana temprana y de las líneas S1 fueron el 3 de mayo de 1993.

Al momento de la preparación del suelo y previo al trasplante se incorporó fertilizante en dosis de 40 N y 80 P kg./ha. La aplicación de herbicida (Diuron) se hizo en forma previa al trasplante y posteriormente se realizaron carpidas manuales complementarias y desmalezado en forma periódica

durante el desarrollo del cultivo. Se hicieron tratamientos sanitarios, dos aplicaciones de fungicidas preventivos y curativos e insecticidas. En el momento del trasplante se aplicó riego planta a planta, existiendo notorio déficit hídrico en el suelo en ese momento.

El trasplante se realizó a partir del 27 de agosto del año antes mencionado, utilizándose plantín de tamaño adecuado y bien formado, descartándose el excesivamente débil o con deficiencias en su desarrollo.

3.1.3. Diseño experimental

El ensayo se instaló en parcelas al azar, con un total de 450 plantas de Valenciana temprana y 800 de la población Pantanoso. Cada parcela consta de un total de 50 plantas distribuidas en dos filas de 25. La distancia de plantación fue de 0,20 X 0,20 m, planta a planta en los camellones, para cada una expresar su fenotipo, libre de competencia con otros individuos.

Las líneas S1 se ubicaron contiguas a las poblaciones antes mencionadas, cada línea en parcelas de 50 plantas, en dos filas de 25 cada una. En forma correlativa se distribuyeron las 35 líneas S1 de la población Pantanoso y las 22 líneas S1 descendientes de la población Valenciana temprana, tal como se observa en la Figura 4. En las zonas libres de cultivo, se colocaron filas de plantas para minimizar los efectos del borde.

3.2. CARACTERES EVALUADOS

3.2.1. Variables evaluadas del cultivo

Durante el desarrollo del cultivo, en forma periódica y según un calendario preestablecido (Figura 5), se realizaron las siguientes evaluaciones:

- 1) Días de trasplante a bulbificación. Se determinó el momento de bulbificación para el total de los individuos de las dos poblaciones, y en las líneas S1 para ocho individuos tomados al azar. Se tomó como índice de bulbificación al cociente entre los diámetros mayor y menor del falso tallo; considerándose como inicio de la bulbificación cuando dicho cociente es igual o mayor a dos. En todos los casos se procedió descalzando en parte a la planta y tomando la medida de ambos diámetros con calibre.
- 2) Número de hojas expandidas al inicio de bulbificación. Esta se realizó para el total de los individuos de las dos poblaciones y las ocho plantas en las líneas S1. Se comenzó luego de instalado el cultivo e iniciado su crecimiento y repitiendo las mediciones cada diez días. Se tuvo en cuenta en cada una de las mediciones, el número de hojas funcionales, descartándose las hojas senescentes y las parcialmente desarrolladas.

- 3) Días desde trasplante a cosecha. Se determinó el momento de cosecha en forma individual en las dos poblaciones y en las ocho plantas de las líneas S1. El resto de cada parcela S1 se cosechó al superar el 50% de plantas volcadas. Retirado de la parcela, cada individuo se mantiene identificado, para las siguientes evaluaciones luego del proceso de curado de los bulbos en galpón según formas corrientes de procedimiento.
- 4) Se determinó el período de bulbificación como la diferencia entre el período de trasplante a cosecha, y el período de trasplante a inicio de la bulbificación.

3.2.2. Variables evaluadas a la cosecha

Los parámetros evaluados en esta etapa se dividen en no destructivos y destructivos. Los primeros se midieron en el total de los individuos de las poblaciones y en las ocho plantas de cada una de las líneas S1, que se evaluaron durante el cultivo. Las variables no destructivas son:

- Forma del bulbo. De manera subjetiva se clasificaron en cuatro categorías; esféricos, esférico-achatados, esférico-alargados y trompos.
- Dimensiones (mm). Estas se tomaron mediante calibre en cada uno de los bulbos y son: diámetro polar, diámetro mayor y diámetro del cuello.
- Cerrado del cuello. En forma subjetiva, se establecieron tres categorías del mismo: bueno, regular y malo, según el grosor del cuello. La relación diámetro ecuatorial / diámetro del cuello, equivale a la medición del cerrado del cuello por cálculo.
- Color. Mediante estándares, se agrupa en cinco clases: amarillo, bronceado claro, bronceado, bronceado oscuro y bronceado muy oscuro.
- Peso (g). Se tomó en forma individual el peso de cada bulbo, sin hojas.

Para los parámetros destructivos se tomaron al azar cuatro bulbos hermanos de cada una de las líneas S1 y se les determinó:

- Sólidos solubles. Se extrajeron jugos de la pulpa que se colocaron al portaobjetos del refractómetro midiendo los sólidos solubles en grados Brix.
- Materia Seca (%). Se evaluó como el cociente entre el peso fresco de una muestra y su peso luego de secada en estufa a 60° centígrados y durante 72 horas.

FIGURA N° 5

CALENDARIO DE EVALUACIONES REALIZADAS DURANTE EL CULTIVO

	Octubre		Noviembre			Diciembre								Enero			
	15	25	4	15	25	1	6	9	13	15	17	21	24	29	3	7	10
No. de hojas	★	★	★	★	★		★			★							
Sal. bifurcación	★	★	★	★	★		★			★							
Inicio (cosecha)						★	★	★	★		★	★	★	★	★	★	★

DIAS DE EVALUACIONES EN EL CULTIVO.-

3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Mediante los datos obtenidos para cada carácter, se calcularon los estimadores de varianza para las dos poblaciones y las líneas correspondientes a las mismas en forma separada (poblaciones Pantanoso del Sauce, Valenciana Temprana, y líneas S1 de cada población), para los caracteres siguientes:

- número de hojas expandidas al inicio de la bulbificación
- días desde el trasplante al inicio de bulbificación
- días desde el trasplante a la cosecha
- peso (g)
- cerrado del cuello
- forma del bulbo

Para las líneas S1, se agregan además:

- sólidos solubles (grados Brix)
- materia seca (%)

Las varianzas se analizaron con modelos de tipo anidado, en las poblaciones abiertas:

$$\sigma^2 \text{ INDIVIDUOS DENTRO DE PARCELAS (RESIDUAL)} = \sigma^2 \text{ TOTAL} - \sigma^2 \text{ ENTRE PARCELAS}$$

y en las líneas endocriadas

$$\sigma^2 \text{ ENTRE LINEAS} = \sigma^2 \text{ TOTAL} - \sigma^2 \text{ INDIVIDUOS DENTRO DE LINEAS (RESIDUAL)}$$

Se estimaron los intervalos de 95% de confianza para cada varianza. Se compararon las varianzas entre las dos poblaciones, y entre las poblaciones y sus respectivas líneas, mediante los intervalos de confianza y mediante el cociente F de Snedecor.

Al mismo tiempo, se estimaron coeficientes de correlación lineal (r) para las poblaciones entre los caracteres:

- número de hojas expandidas al inicio de la bulbificación
- días desde el trasplante al inicio de bulbificación
- días desde el trasplante a la cosecha
- período de bulbificación (días)
- peso (g)
- cerrado del cuello
- forma del bulbo

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. VARIABILIDAD EN LAS POBLACIONES DE POLINIZACIÓN ABIERTA

Aunque no es objetivo del presente trabajo, en el Cuadro 6 se comparan las medias de las dos poblaciones en forma descriptiva. Se destaca, con respecto al ciclo del cultivo, que la población Pantanoso bulbifica 6 días antes que la población Valenciana Temprana (carácter días desde trasplante a bulbificación). En cuanto al ciclo total (días desde trasplante a cosecha), la población Pantanoso es 8 días anterior a la Valenciana Temprana.

El peso del bulbo es en promedio mayor para la población Pantanoso que para la Valenciana temprana. Asimismo, el carácter cerrado del cuello también es mejor para la población Pantanoso, con la media desplazada hacia mayores valores. Para la forma del bulbo no hay diferencias entre las 2 poblaciones. No obstante, la población Pantanoso presenta forma llamada "trompo", que se enmascara con la forma esférica en el cociente diámetro ecuatorial sobre diámetro polar utilizado. La diferencia se presenta en el histograma de frecuencias de la Figura 6.

En el Cuadro 7 vemos que existen diferencias en las varianzas de algunos de los caracteres antes estudiados en las poblaciones. Para el carácter "número de días desde el trasplante a la bulbificación", es mayor la varianza de Valenciana temprana ($p < 0,05$). En cambio para el ciclo desde el trasplante hasta la cosecha, y para el cerrado del cuello, las varianzas son mayores en la población Pantanoso ($p < 0,05$) para ambos caracteres. Las Figuras 7 y 8 presentan los histogramas de frecuencias para los días desde trasplante a bulbificación y días desde trasplante a cosecha para ambas poblaciones y para las líneas endocriadas derivadas, respectivamente.

Para los restantes caracteres evaluados, número de hojas al inicio de la bulbificación, peso del bulbo y forma del bulbo, las varianzas no presentan una diferencia significativa. Para el número de hojas, en el histograma de frecuencias (Figura 9) se observa mayor frecuencia en los valores altos de Valenciana Temprana.

Cuadro 6. Número de casos evaluados, medias y rango para las dos poblaciones abiertas en cada variable.

Variable	Nro. de casos ¹	Pantanoso del Sauce			Valenciana temprana			
		Media	Mínimo	Máximo	Nro. de casos	Media	Mínimo	Máximo
Nro. de hojas al inicio de la bulbificación ²	771	6.88	2	10	434	6.95	2	10
Días de trasplante a bulbificación ³	771	80.81	69	110	434	86.76	69	110
Días de trasplante a cosecha ³	770	115.23	96	136	439	123.79	96	136
Peso (g)	718	131.04	9	352	428	105.39	5	282
Cerrado del cuello ⁴	719	6.93	3.25	15.67	428	5.47	2.71	14.4
Forma del bulbo ⁵	720	1	0.73	1.66	428	0.96	0.53	1.53

¹ Número de mediciones disponibles para cada variable.

² Número de hojas al momento de bulbificación de cada planta.

³ Días desde el trasplante (27/8).

⁴ Calculado como el cociente entre los diámetros del cuello y del bulbo luego del curado.

⁵ Calculada como el cociente entre los diámetros polar y ecuatorial.

Las diferencias entre las dos poblaciones en las varianzas de número de días desde trasplante a bulbificación y número de días de trasplante a cosecha, no son concordantes. Pantanoso presenta menor dispersión en la bulbificación, y Valenciana Temprana menor dispersión en la cosecha, lo que podría corresponderse con una inducción mas marcada en la bulbificación de Pantanoso, pero una maduración más rápida en Valenciana Temprana.

La bulbificación es regulada por el fotoperíodo, y Pantanoso tendría menores requerimientos de largo del día. En tanto, en la población Valenciana Temprana la inducción podría ocurrir más lentamente o en forma ajustada, con

Cuadro 7. Varianza e intervalos de confianza entre individuos (dentro de líneas) y entre líneas de cada población.

Carácter	Varianza entre individuos		Varianza entre líneas	
	Varianza	Intervalo de confianza	Varianza	Intervalo de confianza
<i>Pantanoso del Sauce</i>				
Nº de hojas al inicio de la bulbificación	1,2764	1,1476 — 1,4052	0,5785	0,224 — 0,9338
Días desde el trasplante a la bulbificación	45,1731	40,6153 — 49,7309	14,955	5,072 — 24,838
Días desde el trasplante a cosecha	79,2966	71,2927 — 87,3005	45,1229	22,456 — 67,786
Peso	2611,161	2337,97 — 2884,342	989,3119	402,5054 — 1576,1184
Cerrado del Cuello	3,1130	2,7876 — 3,4385	1,1890	0,1799 — 2,1981
Forma del bulbo	0,0240	0,02155 — 0,0266	0,0072	0,0017 — 0,0127
<i>Valenciana temprana</i>				
Nº de hojas al inicio de la bulbificación	1,5662	1,3557 — 1,7768	0,2375	0,0054 — 0,4804
Días desde el trasplante a la bulbificación	70,2358	60,7933 — 79,6784	12,9157	0,9826 — 24,8488
Días desde el trasplante a cosecha	62,4595	54,1111 — 70,8079	36,1443	12,2511 — 60,0375
Peso	2172,5411	1878,34 — 2466,74	193,7976	9,3507 — 378,2445
Cerrado del Cuello	1,8844	1,8512 — 1,9176	0,9162	0,3738 — 1,4586
Forma del bulbo	0,0207	0,0179 — 0,0299	0,0059	0,0019 — 0,010

Intervalos de confianza de 0.95 para el estimador de la varianza.

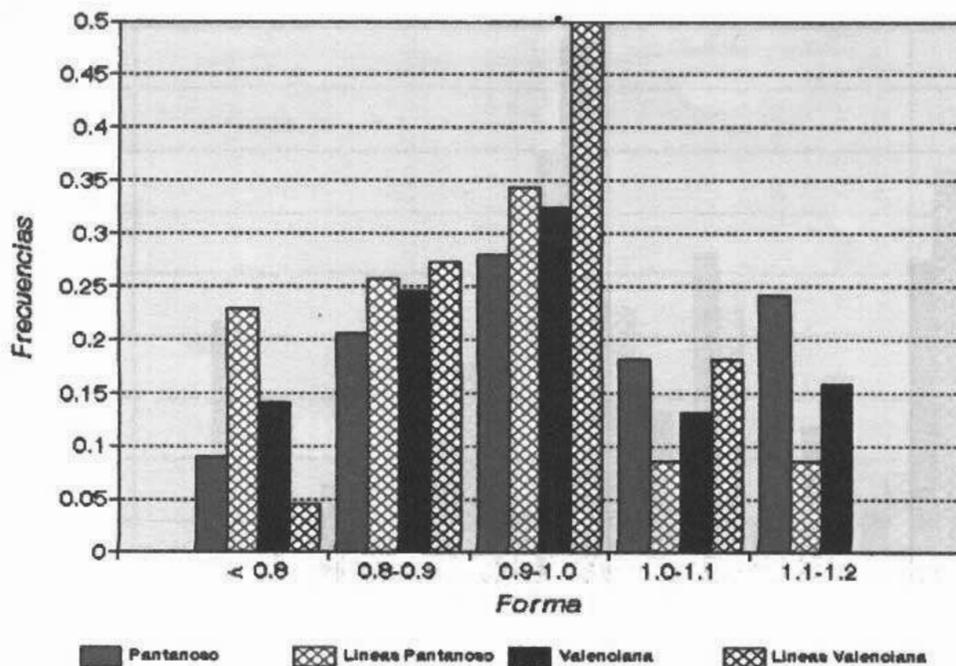


Figura 6. Forma del bulbo: histogramas de frecuencia en las dos poblaciones abiertas y las líneas S1.

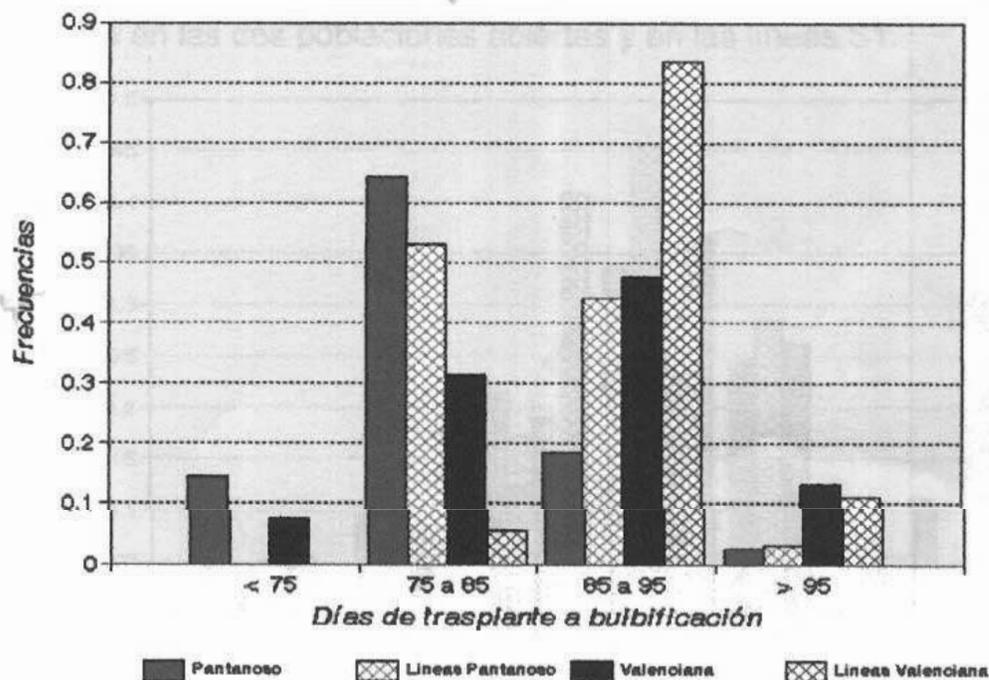


Figura 7. Número de días desde trasplante a inicio de bulbificación: histogramas de frecuencia en las dos poblaciones abiertas y en las líneas S1.

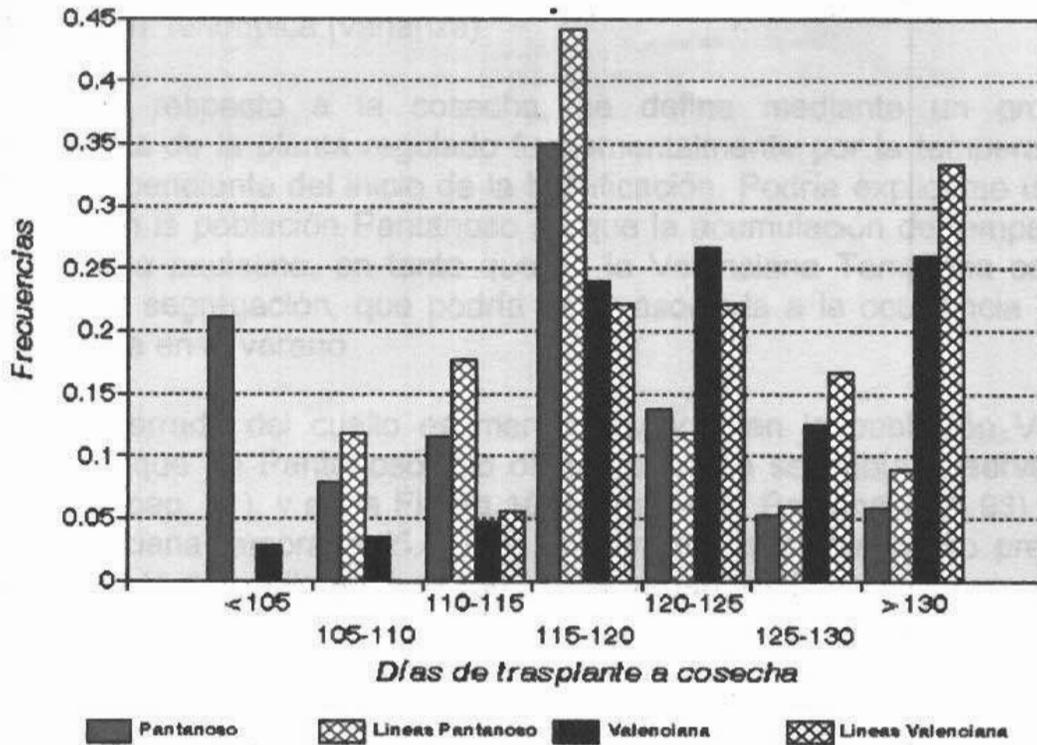


Figura 8. Número de días desde trasplante a cosecha: histogramas de frecuencia en las dos poblaciones abiertas y en las líneas S1.

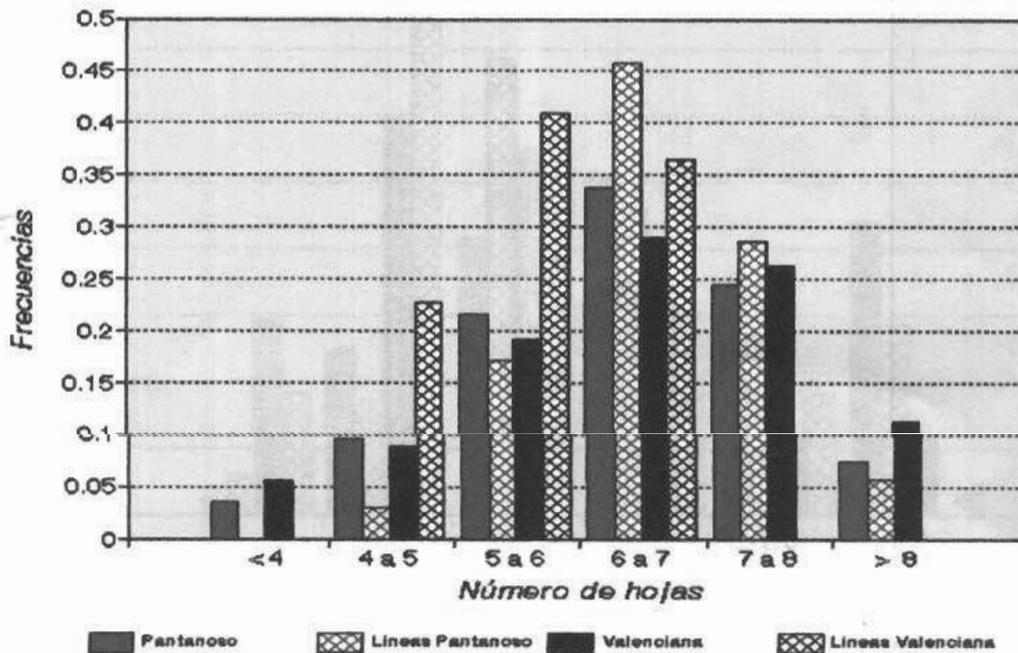


Figura 9. Número de hojas al inicio de la bulbificación: histogramas de frecuencias en las dos poblaciones abiertas y en las líneas S1.

un régimen de fotoperíodo cercano al crítico, por lo que presenta una mayor segregación fenotípica (varianza).

Con respecto a la cosecha, se define mediante un proceso de senescencia de la planta regulado fundamentalmente por la temperatura y en forma independiente del inicio de la bulbificación. Podría explicarse una mayor varianza en la población Pantanoso porque la acumulación de temperatura se da en forma paulatina, en tanto que en la Valenciana Temprana se observa una menor segregación, que podría estar asociada a la ocurrencia de mayor temperatura en el verano.

El cerrado del cuello es menos disperso en la población Valenciana Temprana que en Pantanoso. No obstante, como se había observado en el Cuadro 6 (pág. 31), y en la Figura 10, la media de Pantanoso (6.93) es mayor que Valenciana temprana (5.47), lo que implica que Pantanoso presentó un mejor cerrado de cuello aunque con mayor variabilidad.

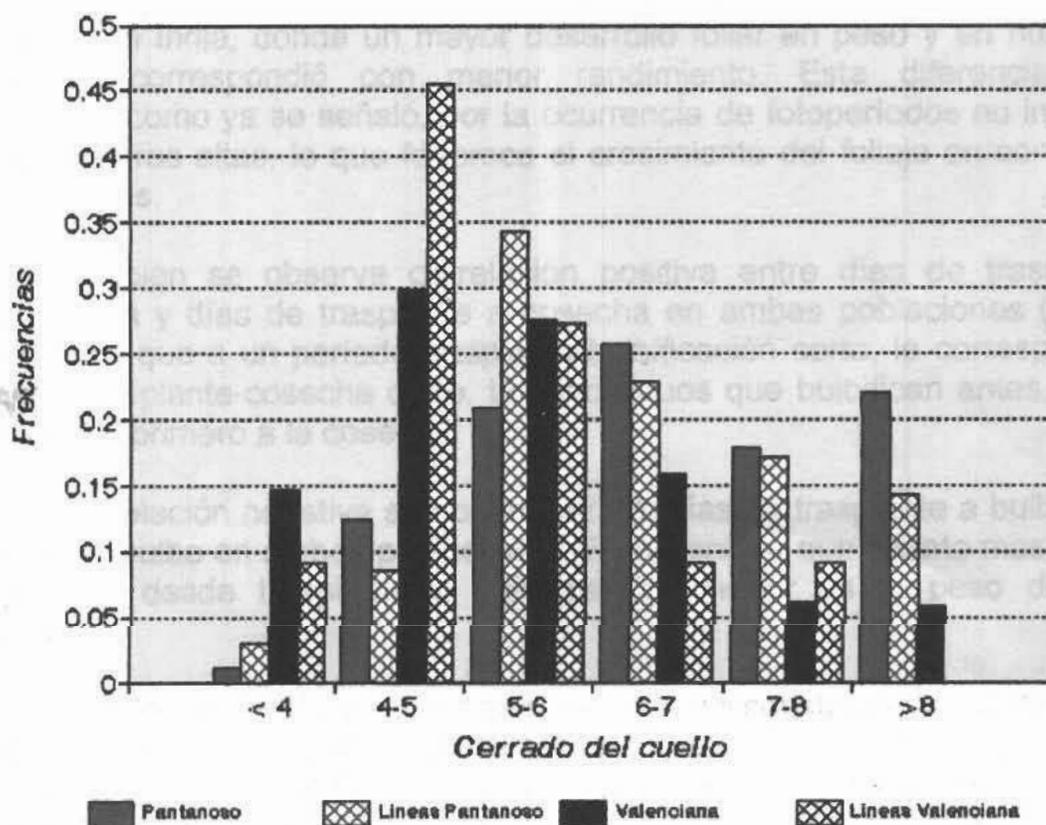


Figura 10. Cerrado del cuello: histogramas de frecuencias en las dos poblaciones abiertas y en las líneas S1.

La variabilidad entre individuos, permite realizar la selección de aquellos que cumplen con los objetivos deseados. Una varianza mayor ofrece una mayor base genética para la selección, y permite utilizar métodos de mejoramiento sencillos, como la selección masal, obteniendo una respuesta adecuada a la selección. En cambio, en aquellos casos en que la variabilidad es menor, la aplicación de métodos que tiendan a separar la variación debida a causas genéticas de aquella debida al ambiente, como es la formación de subfamilias, resulta necesaria.

4.2. CORRELACION ENTRE CARACTERES

El Cuadro 8 presenta los índices de correlación entre los caracteres evaluados. Se observa correlación positiva, y los mayores valores, entre el número de hojas al inicio de la bulbificación y el peso de bulbos, en ambas poblaciones ($p < 0,05$). A un mayor desarrollo foliar de los individuos durante el desarrollo del cultivo, les corresponde un mayor peso de los bulbos a la cosecha.

Este resultado no se corresponde con el encontrado por Thamburaj *et al* (1976) en la India, donde un mayor desarrollo foliar en peso y en número de hojas se correspondió con menor rendimiento. Esta diferencia puede explicarse, como ya se señaló, por la ocurrencia de fotoperíodos no inductivos y temperaturas altas, lo que favorece el crecimiento del follaje en condiciones no inductivas.

También se observa correlación positiva entre días de trasplante a bulbificación y días de trasplante a cosecha en ambas poblaciones ($p < 0,05$). Esto indica que a un período trasplante-bulbificación corto, le corresponde un período trasplante-cosecha corto. Los individuos que bulbifican antes, son los que llegan primero a la cosecha.

Correlación negativa se observa entre, días de trasplante a bulbificación y peso del bulbo en ambas poblaciones. Esto significa que cuanto mas largo es el período desde trasplante a bulbificación, menor es el peso del bulbo resultante.

Considerando las dos variables de ciclo, se construyó una tercera como el "período de bulbificación", que pudiera explicar mejor el peso final del bulbo. Sin embargo (Cuadro 9) se obtuvo para ambas poblaciones correlación significativa con el peso, pero inferiores a las obtenidas entre éste y el ciclo total.

Cuadro 8. Correlación entre caracteres evaluados en las poblaciones abiertas.

Caracteres	Días de trasplante a bulbificación	Días de trasplante a cosecha	Peso (g)	Cerrado del cuello	Forma del bulbo
<i>Pantanoso del Sauce</i>					
Número de hojas	NS	NS	0.64 **	NS	-0.42 **
Días de trasplante a bulbificación		0.34 **	-0.19 **	NS	NS
Días de trasplante a cosecha			0.08 *	NS	NS
Peso (g)				NS	-0.51 **
Cerrado del cuello					-0.25 **
<i>Valenciana Temprana</i>					
Número de hojas	-0.18 **	NS	0.65 **	NS	-0.43 **
Días de trasplante a bulbificación		0.38 **	-0.31 **	NS	NS
Días de trasplante a cosecha			NS	NS	NS
Peso (g)				0.11 **	-0.47 **
Cerrado del cuello					-0.27 **

NS: Correlación no significativa. * p<.10. ** p<.05.

En Valenciana Temprana, también resulta negativa la correlación entre el número de hojas y los días desde trasplante a bulbificación, lo que indica que aquellos individuos con mayor número de hojas bulbifican primero. En la población Pantanoso este índice no es significativo.

En población Valenciana Temprana, se observa correlación positiva entre peso del bulbo y cerrado del cuello (relación no significativa en Pantanoso).

Cuadro 9. Correlación entre la duración del período de bulbificación con otros caracteres evaluados en las poblaciones abiertas.

Caracteres	<i>Pantanoso del Sauce</i>	<i>Valenciana Temprana</i>
Número de hojas	NS	0.14 **
Días de trasplante a bulbificación	- 0.40 **	- 0.60 **
Días de trasplante a cosecha	0.73 *	0.53 **
Peso (g)	0.23 **	0.28 **
Cerrado del cuello	NS	NS
Forma del bulbo	NS	NS

NS: Correlación no significativa. * $p < .01$. ** $p < .001$.

La presencia de formas del bulbo alargadas se correlacionaron negativamente con el número de hojas, el peso y el cerrado del cuello ($p < .05$ en todos los casos). Esto indica que las formas esféricas y esféricas-achatadas, tendrían mejor aptitud agronómica que la forma alargada del bulbo.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por McCollum (1966, 1971), que encontró correlación negativa entre la forma y el peso del bulbo. Formas alargadas, no obstante, predominan en algunas poblaciones locales valencianas en nuestro país que presentan buen comportamiento agronómico.

4.3. VARIABILIDAD EN LAS LÍNEAS S1

4.3.1. Relación con la variabilidad en las poblaciones originales.

La varianza entre líneas S1 (Cuadro 7, pág 32) de las 2 poblaciones para todos los caracteres evaluados, es menor que la varianza en las

poblaciones madres. La diferencia es en todos los casos significativa considerando el intervalo de confianza ($p < .05$) para el estimador de la varianza.

En el Cuadro 10 se compara el cociente de varianzas de las dos poblaciones y cada población con su respectiva línea, con el valor crítico obtenido de la distribución F de Snedecor ($p < .05$). Se confirma que las varianzas en la población son significativamente superiores a las varianzas de las líneas, y aparece la segregación en el ciclo entre líneas (días desde trasplante a cosecha), como el carácter para el cual la segregación entre líneas es más similar a la segregación en la población (diferencia no significativa en la Valenciana Temprana).

Cuadro 10. Comparación de varianzas mediante el cociente F de Snedecor entre las dos poblaciones de polinización abierta y con sus respectivas líneas S1.

Caracteres	Población de Pantanoso y Valenciana temprana	Población y Líneas de Pantanoso	Población y Líneas de Valenciana Temprana
Nº de hojas al inicio de la bulbificación	1.2270	2.2063	6.5945
Días desde el trasplante a la bulbificación	1.5548	3.0260	5.4380
Días hasta la cosecha	1.2695	1.7573	1.7280
Peso	1.2018	2.6393	11.2103
Cerrado de cuello	1.6519	2.6181	2.0567
Forma del bulbo	1.1594	3.3333	3.5084
<i>Valor Crítico</i>	<i>1.00</i>	<i>1.565</i>	<i>1.81</i>

Grados de libertad de Poblaciones- ∞

Grados de libertad de Línea de Valenciana temprana- 21

Grados de libertad de Línea de Pantanoso- 34

Los resultados obtenidos no concuerdan con lo esperado, en relación a la presencia de un mayor grado de fijación en los caracteres en las líneas endocriadas, y por lo tanto la expresión de una mayor varianza para caracteres cuantitativos.

Una de las causas que pueden explicar lo que se observa, sería la variación por efecto ambiental entre individuos; cada individuo crece en un microambiente diferente, dando como resultado una gran variabilidad entre individuos. La varianza entre individuos es alta tanto en las poblaciones originales, como entre individuos dentro de las líneas (Apéndice, Cuadro 1). Este fenómeno siempre ocurre en condiciones agronómicas, y probablemente en el sistema de cultivo empleado en este trabajo es importante.

Otra de las causas que contribuirían a una menor varianza entre líneas, es el hecho de que las líneas que se toman en el ensayo no son provenientes de bulbos tomados al azar, sino que, son parte del programa de mejoramiento. Por lo tanto, son líneas derivadas de madres seleccionadas por caracteres agronómicos favorables, definidos, los que se han tomado en cuenta en la evaluación de los cultivos que presentamos en los cuadros. Esto se aprecia particularmente en el ciclo desde trasplante a cosecha, donde la respuesta entre líneas es uniforme respecto a las poblaciones originales.

4.3.2. Variabilidad en materia seca y grados brix

Para los caracteres grados Brix y porcentaje de materia seca, se evaluó la variabilidad entre las líneas y dentro de las líneas (Cuadro 11).

La varianza del porcentaje de materia seca se presenta mayor en la población de Pantanoso. En Valenciana temprana es mayor para sólidos solubles.

Del mismo modo que para lo observado en los caracteres evaluados durante el cultivo y a la cosecha, es mayor la varianza de cada carácter en los individuos de la población con respecto a la varianza de la línea correspondiente.

Cuadro 11. Varianza e intervalos de confianza de los caracteres materia seca y grados brix para las líneas endocriadas y dentro de las líneas.

Caracteres	Varianza dentro de líneas		Varianza entre líneas	
	Varianza	Intervalo de confianza	Varianza	Intervalo de confianza
<i>Pantanoso del Sauce</i>				
Grados Brix	1.2	0.87 --- 1.53	0.20	0 --- 0.046
Materia seca (%)	60.1	43.34 --- 76.82	19.50	2.1 --- 36.9
<i>Valenciana Temprana</i>				
Grados Brix	1.9	1.25 --- 2.55	1.51	0.3 --- 2.73
Materia seca (%)	8.8	5.8 --- 11.8	1.58	0 --- 4

5. CONCLUSIONES

Con respecto a la variabilidad entre poblaciones abiertas,

- Pantanoso del Sauce presentó menor varianza y rango de valores que Valenciana Temprana en el número de días desde trasplante a bulbificación, pero contrariamente, se observó mayor varianza y rango de valores mayores para el carácter días desde trasplante a cosecha;
- si bien existen diferencias en las medias poblacionales, no se observaron diferencias en las varianzas del número de hojas al inicio de la bulbificación, peso del bulbo a la cosecha, forma del bulbo y cerrado del cuello. En este último carácter, Pantanoso tuvo mayor variabilidad, aunque la media poblacional es superior a Valenciana Temprana.

En cuanto a la correlación entre caracteres en cada población,

- se observó que el peso del bulbo estuvo relacionado positivamente al número de hojas expandidas al inicio de la bulbificación para ambas poblaciones.
- En Valenciana Temprana, a mayor número de hojas por planta al inicio de la bulbificación se observó menor período desde trasplante a bulbificación.
- En ambas poblaciones se observó menor peso del bulbo a mayor período de desarrollo foliar (trasplante a bulbificación), y en Pantanoso del Sauce asimismo se observó correlación positiva entre el ciclo total y el peso final.
- Formas alargadas del bulbo se relacionaron con menor número de hojas al inicio de la bulbificación, menor peso y un cerrado del cuello más deficiente.

En cuanto a la variabilidad entre líneas endocriadas y la relación con las poblaciones correspondientes,

- las líneas endocriadas presentaron varianza menor en todos los caracteres que sus poblaciones correspondientes, no observándose por lo tanto un mayor grado de fijación de los caracteres cuantitativos en las líneas respecto

a las poblaciones. Para el ciclo total (días desde el trasplante hasta la cosecha) se observó la mayor variabilidad entre líneas en relación a las poblaciones. Asimismo, se observó una dispersión entre líneas menor que entre individuos dentro de líneas, incluyendo el porcentaje de materia seca y el contenido de sólidos solubles.

- La mayor variabilidad entre individuos de la población abierta que entre líneas pudo estar causada por factores de cultivo, ambientales, así como por el proceso de selección realizado para producir las líneas endocriadas, que redujo la variabilidad en aquellos caracteres bajo selección.

6. RESUMEN

La Facultad de Agronomía ha realizado colecta y evaluación de poblaciones locales de cebolla, destacándose la presencia de poblaciones de ciclo intermedio. A partir de estas, se inició el desarrollo de cultivares. En este trabajo se evaluó la variabilidad dentro de las poblaciones Pantanoso del Sauce y Valenciana Temprana, entre éstas y sus líneas endocriadas correspondientes. Por otro lado, se analizó la correlación entre los caracteres evaluados.

El ensayo se realizó en el campo experimental del Centro Regional Sur de Sayago, Facultad de Agronomía. La siembra en almácigos se realizó el 3 de mayo y el trasplante el 27 de agosto de 1993. La instalación y manejo del cultivo se llevó a cabo mediante técnicas recomendadas, en parcelas de 50 plantas al azar las poblaciones, y contiguas las parcelas de las líneas correspondientes con 50 plantas cada una. La densidad utilizada fue de 125000 plantas/ha, con filas dobles a 0,20 X 0,20 m entre plantas.

Se evaluaron cada 10 días el número de hojas expandidas, el índice de bulbificación y el momento de vuelco cada 4 días. A la cosecha se evaluó el peso, parámetros de calidad externa e interna. Los caracteres antes mencionados se analizaron estadísticamente mediante los cálculos de media poblacional y varianzas entre poblaciones y las líneas correspondientes, con intervalos de confianza a un 95%. Se compararon las varianzas entre las poblaciones y las líneas mediante el cociente F de Snedecor. Por último se calculó el índice de correlación entre caracteres agronómicos de cada población.

Los resultados obtenidos en los caracteres evaluados, no se observaron diferencias en la distribución, salvo en el caso del ciclo vegetativo entre las dos poblaciones y el cerrado del cuello, donde obtuvimos una mayor varianza en la población Pantanoso del Sauce.

En la correlación entre caracteres se destacó la importancia del desarrollo y número de hojas en el peso del bulbo en ambas poblaciones. Por otro lado, se observó menor peso del bulbo a mayor período de desarrollo foliar (trasplante a bulbificación), y en Pantanoso del Sauce asimismo se observó correlación positiva entre el ciclo total y el peso final. Formas alargadas del bulbo se relacionaron con menor número de hojas, menor peso y un cerrado del cuello más deficiente.

Contrariamente a lo esperado se observó una menor varianza en las líneas endocriadas respecto a las poblaciones correspondientes. La mayor variabilidad entre individuos de la población abierta que entre líneas pudo estar causada por factores de cultivo, así como por el proceso de selección realizado para producir las líneas endocriadas, que redujo la variabilidad en aquellos caracteres bajo selección.

7. SUMMARY

At the Faculty of Agronomy in Uruguay, onion local germplasm has been collected and evaluated. Intermediate day onions were promising, and a breeding programme have been developed based in such germplasm. Through this work, variation within Pantanoso del Sauce and Valenciana Temprana populations was studied, and between those populations and related inbred lines. In addition, correlation between characters was analized.

The trial was carried out in the experimental field at Centro Regional Sur (Sayago), Faculty of Agronomy. Sowing day was May 3, and trasplanting day August 27. Crop management was as usually. Plant density was 12,5 m². Populations were grown in completely randomized plots 50 plants each, and inbred lines in similar plots besides populations.

The number of expanded leaves and bulbing index were recorded every 10 days, and fall-down every 4 days. After harvest, weight bulb, and parameters of external and internal quality were evaluated. The parameters consered above were statistically analized by comparisons of the 95% confidence intervals of the variances and F test.

No differences were observed in the variances among populations, except in the total cycle and thin-necking. For these parameters Pantanoso del Sauce shown larger variance.

The number of expanded leaves at bulbing onset was highly correlated with bulb weight in both populations. In addition, smaller bulb weights were related on longer folliage periods (transplanting-bulbing onset). For Pantanoso del Sauce, a possitive correlation between bulb weight and total cycle has been also observed. Finally, elongated shapes were related on few leaves at bulbing onset, smaller bulb weight and uncomplete thin-necking.

Smaller variances between inbred lines than within respective populations were observed, conversely to expected genetic results. Such findings may be due to variations in growing conditions, and also the selection carried out to produce inbred lines, that reduces variability in parameters under selection.

8. BIBLIOGRAFIA

1. ALLARD, R.W. 1980. Principios de la mejora genética de las plantas. Barcelona, Omega S.A. Barcelona. 498 p.
2. ALDABE, L. , GALVAN, G. 1991. Colecta y evaluación de poblaciones de cebolla tipo Valenciana para conservación poscosecha In Simposio Latinoamericano sobre Recursos genéticos de Especies Hortícolas (2do. Mar del Plata, Argentina) Resúmenes. pp. 1.
3. BUSO, J.A.; DA COSTA, C.P. 1979. Heritability and correlations of onion bulb traits (*Allium cepa* L). I. Rev. Brasil. Genet II (2):49-55.
4. CAPRA, G. 1993. Producción de cebolla en la Zona Sur. INIA Las Brujas Boletín de Divulgación N° 29. 89 p.
5. DOGLIOTTI, S.; TOMASINO, H. 1991. La semilla hortícola en el Uruguay. Proyecto Interdisciplinario sobre Agroindustria (PIA) Montevideo, Facultad de Agronomía. 60 p.
6. FALCONER, D.S. 1970. Introducción a la genética cuantitativa. México, CECSA. 430 P.
7. FAO, 1988. Anuario de Producción. V. 42. 388 P.
8. GALVAN, G. ; GONZALEZ, H. ; RODRIGUEZ, J. ; SOLIER, S. ; RODRIGUEZ LAGRECA, J. ; HERNANDEZ, T. 1994. Recursos genéticos y mejoramiento genético de cebolla, morrón y tomate. Informe Final 1991-1994. Montevideo, Facultad de Agronomía. 52 p.
9. LI, C.C. 1986. genetic population. Chicago. University of Chicago. 366 p.
10. McCOLLUM, G.D. 1971. Heritability of onion bulb shape and size. Journ. of Heredity 62(2): 101-104.
11. McCOLLUM, G.D. 1966. Heritability and genetic correlation of some onion bulb traits. Journ. of Heredity 57(3):105-108.
12. PATIL, R.S.; KALE, P.N. 1985. Correlation studies on bulb characteristics and storage losses in onion. Journal Maharashtra Agric. Univ. 10(1):36-39.

13. PIKE, L. M. 1986. Onion breeding. In Basset, de. Breeding vegetable crops. Connecticut, AVI. PP. 367-395.
14. RABINOWICH, A. D. ; BREWSTER, J. L. 1990. Onion and allies crops. Boca Raton, Florida, CRC. 3 V.
15. ROBA, M. ; ROMEO, J. 1991. Evaluación fenológica y agronómica de cuatro poblaciones locales de cebolla destinadas a conservación poscosecha. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 102 p.
16. SANCHEZ MONGE, E. 1974. Fitogenética. Madrid, Mundiprensa. 456 p.
17. SOLLIER, S. 1995. Evaluación de la respuesta a la selección alcanzada en el mejoramiento genético de una población local de cebolla. Montevideo, Facultad de Agronomía. Centro Regional Sur. 22 p. (Trabajo realizado mediante beca de iniciación a la investigación del CONICYT).
18. THAMBURAJ, S.; GNANAMURTHY, P.; SHANMUGASUBRAMANIAM, A. 1976. Association of metric traits in onion (*Allium cepa* L) South Indian Horticulture 24(2):62-63.
19. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERIA AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCION DE CENSOS Y ENCUESTAS 1990. Censo general agropecuario. Montevideo. 239 p.