

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ALGUNOS ASPECTOS SOBRE LA BIOLOGIA DE LA ESTADICIA:

Limonium sinuatum (L.) Miller

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del
Programa de Estudios de Posgrado en Biología para
optar al grado de Magister Scientiae

IVONNE DEL CARMEN OVIEDO ESPINOZA

Ciudad Universitaria "Rodrigo Facio", Costa Rica

1988

DEDICATORIA

A mi esposo por su apoyo constante

A mis hijos Viviana, Ricardo Javier
y Juan Eduardo

A mis hermanos

A mi suegra

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento eterno a la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica y a todos aquellos profesores que contribuyeron en mi formación profesional.

Al Dr. Eduardo Jiménez Sáenz, profesor consejero, por su acertada y valiosa dirección durante mis estudios y del presente trabajo. A la Empresa INVERSIONES ITACARE, S. A., en la cual funge como presidente el Dr. Jiménez, por permitirme llevar a cabo dicha investigación en su finca y por el aporte de los insumos necesarios para el cultivo de la estaticia.

A la M. Sc. María Isabel Morales, Directora del Programa de Posgrado en Biología, por sus oportunos y valiosos consejos.

A los miembros del tribunal, Dra. Eugenia M. Flores, por sus oportunas indicaciones en la revisión de este trabajo. Al Dr. Erick Guevara, por sus constantes consejos, su desinteresada colaboración en beneficio de mi formación profesional y ejecución de este trabajo. Al M. Sc. Rolando Pacheco, profesor y amigo, siempre atento a prestar el consejo y colaboración oportuna para la realización y revisión del presente trabajo.

Al Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica, la cual dirige muy acertadamente el Dr. Elemer Bornemiza, por permitirme efectuar los análisis de laboratorio en dicho Instituto.

A la Confederación Universitaria Centroamericana (CSUCA) y al Servicio Alemán de Intercambio Académico quienes hicieron posible la continuación

de mis estudios y elaboración del proyecto de tesis por su valiosa ayuda económica mediante la beca otorgada. Muy especialmente, a la Sra. Encargada de la Oficina de Becas del CSUCA, Ana Luz Alfaro por sus consejos y colaboración oportuna y al Dr. Peter Sprechmann del Servicio Alemán de Intercambio Académico.

A la Universidad de Panamá, muy especialmente al Lic. Roque A. Lagrotta, director del Centro Regional Universitario de Chiriquí y a la Escuela de Biología, por concederme la licencia para poder realizar mis estudios.

A los M. Sc. Claudia de Peralta y Rafael Rincón quienes, además de compañeros de trabajo son amigos siempre listos con el consejo y ayuda oportuna. También a todos mis compañeros de trabajo.

A mis amigas y amigos costarricenses: Carolina Godoy, Rita Sandí, Rocío López, Gilberth Segura, Roberto Cordero, Elmer Guillermo García, Gonzalo Bonilla, ya que cada uno de ellos puso su granito de arena para que pudiese lograr lo que hoy en día es una realidad. También a mi paisana, amiga y colaboradora en mis faenas del campo, Magda Estela Córdoba.

A la familia Morales Jara, Paniagua Alfaro por toda su ayuda y apoyo, muy especialmente a doña Nelly y Leonilse.

Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa
de Estudios de Posgrado en Biología de la Universidad
de Costa Rica, como requisito parcial para optar al
grado de Magister Scientiae.

Luis Estrada Navas, Ph. D.
Decano del Sistema de Estudios
de Posgrado

Eugenia M. Flores Vindas, Ph. D.
En representación del Director
del Programa de Posgrado en
Biología

Eduardo Jiménez Sáenz, Ph. D.
Tutor

Rolando Pacheco Salazar, M. Sc.
Miembro del Tribunal

Erick Guevara Berger, Ph. D.
Miembro del Tribunal

Ivonne del C. Oviedo Espinoza
Candidata

EMF





Erick Guevara Berger

Ivonne del C. Oviedo E.

6.4.	Control de malezas	11
6.5.	Plagas y enfermedad	11
6.6.	Cosecha	14
III.	MATERIALES Y METODOS	15
1.	DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	15
2.	ORIGEN DEL C.V. MIDNIGHT BLUE DE OLIVENZA	15
3.	MANEJO DEL CULTIVO	16
3.1.	Uso de "flor seca"	16
3.2.	Preparación del semillero	16
3.3.	Trasplante	17
3.4.	Programa de fertilización y control de enfermedades	18
4.	ESTUDIO MORFOLOGICO DE <u>L. sinuatum</u> (L.) c.v. MIDNIGHT BLUE DE OLIVENZA, SEGUN LA EDAD	19
4.1.	Raíces	19
4.2.	Vástago	19
4.3.	Semilla	20
4.4.	Plántula	20
4.5.	Planta adulta	20
5.	ESTUDIO FISIOLÓGICO DE <u>L. sinuatum</u> (L.) c.v. MIDNIGHT BLUE DE OLIVENZA	21
5.1.	Germinación	21
5.1.1.	Semilla decorticada (semilla limpia)	21
5.1.2.	Semilla no decorticada (flor seca)	22
5.1.3.	Efecto de la germinación de varias semillas juntas en el crecimiento radical y vigor de la planta	22

5.2.	Acumulación de materia seca en <u>L. sinuatum</u> (L.) Mill., c.v. Midnight Blue de Olivenza, según la edad	23
5.3.	Absorción y distribución de nutrimentos, según el órgano y la edad de la planta	24
5.4.	Acumulación de nutrimentos según el órgano y la edad de la planta	24
6.	ANALISIS ESTADISTICO	25
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	26
1.	MORFOLOGIA DE <u>L. sinuatum</u> (L.) MILL. C.V. MIDNIGHT BLUE DE OLIVENZA, SEGUN LA EDAD	26
2.	REPRODUCCION VEGETATIVA	42
3.	ALGUNOS ASPECTOS DE LA FISIOLOGIA DE <u>L. sinuatum</u> (L.) MILL., C.V. MIDNIGHT BLUE DE OLIVENZA	44
3.1.	GERMINACION	44
3.1.1.	Semilla decorticada (semilla limpia)	44
3.1.2.	Semilla no decorticada (flor seca)	47
3.1.3.	Efecto de la germinación de varias semillas juntas en el crecimiento radical y vigor de la planta	49
3.2.	ACUMULACION DE MATERIA SECA EN LA PARTE AEREA DE LA PLANTA	51
3.3.	ABSORCION Y DISTRIBUCION DE NUTRIMENTOS, SEGUN EL ORGANO Y LA EDAD DE LA PLANTA	53
3.3.1.	Concentración de macronutrimentos	53

3.3.1.1.	Potasio	55
3.3.1.2.	Nitrógeno	56
3.3.1.3.	Azufre	57
3.3.1.4.	Calcio	57
3.3.1.5.	Fósforo	58
3.3.1.6.	Magnesio	59
3.3.1.7.	Resumen	59
3.3.2.	Concentración de micronutrientos	60
3.3.2.1.	Hierro	60
3.3.2.2.	Cinc	62
3.3.2.3.	Boro	63
3.3.2.4.	Cobre	63
3.3.2.5.	Manganeso	64
3.3.2.6.	Resumen	65
3.3.3.	Acumulación de macronutrientos	65
3.3.3.1.	Potasio	66
3.3.3.2.	Nitrógeno	66
3.3.3.3.	Azufre	68
3.3.3.4.	Calcio	68
3.3.3.5.	Fósforo	69
3.3.3.6.	Magnesio	69
3.3.3.7.	Resumen	70
3.3.4.	Acumulación de micronutrientos	71
3.3.4.1.	Hierro	71
3.3.4.2.	Cinc	71

3.3.4.3.	Boro	73
3.3.4.4.	Cobre	73
3.3.4.5.	Manganeso	74
3.3.4.5.	Resumen	74
V.	RECOMENDACIONES	76
VI.	CONCLUSIONES	78
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	80
VIII.	APENDICE	84

RESUMEN

Se estudiaron algunos aspectos de la biología de L. sinuatum (L.) Mill., c. v. Midnight Blue, tales como la germinación, crecimiento, desarrollo del embrión, así como la acumulación de macronutrientes (N, P, K, Mg, Ca y S) y micronutrientes (Zn, Mn, Cu, Fe y B) en cada órgano y en función del estadio ontogenético. El estudio se llevó a cabo en la finca Olivenza, en los laboratorios de la Escuela de Biología y en el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica.

Se prepararon diferentes envases plásticos con tierra y granza de arroz. una vez sembradas las semillas, se mantuvieron bajo condiciones de invernadero. Se tomaron muestras cada 15 días para determinar el patrón de crecimiento del sistema radical. Otras plantas se mantuvieron a cielo abierto para observar el desarrollo del vástago y sus características morfológicas en cada órgano y en los diferentes estadios ontogenéticos.

El porcentaje de germinación se determinó en semilla decorticada puesta a germinar en cajas petri con papel húmedo y en semilla no decorticada (flor seca), sembradas en envases plásticos con tierra y granza de arroz.

En la finca se seleccionaron al azar, dos muestras de almacigal. En una de ellas se estudió el efecto de la germinación de varias semillas juntas en el crecimiento radical y vigor de la planta; en el otro. se escogieron las plantas más homogéneas en tamaño, vigor y fenotipo y fueron sembradas y cultivadas. Se tomaron muestras durante 5 meses (6 plantas por muestreo), las cuales fueron secadas y después se determinó el peso seco,

luego fueron molidas para determinar la concentración de macro y micronutrientes.

Se observó que la germinación de las semillas de estaticia es rápida; epígea, fanerocotilar o criptocotilar, siendo ésta última en mayor porcentaje. Se encontró que aunque crezcan varias semillas juntas en el almácigo, pareciera no influir en que la raíz principal se ramifique o no.

Dependiendo del estado fisiológico de la planta, se presentaron variaciones morfológicas, características de cada una de ellas. En otros estudios, la morfología de las etapas juveniles no había sido considerada. Según observaciones de la morfología del tallo floral, se determinó que es una sinflorescencia politélica, bracteada, tipo abierto, semejante a una panícula abierta corimbiforme. Se observó una raíz principal profunda, de consistencia leñosa, con muchas raíces secundarias, principalmente en los primeros 10 centímetros de suelo, por lo que probablemente en el almácigo no requieran de suplemento extra de nutrientes. Las plantas presentaron mucha variación fenotípica; se encontró mucha variabilidad en cuanto al diámetro y vigor de la roseta, forma de la planta, forma de la hoja; color, forma y número de las brácteas, morfología del tallo floral, así como el tamaño, peso y número del mismo por planta y entre plantas. Algunos de éstos ya habían sido reportados.

En cuanto a los macro y microelementos, la mayoría de éstos se encontraron en concentraciones más altas en plantas jóvenes que en adultas. Durante todo el período de estudio, las hojas fueron los órganos más ricos en macronutrientes. Pareciera que estas plantas necesitan altas concen-

traciones de K, S, Fe y Mn, ya que se encontraron en concentraciones muy altas en sus tejidos. La acumulación de los macro y micronutrientes fue alta en plantas juveniles y permaneció así hasta la floración. En esta etapa, la acumulación de minerales tiende a ser más alta en los tallos florales que en las hojas. El potasio y el hierro son los nutrientes que se acumularon en mayor cantidad en los órganos de la estaticia.

LISTA DE CUADROS

EN EL TEXTO:

PAGINA No.

Cuadro No.

1	Hábitat y distribución geográfica de algunas especies de <u>Limonium</u> .	4
2	Características sobresalientes de <u>Limonium sinuatum</u> (L.) Mill. c.v. Midnight Blue de Olivenza, según la edad. Los datos son con base en 12 plantas.	39
3	Germinación de semilla decorticada de <u>Limonium sinuatum</u> (L.) Mill., c.v. Iceberg en presencia o ausencia de luz. El ensayo se hizo en triplicado.	46
4	Germinación de semilla no decorticada (flor seca) de <u>Limonium sinuatum</u> (L.) Mill., c.v. Midnight Blue de Olivenza. Datos con base en 50 espigas.	48
5	Efecto de la germinación de varias semillas juntas en el crecimiento radical y vigor de plántulas de almácigo de <u>L. sinuatum</u> , de dos meses de edad. Datos con base en 93 plantas.	50
6	Crecimiento de la estaticia, c. v. Midnight Blue de Olivenza, según la producción de materia seca. Peso seco (g) de los órganos aéreos a diferentes edades (días después de la siembra).	52

EN APENDICE:

1	Resultados del análisis químico de una muestra compuesta de suelo de la parcela experimental Finca Olivenza. Los Sitios de Moravia, San José.	85
---	---	----

- 2 Concentración (en %) de macronutrientos en los órganos de Limonium sinuatum (L.) Mill., c. v. Midnight Blue de Olivenza, según la edad. Los datos son promedios de 3 muestras con 2 plantas por muestra. 85
- 3 Concentración (en ppm) de micronutrientos en los órganos de Limonium sinuatum (L.) Mill., c.v. Midnight Blue de Olivenza, según la edad. Los datos son promedios de 3 plantas por muestra. 88
- 4 Acumulación (mg) de macronutrientos en Limonium sinuatum (L.) Mill., c.v. Midnight Blue de Olivenza, según órgano y edad. 88
- 5 Acumulación (mg) de micronutrientos en Limonium sinuatum (L.) Mill., c.v. Midnight Blue de Olivenza, según órgano y edad. 89

LISTA DE FIGURAS

Figura No.		PAGINA No.
1	Esquemas de plantas de <u>Limonium sinuatum</u> a diferentes edades. A) Plántula de 3 días. B) Plántula de 7 días. C) Plántula de 10 días. D) Planta de 30 días. E) Hojas de una planta de 30 días ordenadas según se van sucediendo.	27
2	Esquemas que muestran el desarrollo (días) del sistema radical de <u>Limonium sinuatum</u> . A) 7 días, B) 30 días y C) 60 días.	28
3	Esquemas de plantas de <u>Limonium sinuatum</u> de 60 días de edad. A) Vista lateral. B) Vista polar. Diámetro de la roseta 16 cm.	30
4	Esquemas de plantas de <u>Limonium sinuatum</u> de 105 días de edad. A) Vista polar. B) Vista de corte medio longitudinal. Diámetro de la roseta 52 cm.	32
5	Esquemas de algunos tipos de hipsófilos de la roseta de plantas de <u>L. sinuatum</u> de 120 días de edad (tamaño natural).	33
6	Esquemas que muestran la variación foliar de <u>L. sinuatum</u> . Edad 120 días. (0,3X).	34
7	Esquemas que muestran el crecimiento (días) de un tallo floral de <u>Limonium sinuatum</u> . ft) Florescencia terminal. pc) Paracladia. cf) Co-florescencia.	36
8	Esquema de una inflorescencia de <u>Limonium sinuatum</u> , c.v. Midnight Blue de Olivenza. (1X). A.- Inflorescencia con flores. B.- Inflorescencia desprovista de flores.	38
9	Esquema de una planta adulta de <u>Limonium sinuatum</u> (1/6 X).	40

- 10 Esquema de un tallo floral de L. sinuatum con hijos aéreos. Edad del eje 210 días y de la planta 330 días. 43
- 11 Germinación de semillas de L. sinuatum.
A) Germinación epigea fanerocotilar. B) Germinación epigea criptocotilar. 45
- 12 Concentración (en %) de macronutrientos en los diferentes órganos de Limonium sinuatum (L.) Mill., c.v. Midnight Blue de Olivenza, según la edad de la planta. 54
- 13 Concentración (en ppm) de micronutrientos en los órganos de Limonium sinuatum (L.) Mill., c.v. Midnight Blue de Olivenza, según la edad de la planta. 61
- 14 Acumulación de macronutrientos (mg) en los órganos de Limonium sinuatum (L.) Mill., c.v. Midnight Blue de Olivenza, según la edad de la planta. 67
- 15 Acumulación de micronutrientos (mg) en los órganos de Limonium sinuatum (L.) Mill., c.v. Midnight Blue de Olivenza, según la edad de la planta. 72

ALGUNOS ASPECTOS SOBRE LA BIOLOGIA DE LA ESTATICIA

Limonium sinuatum (L.) Miller

I. INTRODUCCION

La horticultura ornamental es una actividad de gran importancia económica en varios países. Según Warren (1980), hay 70 especies de plantas que se cultivan comercialmente para la producción de flores; de aquellas, el 80% son crisantemos, rosas, claveles y gladiolas; 4% orquídeas; 3% Snapdragons y un porcentaje muy pequeño corresponde a otros cultivos como la estaticia.

Entre las especies de Limonium (estaticia), las anuales son las que se están produciendo comercialmente en los Estados Unidos. Una de ellas, L. sinuatum, es utilizada para confeccionar arreglos florales frescos o secos, por el colorido de sus flores; además, una vez secas éstas mantienen el color por un año o más y son muy resistentes a la manipulación. Florida y California son los principales centros de producción (Wilfret et al., 1973; Warren, 1980). Varios países americanos y de otros continentes exportan esta especie a los Estados Unidos entre noviembre y mayo.

En Costa Rica la estaticia se produce en pequeña escala y se exporta a los Estados Unidos en donde alcanza buenos precios, por lo que su producción a nivel comercial ofrece buenas perspectivas. Además, Costa Rica puede exportar estaticia a los Estados Unidos principalmente en épocas de mayor déficit, gracias a sus condiciones climáticas.

Debido a la importancia económica que está adquiriendo este cultivo

en nuestro medio y a que se tiene poco conocimiento sobre su comportamiento en el trópico, es que se considera muy beneficioso este estudio. Además, el conocimiento de la biología de cualquier planta cultivada ayuda a una mejor explotación de la misma a nivel comercial.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar algunos aspectos de la biología de *L. sinuatum* (L.) Mill., c.v. Midnight Blue, tales como la germinación, crecimiento, desarrollo del embrión, así como la acumulación de macronutrientes (N, P, K, Mg, Ca y S) y micronutrientes (Zn, Mn, Cu, Fe y B) en cada órgano y en función del estadio ontogenético.

II. REVISION DE LITERATURA

1. NOMBRE Y CLASIFICACION BOTANICA.

Limonium sp. (estaticia), es una planta herbácea perenne, a veces anual o arbustiva perteneciente a la familia Plumbaginaceae que comprende más de 300 especies (Stewart y Conring, 1970). Existe controversia respecto al nombre y descripción de esta planta. Inicialmente se le dió el nombre genérico de Statice y luego el de Limonium; estos dos nombres son muy conocidos (Bailey, 1966; Gerard, 1975; Warren, 1980). Limonium sinuatum (L.) Mill., en castellano popular se conoce como siempreviva azul y en inglés Winged sea lavender (Polunin y Smythies, 1977).

2. ORIGEN Y DISTRIBUCION GEOGRAFICA.

La mayoría de las especies de Limonium son nativas del Mediterráneo y de las Islas Canarias (Wilfret et al., 1973); 26 de las 46 especies que se cultivan en España son endémicas de la Península Ibérica (Polunin y Smythies, 1977).

En el cuadro 1 se presenta una lista de especies de Limonium reportadas por Polunin y Smythies (1977) indicando el hábitat y las regiones donde se han encontrado. Además, la literatura menciona otras especies encontradas en ciertas regiones de Europa, Asia y Africa (Bailey, 1966). Se observa una amplia diseminación de dicho género ya que se les halla tanto en regiones templadas como tropicales del viejo y nuevo mundo. Actualmente las especies anuales de estaticia se cultivan comercialmente en Florida y Cali-

CUADRO 1. Hábitat y distribución geográfica de algunas especies de Limonium.

Especies	Hábitat	Regiones
<u>L. sinuatum</u>	Rocas y arenas litorales. Rocas calizas	S. E. de Portugal Región Mediterránea, Peñón de Gibraltar
<u>L. thouinii</u>	Lugares secos cerca del mar	Sur de España
<u>L. ferulaceum</u>	Marismas	Sur de Portugal Región Mediterránea
<u>L. insigne</u>	Lugares secos, estepas salinas y pedregosas	S. E. de España
<u>L. caesium</u>	Lugares arenosos y ricos en sal, estepas pedregosas	S. E. de España
<u>L. bellidifolium</u>	Pantanos costeros	Este de España Francia Mediterránea
<u>L. oleifolium</u>	Acantilados	Por todas las costas de España
<u>L. caprariense</u>	Acantilados marinos	Islas Baleares
<u>L. emarginatum</u>	Rocas próximas a la costa	Costas de Gibraltar
<u>L. ovalifolium</u>	Rocas y acantilados Atlántico, estepas	Costas de Portugal S. y E. de España, Francia
<u>L. echioides</u>	Arenas y rocas	S. de Portugal, Región Mediterránea
<u>L. furfuracea</u>	Estepas salinas	S. E. España
<u>L. cymuliformum</u>	Estepas salinas	S. E. España
<u>L. vulgare</u>	Lugares secos cerca del mar	Sur Europa
<u>L. spathulatum</u>	Costas calizas	Peñón de Gibraltar

FUENTE: Polunin y Smythies, 1977.

fornia, así como en América Central y Sur America (Wilfret et al., 1973).

Algunas especies del género están restringidas a cierto tipo y condición de suelo y se les encuentra en litorales y lugares ricos en sal (estepas) y en suelos rocosos (Polunin y Smythies, 1977); se les considera cosmopolitas, halófitas y de desierto (Good, 1964).

3. CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS.

L. sinuatum puede ser perenne o bianual. Se caracteriza por tener ausencia del vástago y hojas distribuidas en forma de roseta. Las hojas tienen lóbulos y sinuosidades laterales redondeadas y un lóbulo terminal con una cerda. Los tallos son alados; la inflorescencia es compacta corimboza o corimboso paniculada, con 3 - 5 ramas laterales. En las bifurcaciones se presentan 3 apéndices lineal-lanceolados. Las flores son de color malva azulado vivo, cáliz permanente y escarioso y corolas diminutas y amarillentas (Bailey, 1966; Polunin y Smythies, 1977).

La estaticia presenta mucha variación genética tal como en la forma de la planta, forma de la hoja, susceptibilidad a enfermedades, color de las brácteas, producción y tiempo para florecer (Wilfret et al., 1973).

4. CULTIVARES.

Las compañías productoras de semillas seleccionan los cultivares de L. sinuatum por color y forma y en el mercado se les encuentra con

diversos nombres; Iceberg, American Beauty, Midnight Blue, Kampf's Blue Improved, etc. La estaticia anual amarilla es una especie diferente, L. bonduellii Kuntze, y en el mercado se les encuentra bajo el nombre de Bonduellii o Gold Coast. En contraste con L. sinuatum que presenta tallos alados o angulares, como se indicó antes, L. bonduellii los muestra redondeados. Warren (1980) menciona que L. sinuatum puede ser púrpura, rosada, azul, roja, blanca o amarilla.

5. CARACTERISTICAS FISIOLÓGICAS.

5.1. Germinación.

La semilla de estaticia puede germinar bajo un amplio rango de temperatura, a la luz o a la oscuridad siendo óptima dicha germinación entre 18 C y 21 C (Cathey 1969, mencionado por Wilfret et al., 1973). A estas temperaturas, la semilla decorticada (limpia) germina a los 5 - 9 días (Warren, 1980). Zimmer (1981) considera que la temperatura de germinación de 16/13 C (día/noche) es más adecuada e indica que las plántulas que crecen a estas temperaturas producen menos hojas que a 27/24 C.

La temperatura de germinación puede influir en el tiempo y el porcentaje de floración, dependiendo del cultivar y la temperatura a la cual crece la planta. Semeniuk y Krizek (1973) informan que en seis cultivares de Limonium a una temperatura de germinación de 16/13 C, 21/18 C y 27/24 C (día/noche), y a una temperatura de crecimiento de 26/24 C, el porcentaje de floración varió en gran manera dependiendo del cultivar y la temperatura de germinación. También observaron que estos mismos

cultivares, a una temperatura de crecimiento de 24/16 C, la floración es independiente de la temperatura de germinación, pero florecen más temprano y presentan un mayor porcentaje de floración que cuando crecen en un clima más cálido (26/24 C).

La vernalización de las semillas a 2 C provoca una temprana floración y una mayor producción de flores. El tiempo de vernalización depende del cultivar: Early Blue, de floración temprana y Midnight Blue de floración intermedia, requieren 20 días; Super Blue, de floración tardía, 40 días. El efecto de la vernalización se pierde si las plantas son expuestas a altas temperaturas, 25 - 30 C (Azuma et al., 1983).

5.2. Floración.

Los días largos y las temperaturas bajas durante la noche, aceleran la floración y aumentan el porcentaje de la misma en cultivares anuales de estaticia. Sin embargo, hay una amplia escala de respuestas a estos dos factores entre los diferentes cultivares de L. sinuatum. Las variedades azules, que son las más tardías para florecer, lo hacen más temprano y en forma más consistente bajo condiciones de día largo que de día corto (Semeniuk y Krizek, 1972). En la Florida se observó aceleración en la floración y un aumento en la producción en el cultivar Midnight Blue, con más de 200 ppm de ácido giberélico (Wilfret y Green, 1975). Semeniuk y Krizek (1972) señalan que Midnight Blue necesita temperaturas bajas en el estado de plántula para florecer; éste es el factor principal y determinante de la floración en la estaticia anual, sin menospreciar la tempera-

tura de germinación, la cual es crítica para ciertos cultivares. Zimmer (1982) estudió el efecto de la temperatura en 27 cultivares de L. sinuatum y encontró que plantas que crecen a 15 C ó 12 C florecen más y primero que aquellas que crecen a temperaturas más altas (20 C). Además, observó que los cultivares azules producen menos flores que los cultivares rosados; ya en 1981 había determinado que los cultivares blancos como Iceberg, creciendo a bajas temperaturas, producen más que los cultivares azules y rosados. El cultivar Midnight Blue es uno de los que producen menos flores; sin embargo, sus inflorescencias son más pesadas y alcanzan las mejores cotizaciones en el mercado (Wilfret et al., 1973). En Taiwan se ha observado que las temperaturas bajas de las tierras altas favorecen el crecimiento de la estaticia y las condiciones de invierno de las tierras bajas favorecen la floración (Huang, 1983).

Según Semeniuk y Krizek (1972), Raulston informó que la nutrición es otro factor determinante en el tiempo de floración y en el número de inflorescencias de plantas anuales de estaticia. Un incremento en la fertilización acelera la velocidad de floración y aumenta el número de inflorescencias. En L. tataricum, la adición de potasio aumenta el peso seco y fresco de las inflorescencias, al estimular la actividad metabólica de las enzimas responsables de la formación de celulosa (Harm y Maync, 1985). Hattermann y Paparozzi (1985) informan que cultivares como Gold Coast, Iceberg y Kampf's blue, aumentan la producción en forma significativa al aplicarles fertilizante granulado como 12-5-10 a razón de 22,7 a 136,2 kilogramos de nitrógeno por hectárea.

5.3. Reproducción.

Según Warren (1980), la estaticia se puede propagar en forma eficiente a partir de semillas limpias (decorticadas). Estas germinan en forma rápida y uniforme y casi siempre en un 100%. Pueden presentarse enfermedades fungosas si se usa semilla no decorticada, flor seca (Wilfret et al., 1973; Strider, 1973). Remojando las inflorescencias en agua a 52 C por 30 minutos o en una solución al 0,5% de hipoclorito de sodio por 2 minutos o en benlate (benomyl) a razón de 454 gramos en 378 litros antes de la siembra, se puede eliminar el hongo Botrytis cinerea sin afectar la germinación. Las enfermedades también atacan la semilla "limpia" si no se trata adecuadamente con fungicida (Strider, 1973). También se ha logrado su propagación in vitro a partir de yemas axilares (Harazy et al., 1985).

6. MANEJO DEL CULTIVO.

6.1. Siembra.

Para producir estaticia comercialmente en regiones subtropicales (Florida) Wilfret et al., (1973) desarrollaron su propia tecnología. Colocaron semilla decorticada en un medio estéril artificial (vermiculita, perlita o una mezcla de éstas). Cuando las plántulas presentaban las primeras eófilas (aproximadamente 3 a 7 mm de longitud) fueron trasplantadas a recipientes individuales y fertilizadas para estimular su crecimiento. Cuando las rosetas tenían de 8 a 10 cm de diámetro; se llevaron al campo, aproximadamente 4 a 5 semanas después del primer tras-

plante. En Florida, la semilla se siembra de junio a agosto para trasplantar al campo de agosto a noviembre. Previo al trasplante se esteriliza el suelo. Se siembran dos hileras de plantas sobre una cama de 76 cm a 92 cm de ancho y 31 cm entre hileras, con una separación entre plantas de 31 cm para obtener aproximadamente 49,400 plantas por hectárea. Según Raulston (1970) mencionado por Wilfret et al., (1973), con esta población relativa (densidad), se alcanza una buena producción de flores de alta calidad.

6.2. Suelo.

Para el cultivo de la estaticia se recomiendan suelos bien drenados y con buena aereación. La fumigación del mismo con bromuro de metilo o vorlex, previo al trasplante, se señala como buena medida para obtener una mayor producción; y también, para poder efectuar una nueva siembra en ese mismo suelo (Wilfret et al., 1973).

6.3. Fertilización.

Se pueden aplicar diferentes métodos de fertilización en la producción de estaticia (Wilfret et al., 1973). En cada uno de ellos y según las necesidades, se agrega al suelo superfosfato, dolomita y elementos menores durante la preparación. En el sistema tradicional se aplica nitrógeno y potasio a razón de 12 kilogramos por hectárea cada 3 ó 4 semanas; el número de aplicaciones depende principalmente de las condiciones climáticas y del tipo de suelo. Cuando se utiliza "mulch" sobre las eras, previo a la colocación de éste se hace una sola aplicación de la fórmula 6-6-6 a razón de 243

kilogramos por hectárea, en una sola banda entre las dos hileras de plantas. El uso de Osmocote 18-6-12, a razón de 121 kilogramos por hectárea, da buenos resultados.

6.4. Control de malezas.

El uso de herbicidas es necesario para el control de malezas. L. sinuatum c.v. Midnight Blue es tolerante a algunos herbicidas pre y post emergentes como oxadiazon a razón de 4,5 kg/ha, EPTC 3,4 kg/ha y DCPA 9 kg/ha. Aplicaciones de lazo (alaclor) 1,7 kg/ha, surflan (oryzalin) 2,2 kg/ha y devrinol (napropamide) 2,2 kg/ha afectan la producción ya que disminuye el número de ejes florales (Gilreath, 1985). Propaclor a 3,5 kg/ha actúa en forma selectiva en el control de malezas en L. sinuatum aplicado 8 días después del trasplante (Stryckers y Himme, 1974). También es tolerante a Kerb 50 W (propyzamide), patoran (metobromuron) y Gesatop 50 (simazine) entre otros; sin embargo, pueden ser nocivos cuando son aplicados a plantas adultas (Hofmann y Kneissl, 1976).

6.5. Plagas y enfermedades.

En Florida, muchas especies de insectos atacan a la estaticia. Entre las principales figuran larvas de lepidópteros y coleópteros e insectos raspadores y chupadores como thrips y áfidos. El principal daño ocurre en el follaje y las raíces, pero los insectos también pueden consumir las yemas y los tallos florales. Los insectos chupadores y raspadores ocasionan daños menores y rara vez surgen en forma de plaga. El problema más serio es causado por el ácaro

Tetranychus urticae Koch ya que puede devastar poblaciones enteras de plantas, principalmente cuando está cerca la cosecha de sus flores; cuando el daño existe, las hojas toman un color bronceado, amarillo rojizo o púrpura, pero no siempre esta coloración es causada por este ácaro (Wilfret et al., 1973).

La producción de estaticia está amenazada en Florida por enfermedades del follaje y flores o por patógenos del suelo (Wilfret et al., 1973). Las enfermedades más comunes y destructivas son la Antracnosis (manchas en las hojas, tallos y flores) y pudrición de la raíz producida por Colletotrichum gloeosporioides y moteado de las hojas por Cercospora insulana (Engelhard, 1975). Las pérdidas por Antracnosis pueden ascender a un 100%. En Florida esta enfermedad es un factor limitante en la producción de estaticia amarilla y en los cultivares blancos, rosados y azules causa serias pérdidas (Engelhard et al., 1972); la enfermedad puede ser controlada con aplicaciones semanales de benomyl (benlate) (Sobers y Cox, 1973) Jackson (1961), mencionado por Wilfret et al., (1973), informa que un ataque severo causado por Cercospora insulana produce primero defoliación y luego muerte de la planta. Las lesiones en las hojas y alas de los tallos florales son primero diminutas y de un color rojo o anaranjado, luego llegan a ser centralmente membranosas y rodeadas de un angosto halo de color café rojizo. Las lesiones necróticas son las más comunes. Las esporas se producen en forma abundante en el haz y envés de la hoja. Esta enfermedad es muy seria principalmente en condiciones de alta humedad y calor. Aplicaciones de benomyl (benlate), clorotalonil (clorotalonil 500) y zinc con maneb (manzate) controlan esta enfermedad (Wilfret et al., 1973). Sclerotium rolfsii Saoc. y Rhizoctonia solani Kuehn pueden causar pérdidas en la producción hasta en un 30%. Ambos patógenos oca-

sionan pudrición de la corona. El marchitamiento es el primer síntoma que se presenta; las hojas se tornan necróticas y sobreviene la muerte. La planta puede recuperarse si la corona y la raíz no han sido afectadas (Jackson, 1960; Cox, 1972). Esta enfermedad se favorece con la humedad, el suelo caliente y temperaturas entre 25 C y 30 C (Aycock 1966, mencionado por Wilfret et al., 1973). Las inflorescencias pueden ser atacadas por Botrytis cinerea Fr.; la infección se manifiesta como áreas necróticas de color canela, se inicia en los pétalos y áreas aledañas a los cálizos y luego desciende en forma rápida y destruye la mayoría de las ramas del eje floral (Jackson, 1960). También se ha observado daño de las flores por presencia de virus (Hein et al., 1977); Lawson et al., 1985). Las semillas pueden ser atacadas por hongos como Alternaria sp., Botrytis cinerea, Fusarium sp., Stemphylium sp., además Cercospora insulana y Colletotrichum gloeosporioides (Wilfret et al., 1973).

En Michigan se ha encontrado en L. sinuatum organismos semejantes a micoplasmas en secciones de tallos, hojas y pedicelos, aquellos provocan amarillamiento y malformación de las hojas jóvenes, enrojecimiento de las mismas en plantas adultas, además de anomalías en las flores como amarillamiento y formación de filodios. En el verano de 1981-1982 se reportaron pérdidas en un 80% debido a esta enfermedad (Baker et al., 1983).

Las bacterias también son patógenos que pueden ocasionar daños severos en una plantación de estaticia. Pudrición de la corona y de las hojas puede ser ocasionada por Pseudomonas caryophylli (Jones y Engelhard, 1984). En Australia se encontró que L. sinuatum es un nuevo hospedero de Pseudomonas andropogonies (Moffett et al., 1986).

6.6. Cosecha.

El producto comercial es la inflorescencia o tallo floral, el que se cosecha cuando hay abundancia de flores abiertas. Los tallos florales se cortan tan cerca del suelo como sea posible. Una planta de estaticia produce inflorescencias por varios meses y una plantación puede ser cosechada de 8 a 12 veces cada cinco a siete días (Wilfret et al., 1973). Las inflorescencias pueden ser almacenadas a 2 C durante 2 a 3 semanas (Warren, 1980). En Florida el cultivar Midnight Blue llega a producir 13 ejes florales por planta con una longitud promedio de 55,9 cm y un peso promedio de 50 gramos (Wilfret et al., 1973).

III. MATERIALES Y METODOS

1. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.

Este estudio se llevó a cabo en la finca Olivenza, en los laboratorios de la Escuela de Biología y del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. La finca Olivenza está ubicada en el distrito Los Sitios del Cantón de Moravia, Provincia de San José, a una longitud de $84^{\circ} 03'$ y $09^{\circ} 59'$ N de latitud y una altitud de 1260 msnm. La zona tiene una precipitación promedio anual de 1530 mm y una temperatura media anual de 20,6 C (máxima promedio 23,0 C y mínima promedio 12,0 C) (según la Estación Meteorológica más cercana al área de estudio). Los suelos de la finca pertenecen a la Serie Heredia Lomerios, Typic Dystrandept, de textura arenosa, suelto[†].

ORIGEN DEL C.V. MIDNIGHT BLUE DE OLIVENZA.

En la finca Olivenza se cultiva experimental y comercialmente L. sinuatum c.v. Midnight Blue y se observa buena adaptación. Se comenzó a multiplicar por medio de semilla importada de los Estados Unidos, pero ahora se produce a partir de semilla producida en la finca con el propósito de mejorar su adaptación.

[†]Comunicación personal del Dr. Alfredo Alvarado a Edgar Guadamuz (1980). Relación entre morfología radical y componentes de producción de frijol común Phaseolus vulgaris (L.). Tesis Fac. Agr. Universidad de Costa Rica. p. 8.

Las plantas son seleccionadas por precosidad, uniformidad de floración, productividad y poca tendencia al volcamiento de los tallos florales.

3. MANEJO DEL CULTIVO.

3.1. Uso de "flor seca".

El uso de flor seca en la propagación de la estaticia no es recomendado en la literatura por razones fitosanitarias (Wilfret et al., 1973). En la finca Olivenza ha resultado ser ventajoso porque se puede sembrar directamente en el campo, lo que significa una gran economía desde el punto de vista del cultivo comercial. Además, como ya se indicó, esta práctica permite la selección por adaptación al medio.

La flor seca se colectó entre febrero y abril, cuando la precipitación pluvial es escasa o nula. Las inflorescencias se desmenuzaron para obtener espigas con varios frutos (semejante a aquenios) y se colocaron al sol por varios días antes de ser guardadas en un lugar fresco y ventilado. Antes de la siembra, para prevenir la diseminación de enfermedades, la flor seca se remojó durante 60 minutos en una solución de benlate (benomil) 7 g/l, la cual se agitó periódicamente en forma manual para favorecer la aereación.

3.2. Preparación del semillero.

Para la hechura del semillero, se usó un terreno limpio y terra

ceado. Las camas (terrazas) eran de 1,2 m de ancho. La semilla (flor seca) se distribuyó en tres hileras a lo largo de cada cama, con un borde de 25 centímetros entre el lado superior y la primera hilera y 18 centímetros entre las demás hileras, quedando 59 centímetros de pasadizo y recolector de agua. Previo a la siembra se hicieron surcos de 10 centímetros de profundidad, donde se colocó el nematocida-insecticida furadán (carbofuran) a razón de 45 kilos por hectárea; el producto se cubrió con tierra y sobre ésta se distribuyó la "semilla". De inmediato el semillero se tapó con caña de maíz para evitar que la lluvia arrastrara las inflorescencias. La cobertura se removió una semana después de la siembra.

Actualmente en la finca Olivenza se experimenta con la siembra directa ya que ésta es más económica aunque presenta desventajas tales como difícil manejo de la densidad poblacional y mayor incidencia de insectos.

3.3. Trasplante.

Cuando las plántulas tenían dos meses y medio de edad se efectuó el trasplante. Un día antes, se aplicó foliarmente azúcar al 4% para aumentar el potencial osmótico y disminuir el estrés. Previo al trasplante, a cada plántula se le eliminó una tercera parte del tejido foliar para mantener la relación vástago/sistema radical y se trasplantó con adobe para afectar lo menos posible las raíces. Se hicieron huecos de aproximadamente 15 centímetros de profundidad a 35 centímetros e igual distancia entre hileras. En el fondo de cada hoyo se aplicó furadán en cantidades iguales a las usadas

en el semillero, fertilizante químico, según se explica adelante, y suficiente tierra para evitar el contacto directo entre la raíz y los agroquímicos.

3.4. Programa de fertilización y control de enfermedades.

Durante el trasplante se abonó con la fórmula 12-24-12, a razón de 5 g por planta; además se agregó solubor[†] a razón de 5% (p/p). A los 2, 3 y 4 meses del trasplante se abonó nuevamente con la fórmula 18-5-15-6-2, en cantidades similares a las usadas con anterioridad y reforzada con 5% (p/p) de solubor. El fertilizante se puso en hoyos a 10 cm de profundidad y de la raíz, aproximadamente. En total las cantidades por hectárea de nutrimentos aplicados desde el trasplante fueron: 157, 93, 136, 43, 24 kilogramos de N, P₂O₅, K₂O, Mg y B, respectivamente.

Para el control del ataque de cercóspora se hicieron aspersiones semanales de benlate (benomil) alternando con trimiltox forte (mancozeb + cobre + hierro) y azufral (azufre) a razón de un kilogramo por 200 litros de agua. El tiempo de aplicación del fungicida varió dependiendo de las condiciones ambientales y del grado de severidad de la enfermedad. Además en cada aspersión se aplicó elementos menores (nutracoop), 500 gramos en 200 litros de agua; urea al

[†]Solubor= borato de sodio. Contiene 67,1% de B₂O₃, o bien 20,5% de boro elemental, según la casa fabricante U. S. Borax and Chemical Co. 3075 Wilshire Blvd. Los Angeles, California 90010.

1% y folidol M-480 (metil paration) como insecticida, 600 mililitros en 200 litros de agua y adherente.

4. ESTUDIO MORFOLOGICO DE L. sinuatum (L.) MILL., C.V. MIDNIGHT BLUE DE OLIVENZA, SEGUN LA EDAD.

4.1. Raíces.

Se observó el patrón de crecimiento del sistema radical; para esto se prepararon 100 envases plásticos de 8 onzas con tierra y granza de arroz; se sembraron dos semillas por envase, se eliminó la plántula menos vigorosa y se mantuvieron bajo condiciones de invernadero. Cada quince días se tomaron 6 plantas, se eliminó el suelo con agua y se midieron las raíces primarias y secundarias. De inmediato se separó el sistema radical del aéreo, fueron secados en una estufa a 70 C durante 48 horas y se anotaron sus correspondientes pesos secos. Las evaluaciones se llevaron a cabo por un período de 2 meses y se hicieron los esquemas requeridos.

4.2. Vástago.

Con el fin de observar el desarrollo del vástago y sus características morfológicas en cada órgano y en los diferentes estadios ontogenéticos, se prepararon 50 envases plásticos de 8 onzas en forma similar a la descrita con anterioridad. Se mantuvieron a cielo abierto por espacio de dos meses aplicándoles riego en forma periódica. Esta etapa se llevó a cabo en la Universidad de Costa Rica. Luego de eliminar las plantas más

débiles fueron llevadas a la finca Olivenza, en donde fueron sembradas y cultivadas como se detalla en la sección 3.3. Este estudio fue hecho con base en 12 plantas. Se le asignó un número a cada etapa y se indicó el tiempo aproximado en cada una de ellas, el número de hojas y el diámetro de la roseta. Se anotó el tiempo de aparición de las principales estructuras y órganos que implicaron un cambio en la forma de la planta o que marcaron el inicio de una etapa fisiológica. Se determinó el tiempo de brotación de la radícula, de los cotiledones, de las protófilas y eófilas, de los tallos florales; período de antesis y desarrollo de hijos aéreos en forma de roseta. Se hicieron los esquemas correspondientes.

Otras observaciones de las características morfológicas se efectuaron en la semilla, plántula y planta adulta y fueron las siguientes:

4.3. Semilla.

En la semilla se determinó el color, forma y tamaño.

4.4. Plántula.

En la plántula se observó en los cotiledones el color, tipo, forma, venación y presencia o ausencia de estomas. En las hojas se observó la forma, tipo de venación y la presencia o ausencia de tricomas y estomas.

4.5. Planta adulta.

En la planta adulta se observaron las características de la hoja

tales como tipo, forma, ápice, base, tipo de nervadura y presencia o ausencia de tricomas y estomas. En las brácteas se determinó la forma, tamaño y disposición en la planta. En el tallo floral se evaluó el número, patrón de ramificación y tipo de inflorescencia. En las flores se observó el número y color de los sépalos y pétalos. En el androceo se determinó el número de estambres y el tipo de antera. En el gineceo se estableció el tipo, número de carpelos y lóculos, tipo de placentación y número de rudimentos seminales.

5. ESTUDIO FISIOLÓGICO DE L. sinuatum (L.) C. V. MIDNIGHT BLUE DE OLIVENZA.

5.1. Germinación.

5.1.1. Semilla decorticada (semilla limpia).

La germinación de la semilla decorticada se determinó colocando 200 semillas en cajas petri con papel filtro húmedo, a razón de 100 semillas por caja, se taparon y fueron mantenidas a la temperatura del laboratorio; una caja permaneció a la luz y la otra a la oscuridad. En cada tratamiento se hicieron tres repeticiones. Se evaluó el tiempo requerido para que ocurriera la germinación y se contó el número de semillas germinadas por día, en presencia y ausencia de luz.

5.1.2. Semilla no decorticada (flor seca).

Para observar la germinación de la semilla no decorticada (flor seca), se pusieron 50 inflorescencias (espigas), previamente desinfectadas, como se indicó en la sección 3.1., en envases plásticos de 8 onzas conteniendo tierra y granza de arroz a la temperatura del laboratorio y fueron regadas periódicamente. Se determinó el tiempo transcurrido para que ocurriera la germinación y se llevó un registro diario del número de semillas germinadas por inflorescencia durante un mes.

5.1.3. Efecto de la germinación de varias semillas juntas en el crecimiento radical y vigor de la planta.

Este estudio se llevó a cabo en una muestra de almacigal seleccionado al azar que medía aproximadamente un metro de longitud, en triplicado. Las plantas fueron retiradas a una profundidad de 40 centímetros con ayuda de una pala procurando alterar lo menos posible el sistema radical. Se observó el tipo de raíz y vigor de la planta; éste último se evaluó dividiendo el grupo de plantas en tres categorías. En la primera, se incluyeron aquellas plantas grandes, vigorosas, con una raíz principal recta y con una longitud superior a la longitud de las hojas maduras. Las plantas consideradas dentro de la segunda categoría fueron aquellas con un vigor intermedio comparadas con las primeras. Para la tercera categoría se consideraron las plantas más pequeñas y de raíz muy poco desarrollada. Además, se evaluaron aspectos tales como presencia de enfermedades en el follaje o la raíz

y presencia o ausencia de raíz defectuosa (ramificada y poco desarrollada). Finalmente se agruparon en plantas de calidad no trasplantable (plantas muy pequeñas o con raíz defectuosa o enferma) y de calidad trasplantable.

5.2. Acumulación de materia seca en *L. sinuatum* (L.) Mill., c.v. Midnight Blue de Olivenza, según la edad.

Se determinó la producción de materia seca en cada uno de los órganos excepto la raíz, en diferentes estadios ontogenéticos, para lo cual se cultivaron 200 plantas como se indicó en la sección 3. Del almácigo se escogieron las plantas más homogéneas en cuanto a tamaño, vigor y fenotipo ya que éstas presentan gran variabilidad genética.

La parcela experimental midió 21 metros de largo por 2 metros de ancho. Previo al trasplante se efectuó un análisis de suelo en dicha parcela siguiendo los métodos utilizados en el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica (Briceño y Pacheco, 1984). Según el análisis químico resultó el suelo ácido, alto en materia orgánica, de fertilidad natural baja, con trazas de aluminio, bajo en fósforo y alto en hierro (ver cuadro 1 del apéndice). La distancia entre plantas; fue de 40 centímetros y entre hileras de 30 centímetros, distribuidas en "tres bolillo" para un total de cuatro hileras con 50 plantas cada una. La primera muestra se escogió del almácigo; luego, cada mes después del trasplante se tomaron de la parcela experimental. El muestreo se realizó durante 5 meses, en cada uno de ellos se escogieron 6 plantas. Es

tas fueron lavadas con agua del grifo y agua destilada, se separaron en sus diferentes órganos y se colocaron en bolsas de papel para luego ser secadas en una estufa a 70 C durante 48 horas. Después de determinar el peso seco de los diferentes órganos, éstos fueron molidos y almacenados para su posterior análisis.

5.3. Absorción y distribución de nutrimentos, según el órgano y la edad de la planta.

A las muestras secas y molidas de los órganos de la estaticia en diferentes estadios, se les determinó la concentración de macronutrimentos (N, P, K, Mg, Ca y S) y micronutrimentos (Zn, Mn, Cu, Fe y B), siguiendo los métodos utilizados en el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. Para la determinación de la concentración de nitrógeno se utilizó el método de Microkjeldhal; el Ca, Mg, K, Zn, Mn, Cu y Fe, fueron determinados por Espectrofotometría de Absorción Atómica; el boro y el fósforo por el método colorimétrico (Briceño y Pacheco, 1984). El azufre fue determinado siguiendo el método turbimétrico propuesto por Lachica, 1964.

5.4. Acumulación de nutrimentos, según el órgano y la edad de la planta.

La acumulación (miligramos) de nutrimentos se calculó así: a) Se multiplicó la concentración de cada elemento en cada órgano (excepto la raíz) por el peso seco (g) correspondiente, en seis estadios ontogenéticos, y b) se sumaron las cantidades parciales de cada elemento para estimar el "total" (por planta).

6. ANALISIS ESTADISTICO.

Por la naturaleza del estudio y por la gran variabilidad genética de la especie no obstante las tres selecciones que ha sufrido el c. v. Midnight Blue de Olivenza; se omitió el análisis estadístico de los resultados y se optó por presentar los límites en que fluctuaron las mediciones.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION.

1. MORFOLOGIA DE L. sinuatum (L.) MILL. C.V. MIDNIGHT BLUE DE OLIVENZA, SEGUN LA EDAD.

La germinación de la semilla de estaticia es rápida, a los 3 ó 4 días comienza a observarse la brotación de los cotiledones al ser empujados hacia afuera debido al crecimiento del hipocótilo. Los cotiledones de color verde son de tipo folioso, de forma lineal, de venación pinnado reticulada y son anfiestomáticos. La plántula, a los tres días de edad, ya presenta una raíz principal diferenciada, ésta tiene una longitud promedio de 2,2 cm y se observan muchos pelos absorbentes. El vástago posee 2 hojas cotiledonales, el hipocótilo mide 0,5 cm de longitud y el epicótilo aún no es visible pero ya se observa una pequeña yema apical (Fig. 1 A).

Aproximadamente 7 días después de la brotación de los cotiledones, aparece la primera protofila y casi de inmediato brota la segunda en forma opuesta; finalmente los protofilos quedan decusados con respecto al par de hojas cotiledonales (Fig. 1 B y C). A esta edad, la raíz principal mide 4,5 cm de longitud; a los 0,1 cm del extremo proximal de dicha raíz, se comienzan a desarrollar las raíces secundarias, 7 en total, y éstas tienen una longitud total de 4,9 cm (Fig. 2 A).

El crecimiento inicial es muy lento, a los 30 días de edad la planta presenta de 5 - 7 hojas; éstas se encuentran distribuidas alrededor de un pequeño tallo córmicoide, en forma imbricada

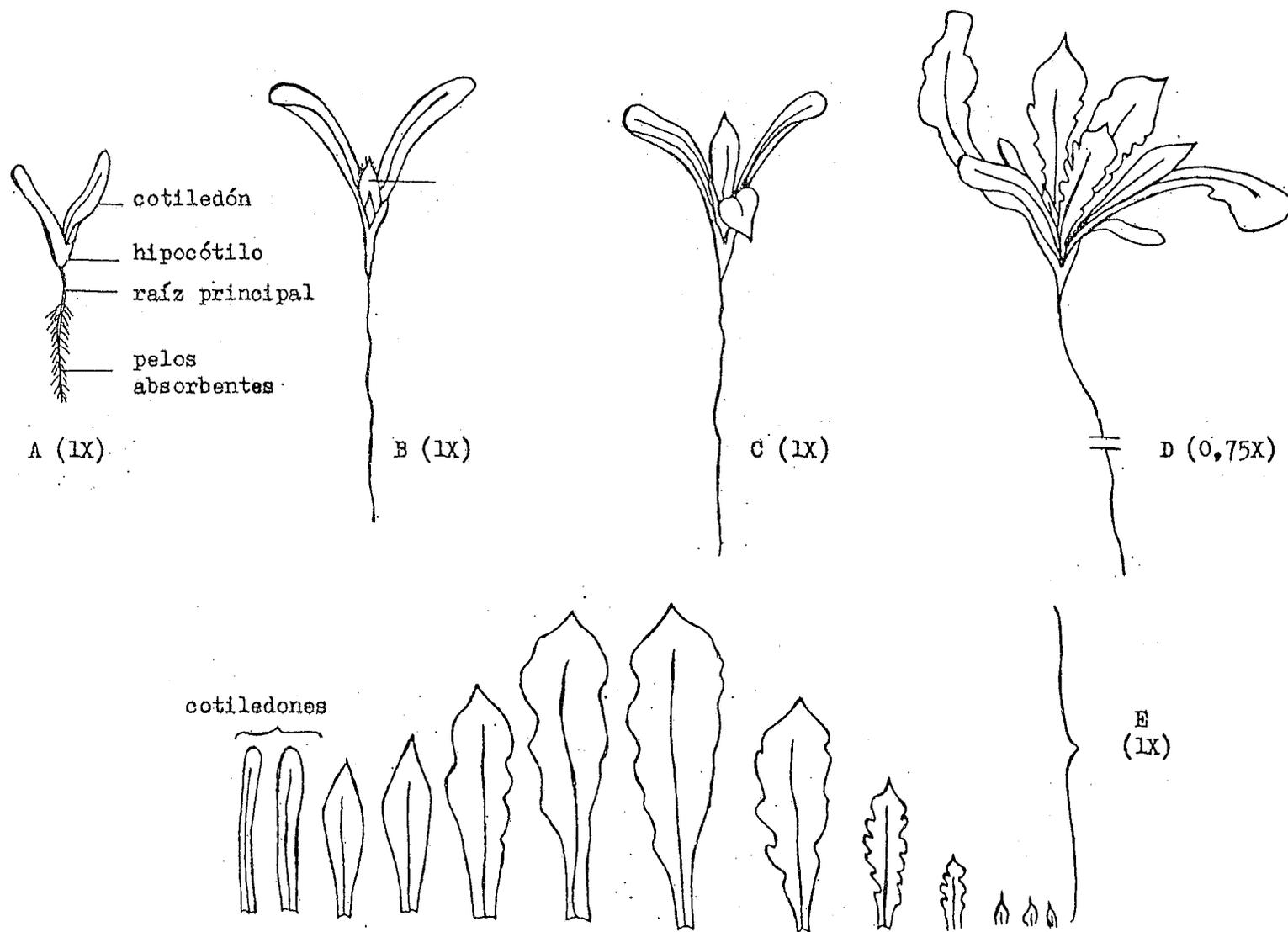


Fig. 1. Esquemas de plantas de *Limonium sinuatum* a diferentes edades. A) Plántula de 3 días. B) Plántula de 7 días. C) Plántula de 10 días. D) Planta de 30 días. E) Hojas de una planta de 30 días ordenadas según se van sucediendo.

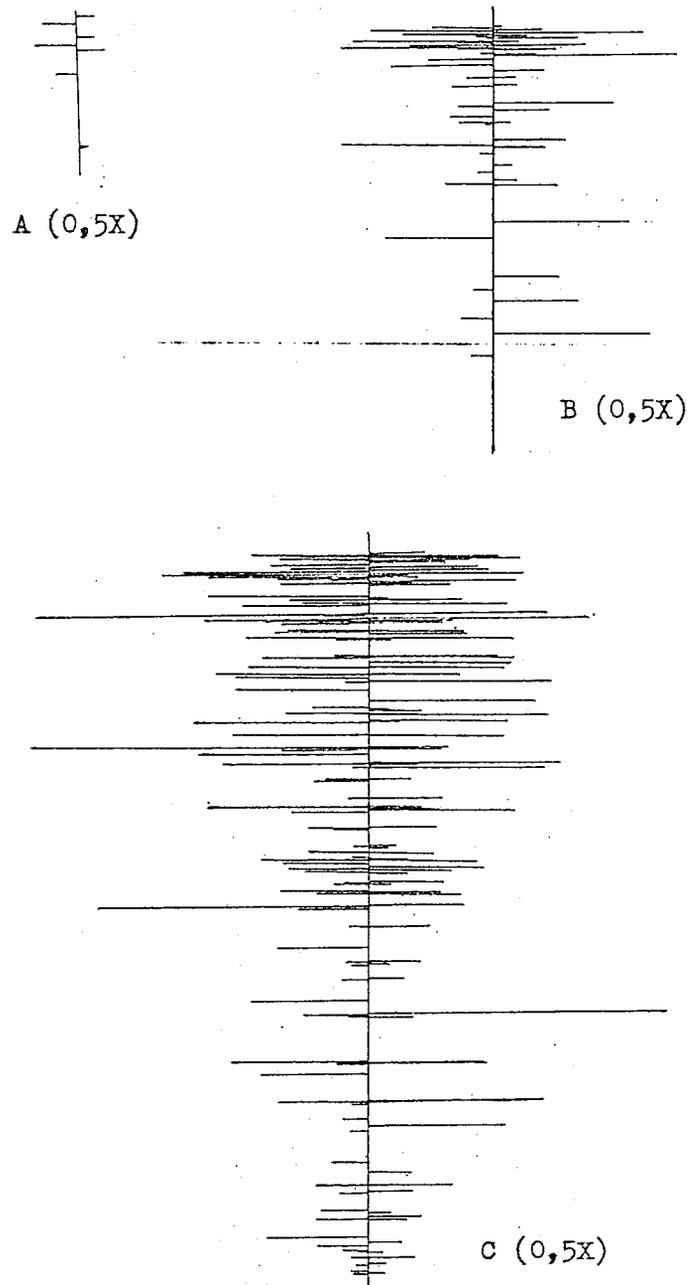
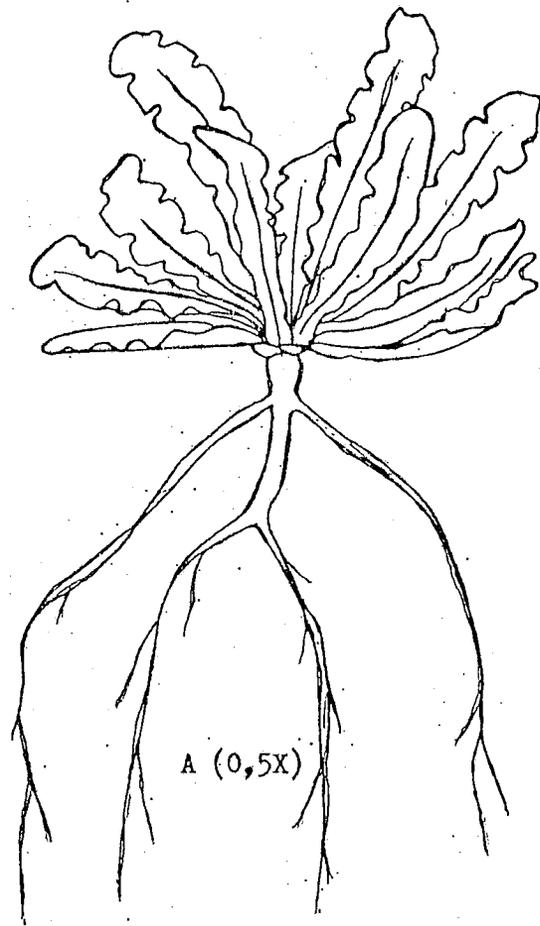


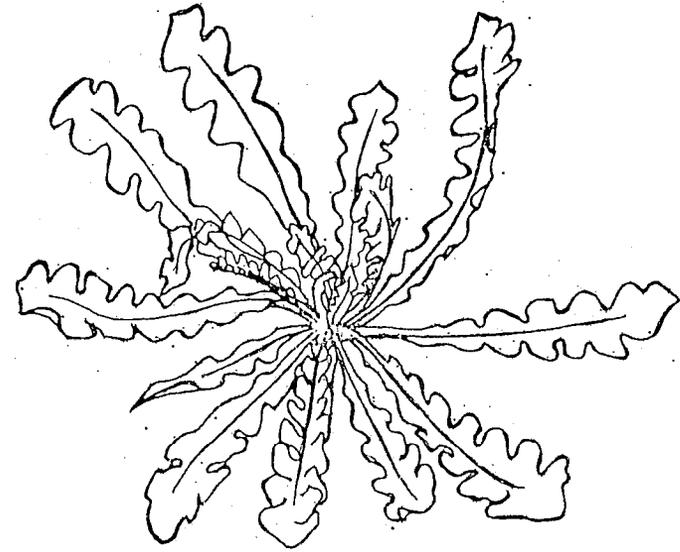
Fig. 2. Esquemas que muestran el desarrollo (días) del sistema radical de *Limonium sinuatum*. A) 7 días, B) 30 días y C) 60 días.

y muy juntas una de otra, dando finalmente el conjunto de hojas un aspecto de roseta; ésta mide de 5 - 7,5 cm de diámetro (Fig. 1 D). En esta etapa de una muestra de 50 plantas, el 59% presentó únicamente hojas de borde entero y el 41% fueron tanto de borde liso como lobado o hendido, siendo las hojas más viejas de borde liso. Las hojas tienen forma espatulada; el ápice es mucronado, la base decurrente y la venación es reticulada (Fig. 1 E). El limbo se observa pubescente, con tricomas escasos en la lámina y en mayor número en las nervaduras y borde, tanto en el lado abaxial como adaxial, en éste último en mayor número. Los estomas se observan en ambas epidermis. La raíz principal tiene una longitud promedio de 12,8 cm, el extremo proximal presenta un grosor de 0,2 cm y el distal de 0,05 cm. Se observan en promedio 53 raíces secundarias, las cuales miden en total 110 cm; éstas raíces comienzan a desarrollarse a partir de los primeros 0,3 - 0,5 cm del extremo proximal de dicho órgano y en los primeros 2 cm se disponen muy juntas formando una especie de disco de raíces (Fig. 2 B). A los 30 días ya comienzan a observarse las primeras raíces terciarias.

Quando la estaticia tiene aproximadamente 60 días de edad, el tallo (cormo) siempre corto, presenta 9 - 15 hojas dispuestas en forma de roseta; ésta mide 15 - 26 cm de diámetro (Fig. 3 A y B). Las hojas en su mayoría corresponden a las que se formaron durante el segundo mes, ya que a los 30 días las primeras se tornan amarillas y luego mueren. En esta etapa las hojas se observan extendidas sobre el suelo y presentan el borde entre lobado a hendido, nunca entero; luego, el desarrollo de las mismas es heteroblástico ya que su forma cambia durante la ontogenia. La raíz principal tiene una longitud promedio de 21 cm, el extremo proximal mide 0,6 cm de grosor y el distal 0,1 cm y es de consistencia leñosa.



A (0,5X)



B (0,5X)

Fig. 3. Esquemas de plantas de Limonium sinuatum de 60 días de edad.

A) Vista lateral. B) Vista polar. Diámetro de la roseta 16 cm.

Presenta un promedio de 170 raíces secundarias con una longitud total de 424,6 cm; éstas comienzan a desarrollarse a partir de los 0,5 - 0,8 cm del extremo proximal y las primeras se disponen muy juntas formando siempre un anillo de raíces. Esporádicamente se observan de 4 - 6 raíces secundarias muy largas que miden entre 9,2 - 11,4 cm de longitud (Fig. 2 C).

A los 90 días de edad, la roseta ya recuperada del trasplante, presenta 19 a 27 hojas y mide entre 33 - 44 cm de diámetro. Las hojas corresponden principalmente a las que se desarrollaron durante el tercer mes. En esta etapa se inicia la pérdida de la dominancia apical y comienzan a desarrollarse las yemas axilares. A la edad de 105 días, la primera bráctea foliosa (hipsofilo) que protege las yemas axilares, muestra un gran desarrollo por lo que se hacen muy evidentes en el centro de la roseta (Fig. 4), caracterizando esta etapa. Los hipsofilos son de color verde y textura foliosa, presentan mucha variación en cuanto a tamaño y forma de una planta a otra (Fig. 5). Al efectuarse la disección de las yemas axilares se pudo determinar al estereoscopio, que las más cercanas al ápice (20%), presentan características morfológicas propias de una yema floral; las demás, aún eran vegetativas.

A los 120 días de edad comienza el macollamiento de la roseta. Esta presenta un diámetro de 48 - 61 cm y está formada por 81 - 171 hojas; éstas presentan mucha variabilidad en cuanto al tamaño de la lámina, el tipo de borde, ancho y grado de encrespamiento de la lámina, por lo que morfológicamente, las rosetas difieren unas de otras en una misma población (Fig. 6). A esta edad, la yema axilar más cerca del ápice del tallo primario, comienza a desarrollarse y da origen a la primera rama lateral de primer orden (eje de la inflorescencia); luego se desarrolla la segunda

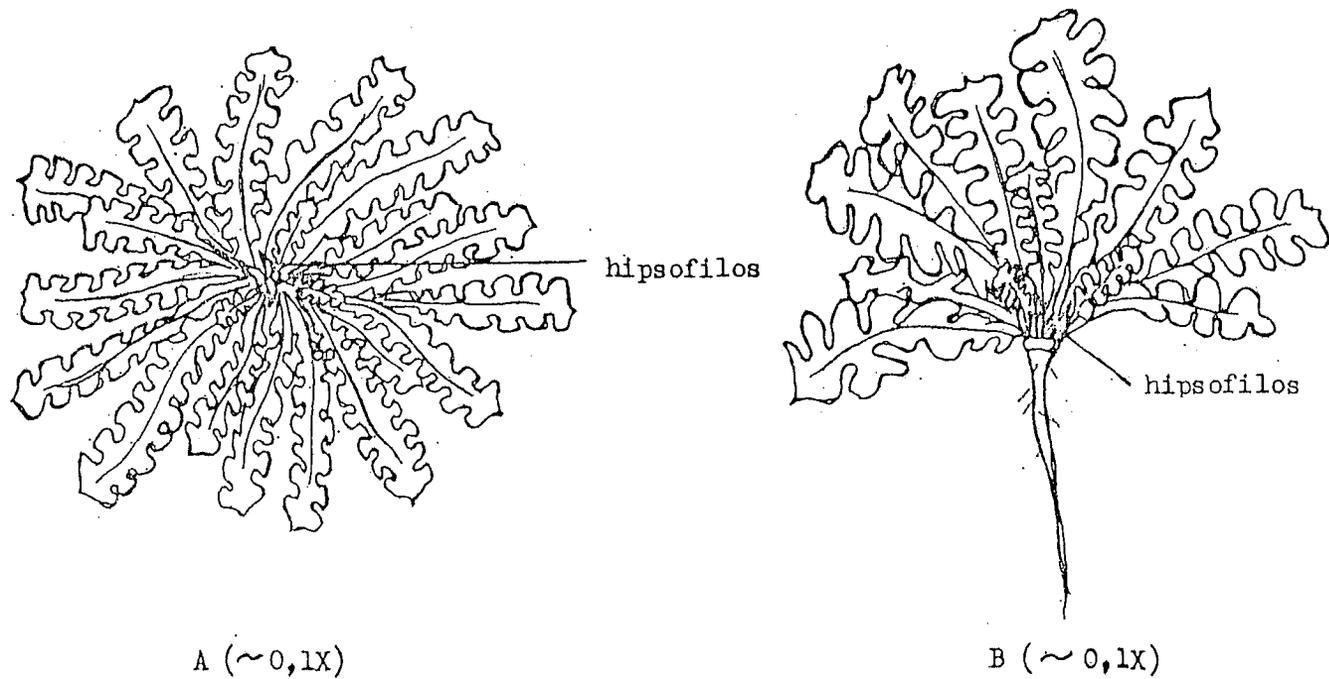


Fig. 4. Esquemas de plantas de Limonium sinuatum de 105 días de edad. A) Vista polar. B) Vista de corte medio longitudinal. Diámetro de la roseta 52 cm.

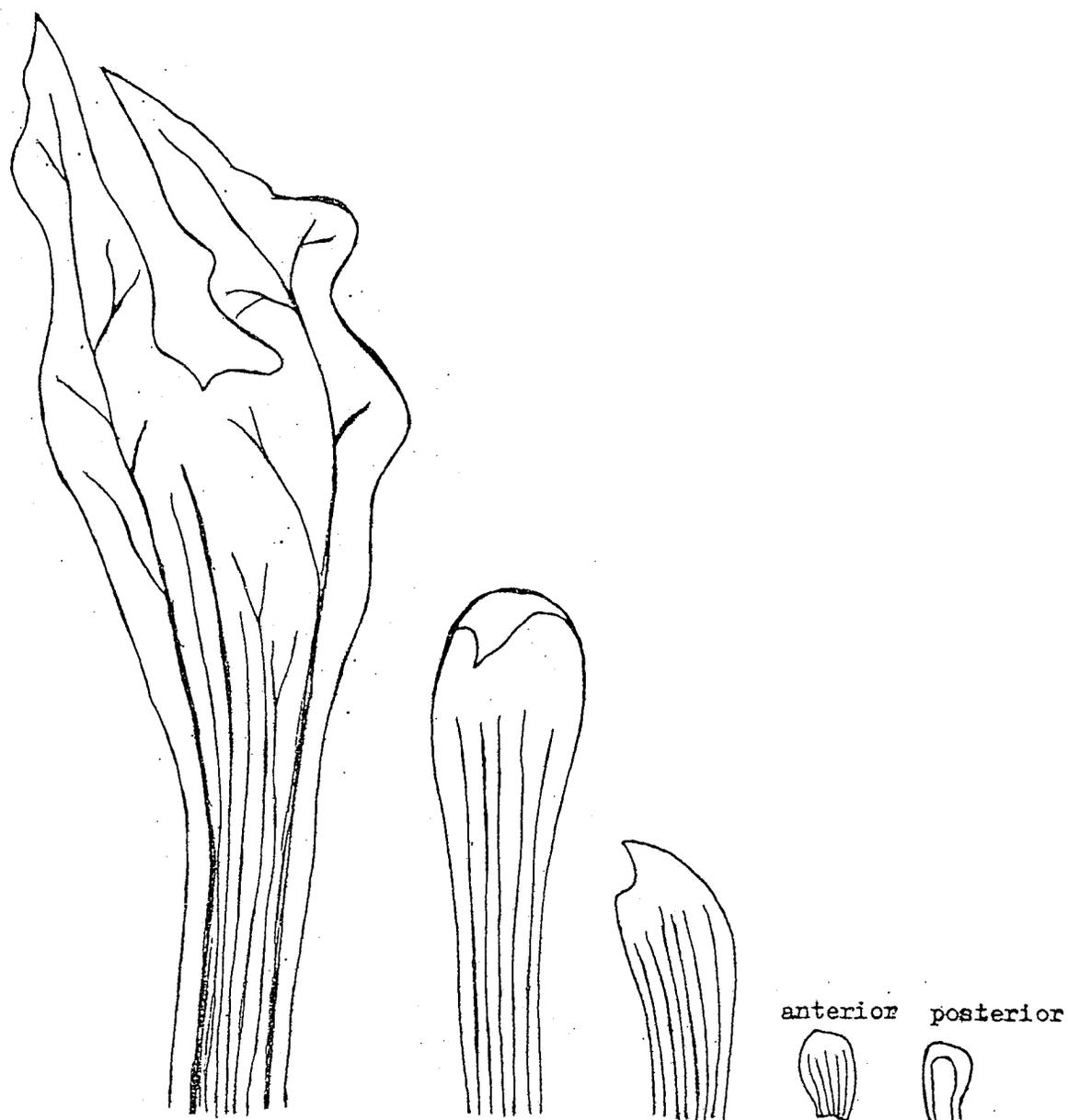


Fig. 5. Esquemas de algunos tipos de hipsófilos de la roseta de plantas de L. sinuatum de 120 días de edad (tamaño natural).

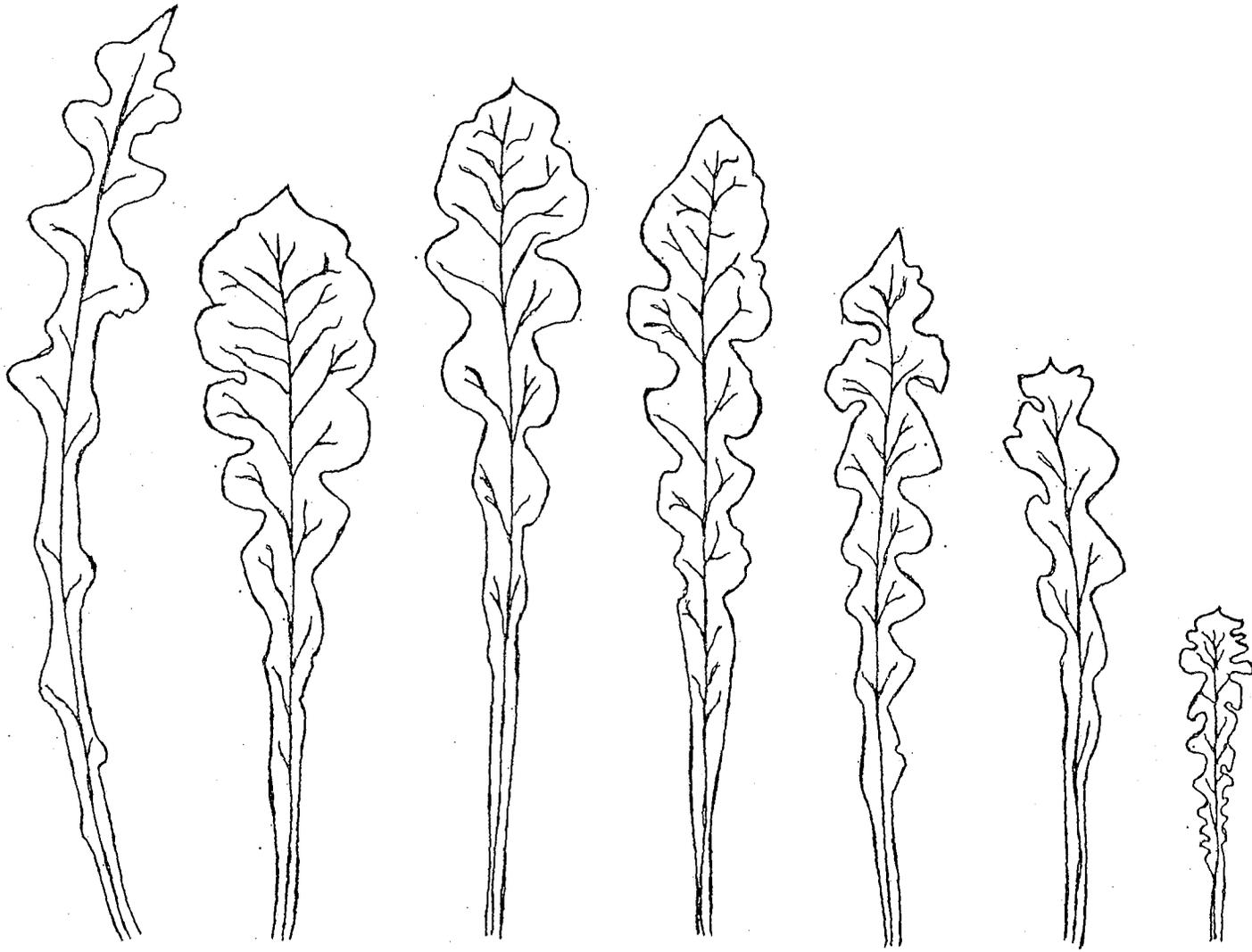


Fig. 6. Esquemas que muestran la variación foliar de *L. sinuatum*
Edad 120 días. (0,3X).

y así sucesivamente las demás, en forma centrífuga. Hubo plantas que produjeron hasta 36 inflorescencias, al llegar a los 267 días de edad.

En la figura 7 se presenta el crecimiento progresivo de una inflorescencia. El eje floral crece ininterrumpidamente y, a partir de éste se desarrollan en forma alterna ramas laterales de segundo orden, las cuales también se ramifican. Este proceso continúa hasta que se forman ramas de tercero, cuarto y quinto orden. Todas las ramas de la inflorescencia son aladas, de color verde y pubescentes; las prolongaciones alares varían en número y tamaño en ejes florales de una misma planta. En cada nudo del eje se presentan 3 apéndices lineal-lanceolados, los cuales disminuyen de tamaño a medida que se acercan al extremo distal del eje. Una bráctea envuelve la base de cada rama; aquella varía de forma, tamaño y color, inclusive en un mismo eje; las más grandes y foliosas se observan en el eje principal y van disminuyendo de tamaño conforme avanzan en el mismo; las ramificaciones presentan brácteas más pequeñas, verdes o incoloras, foliosas o apergaminadas.

Un mes después de haber comenzado el crecimiento del eje principal, se interrumpe su alargamiento y se inicia la antesis. Sin embargo, las demás ramas continúan creciendo, por lo que finalmente la inflorescencia presenta casi todas las flores al mismo nivel. La apertura de flores (antesis) se prolonga, en una inflorescencia, un mes, y previo a su finalización se inicia la época de cosecha. En una plantación, la diferenciación de ejes florales continúa por varios meses, pero la calidad comercial de las inflorescencias tiende a disminuir en plantas con más de 10 meses de edad.

Todas las ramas laterales terminan en inflorescencias tipo racimo con pe

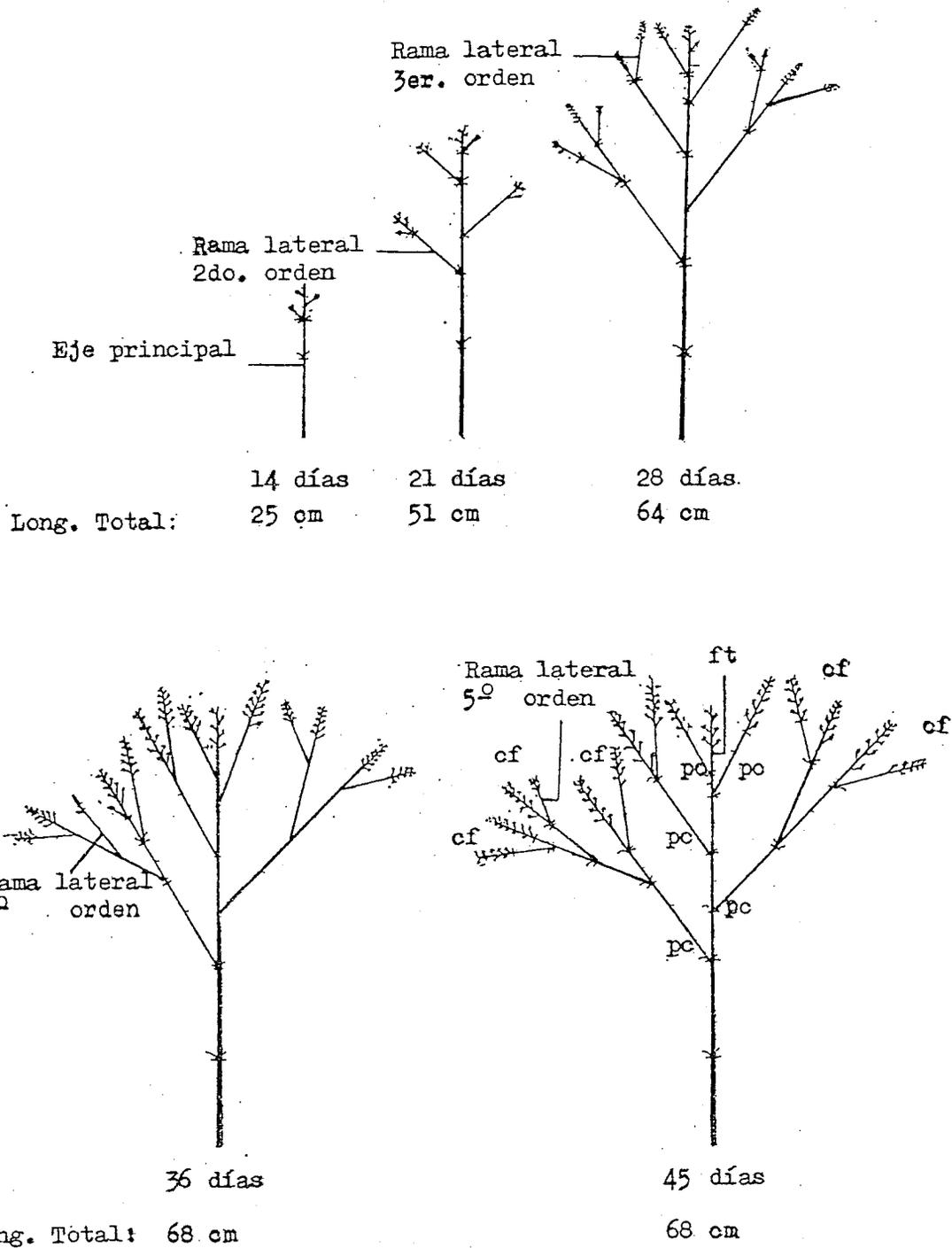


Fig. 7. Esquemas que muestran el crecimiento (días) de un tallo floral de *Limonium sinuatum*.
 ft) Florescencia terminal. pc) Paracladia.
 cf) co-florescencia.

dicelos alados, y miden entre 2,5 - 13 cm de longitud. En el extremo de cada pedicelo se observa una espiga de 1 - 2 cm, que contiene 76 - 91 unidades entre primordios florales y flores sésiles; cada unidad presenta en su base muchos hipsofilos coloreados y de consistencia apergamizada; las flores se desarrollan muy juntas en lados alternos del pedicelo (Fig. 8). Con base en lo anterior podemos concluir que la inflorescencia de Limonium sinuatum es una panícula abierta (racimo de racimo) corimbiforme, ya que las flores se observan casi todas en la cima de la inflorescencia, como la clasifica Bailey (1966). De acuerdo con la terminología de Troll (1964), el grupo de flores en que termina el eje principal de la inflorescencia, sería la florescencia terminal; las ramas laterales con flores o paracladias (pc), serían las coflorescencias (cf), las cuales repiten el patrón morfológico de la florescencia terminal. La inflorescencia es una sinflorescencia politética, bracteada, tipo abierto, ya que el ápice de la florescencia terminal y de las coflorescencias no presentan flores terminales. Es racemosa, indeterminada y de desarrollo centrífugo. La inflorescencia puede medir 39 - 92 cm de longitud. En el cuadro 2 se presentan las características sobresalientes de la estaticia, según la edad. La figura 9 muestra el esquema de L. sinuatum en floración. La maduración de las inflorescencias ocurre en forma acrópeta, lo mismo que la antesis floral, madurando varias flores simultáneamente.

Las flores presentan perianto; el cáliz está formado por 5 sépalos unidos (gamosépalos) de consistencia membranosa, persistente y de color azul oscuro (añil) en el c.v. Midnight Blue de Olivenza; la corola, pequeña y amarillento-blanca, está compuesta de 5 pétalos unidos (gamopétala). En la flor disectada y vista al estereoscopio se observa androceo y gineceo (es perfecta); tiene 5 estambres con anteras versátiles, 5 estilos se

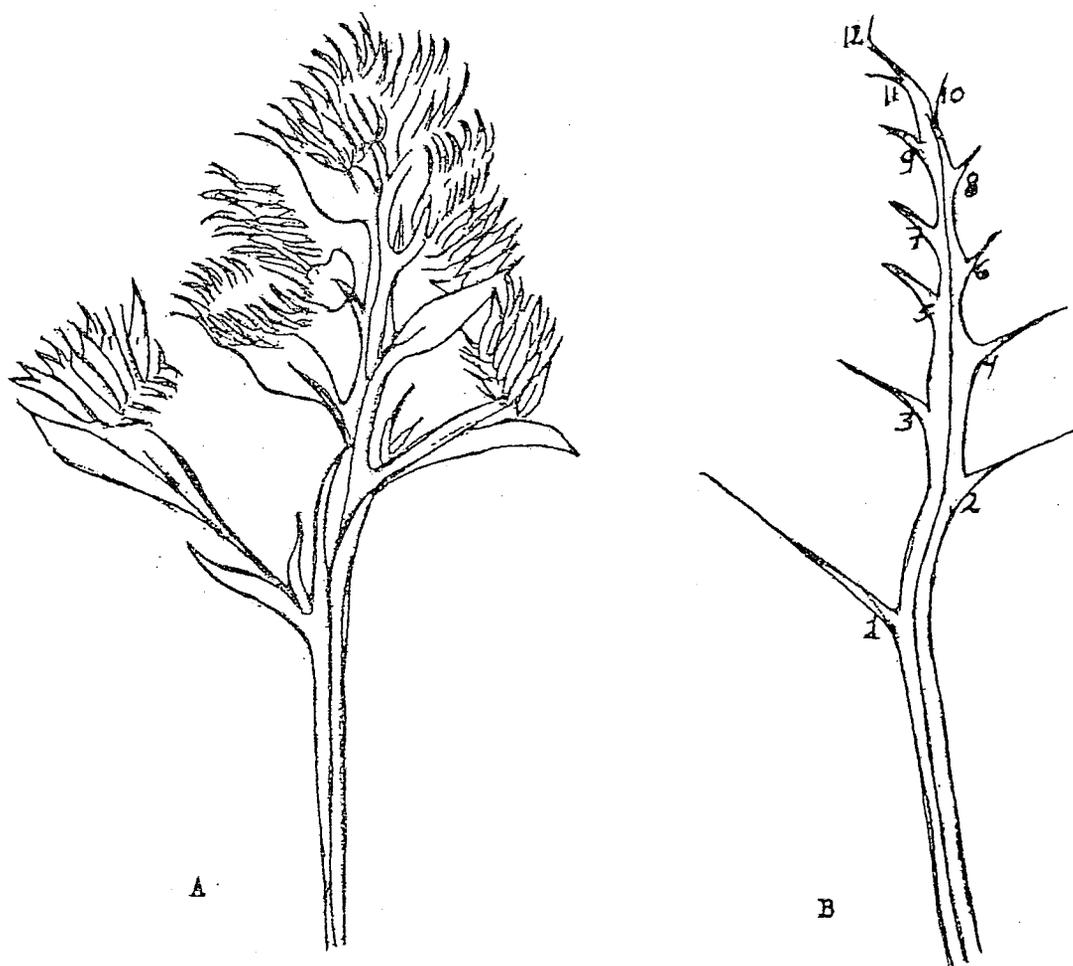


Fig. 8. Esquema de una inflorescencia de Limonium sinuatum,
c.v. Midnight Blue de Olivenza. (1X).

A.- Inflorescencia con flores

B.- Inflorescencia desprovista de flores

CUADRO 2. Características sobresalientes de Limonium sinuatum (L.) Mill. c.v. Midnight Blue de Olivenza, según la edad. Los datos son con base en 12 plantas.

Etapa	Días después de la brotación	No. Hojas \bar{x}	Diámetro \bar{x} roseta (cm)	Proporción plantas florecidas	No. ejes por planta	Característica sobresaliente
0	3	2				Cotiledones visibles sobre la superficie del suelo.
1	7	3				Aparición de la primera protofila.
2	30	5 - 7	5 - 7,5			Planta con hojas en roseta. Cotiledones senescentes o ausentes
3	60	9 - 15	15 - 26			Roseta extendida sobre el suelo. Hojas del segundo mes principalmente.
4	90	19 - 27	33 - 44			Roseta compuesta de hojas del tercer mes principalmente. Pérdida de la dominancia apical.
5	105 - 120					Hipsofilos muy evidentes en el centro de la roseta.
6	120 - 135	81 - 171	48 - 61			Prefloración: desarrollo del eje principal (rama de primer orden). Se inicia el macollamiento de la roseta.
7	150 - 165	136 - 207	61 - 80	5/12	1 - 10	Se inicia la antesis. Continúa la formación de nuevos ejes.
8	180	más de 200	61 - 93	7/12	2 - 25	Más del 50% de las plantas con ejes en alguna etapa de floración. Época de cosecha.

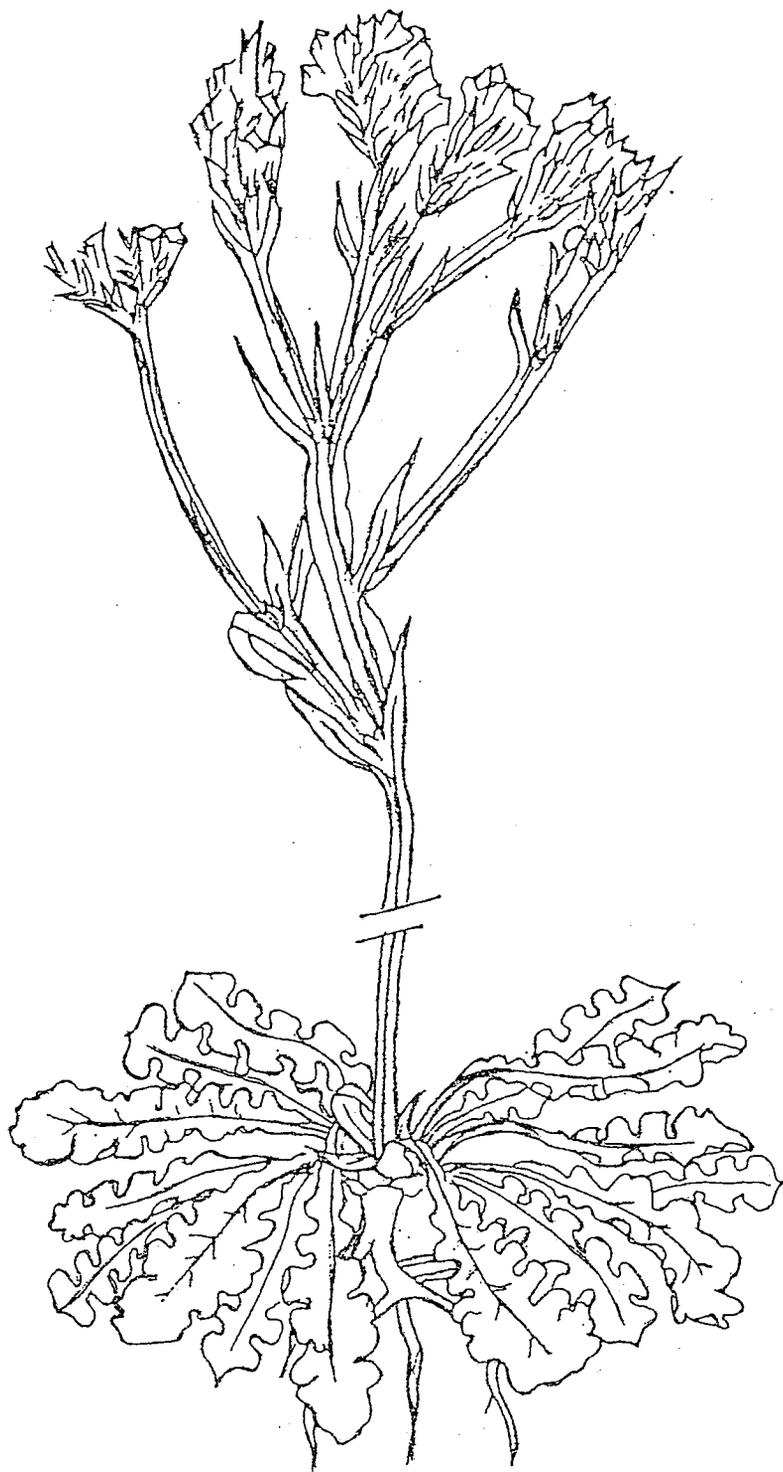


Fig. 9. Esquema de una planta adulta de Limnium sinuatum (1/6 X).

parados, ovario súpero y un sólo óvulo; el fruto pareciera un aquenio. La semilla tiene forma de uso, con una longitud de 0,44 cm y un grosor de 0,1 cm (Fig. 11 A). Un gramo de semilla decorticada contiene aproximadamente 346 semillas. La testa es lisa y presenta 3 franjas que son de color negro, pardo amarillento y negro, en ese orden, y están distribuidas a lo ancho de la semilla.

El aspecto menos estudiado de la estaticia es su morfología, aunque existen descripciones generales de la planta adulta (Bailey, 1966; Oleg y Smythies, 1977; Shillo y Zamski, 1986) que concuerdan con las observaciones hechas en este trabajo. Sin embargo, no se consideran las etapas juveniles, las cuales presentan características morfológicas según el estado de crecimiento y no son tan detalladas como en esta investigación. Algunas de éstas se indican en el cuadro 2. Cabe destacar la gran variación fenotípica en cuanto al diámetro de la roseta, forma de la planta, forma de la hoja, color de las brácteas y tiempo para florecer, las cuales ya habían sido reportadas (Wilfret et al., 1973). También se observó mucha variabilidad en cuanto al vigor de la roseta, aunque esta característica puede estar muy influenciada por el ambiente, el número de brácteas, la morfología del tallo floral, así como el tamaño, peso y número de los mismos por planta y entre plantas.

En estaticia se observó una raíz principal con numerosas raíces secundarias. Estas, a los dos meses de edad, se encontraron en mayor número en los primeros 10 cm del extremo proximal de la raíz (Fig. 2 C), como ocurre en la mayoría de los cultivos anuales (Mengel y Kirkby, 1982). Aunque la morfología de la raíz está controlada genéticamente, el ambiente puede modificarla; de qué manera y a que grado, los datos experimentales

están confusos todavía (Milthorpe y Moorby, 1982). Este órgano es de consistencia leñosa, único aspecto de la raíz al que hace referencia la literatura (Stewart y Conring, 1970).

La germinación de las semillas es dispareja, y esto puede ser la causa de que en una plantación haya plantas en diferentes etapas de crecimiento. Esta gran variabilidad fenotípica hace más difícil establecer en forma categórica las etapas principales en el ciclo de vida de la estaticia. No obstante, en el ambiente de Los Sitios de Moravia, la estaticia (c.v. Midnight Blue de Olivenza) presenta un período vegetativo de 105 - 120 días; la prefloración (período en que se forman los ejes florales) tiene una duración de 30 días, por lo que la floración (anthesis) se inicia a partir de los 150 - 165 días. El período reproductivo es variable, pero desde el punto de vista de la explotación comercial de la planta, puede decirse que se prolonga 100 días, aproximadamente.

2. REPRODUCCION VEGETATIVA.

En cuanto a la reproducción de la estaticia, durante este estudio se encontró que también podría propagarse vegetativamente a partir de hijos producidos en la roseta (hijos de corona) e hijos aéreos, los cuales se desarrollan a partir de yemas axilares del eje floral, cuando la planta madre tiene aproximadamente 300 a 330 días de edad (Fig. 10). Los hijos aéreos también pueden desarrollarse cuando por alguna causa ocurre la muerte del meristema apical del eje de la inflorescencia.

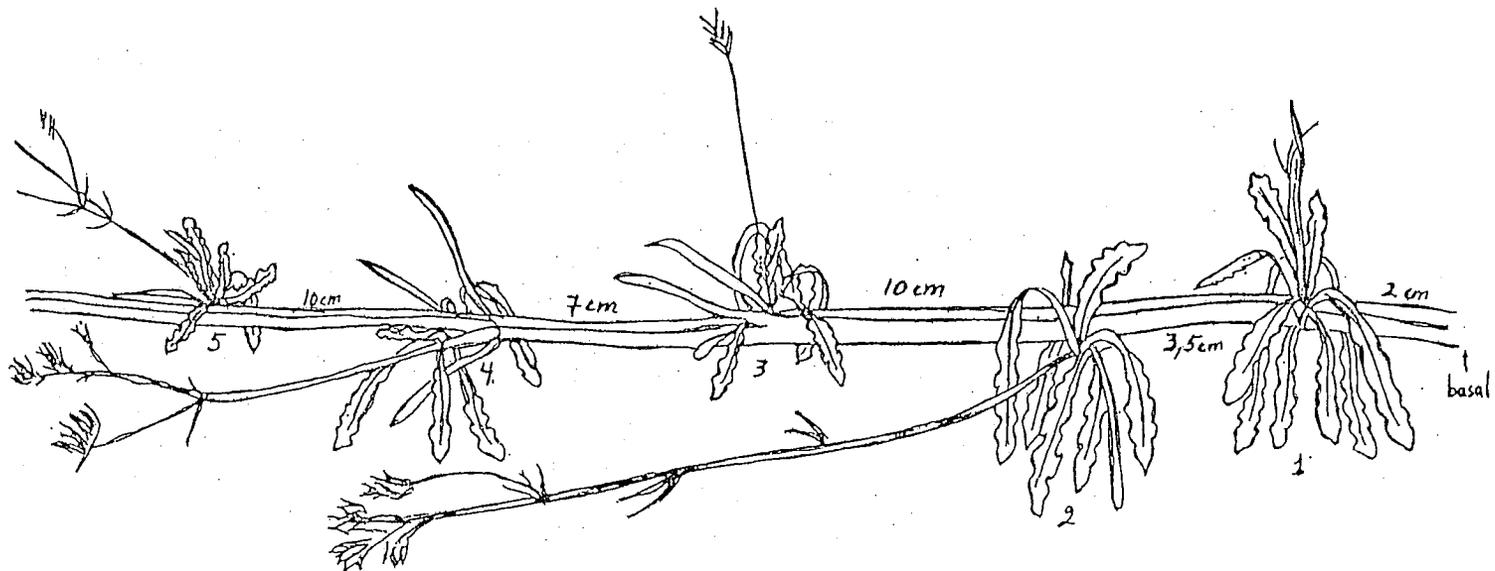


Fig. 10. Esquema de un tallo floral de *L. sinuatum* con hijos aéreos.
Edad del eje 210 días y de la planta 330 días.

3. ALGUNOS ASPECTOS DE LA FISILOGIA DE L. sinuatum (L.) MILL., C. V.
MIDNIGHT BLUE DE OLIVENZA.

3.1. GERMINACION.

3.1.1. Semilla decorticada (semilla limpia).

La germinación de semilla decorticada en cajas petri con papel filtro húmedo, fue rápida y se hizo evidente por la brotación de la radícula (Fig. 11 A), que es la que se presentó en la mayoría de los casos, o por la aparición de los cotiledones (Fig. 11 B). Este tipo de germinación se ha observado también en miembros de varias familias como las Bromeliaceae, Palmae, Chenopodiaceae, Onagraceae, Saxifragaceae y Typhaceae; así como en Oropetium thomacum, una gramínea.

Para la germinación de la semilla de Limonium, la luz no es esencial. Como no es fotoblástica, pueden germinar en presencia o ausencia de luz (Cuadro 3). Estos resultados confirman los de Cathey (1969), mencionado por Wilfret et al., (1973). El porcentaje de germinación fue muy alto, 99% a la oscuridad y 95% a la luz. La cubierta de la semilla no parece ser una barrera física a la penetración del agua.

Las plántulas provenientes de semillas germinadas a la oscuridad presentaron sus cotiledones amarillentos y con áreas rojizas e hipocotilo muy alargado; el ahila-

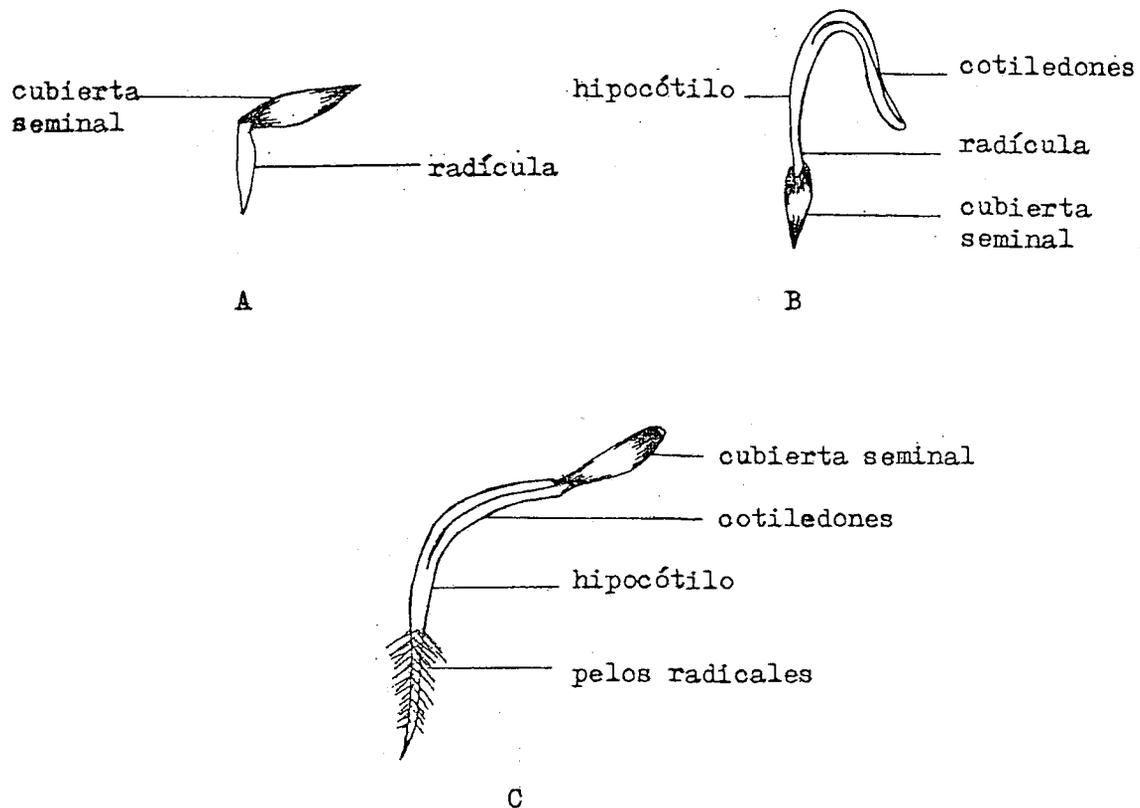


Fig. 11. Germinación de semillas de *L. sinuatum*

A) Germinación epígea criptocotilar

B) Germinación epígea fanerocotilar

miento era de esperarse ya que es propio de plántulas que germinan a la oscuridad. Las plántulas germinadas a la luz presentaron un desarrollo normal y cotiledones de color verde.

3.1.2. Semilla no decorticada (flor seca)

La germinación de la semilla no decorticada (flor seca) en envases plásticos con tierra y granza de arroz, se inició 4 - 7 días después de la siembra (Cuadro 4). En este período, la mitad de la muestra presentó de 1 - 2 semillas germinadas por espiga, lo que representa un 7,5% del porcentaje relativo al total de semillas germinadas. La germinación en general es rápida, ya que a los 10 días todas las espigas muestran de 3 - 4 semillas germinadas. Quince días después de la siembra, cada espiga presentó entre 3 - 5 semillas germinadas, llegando así a un total de 199 semillas germinadas (48% del total); el 52% restante germinó en los siguientes 15 días. Al finalizar el período de observación (30 días), cada espiga mostró de 3 - 16 semillas germinadas y las 50 espigas presentaron un total de 414 semillas germinadas.

Aunque el número de semillas germinadas por espiga osciló ampliamente (3 - 16), la tendencia fue el presentar entre 4 y 7 semillas germinadas por inflorescencia (52%). Es probable que las plántulas que se desarrollen primero sean las que lleguen a prevalecer en la plantación, ya que serán las que por selección natural se impondrán sobre las siguientes; por lo tanto, una inflorescencia con muchas semillas germinadas, probablemente no será ventajoso a nivel comercial del cultivo pero para fines de supervivencia de la especie puede ser muy favorable.

CUADRO 4. Germinación de semilla no decorticada (flor seca)
de Limonium sinuatum (L.) Mill., c.v. Midnight
Blue de Olivenza. Datos con base en 50 espigas.

Días después de la siembra	No. espigas germ.	No. semillas germ./espiga	Total semillas germinadas	% de germinación
4	20	1	20	4,8
7	25	1-2	31	7,5
10	50	3-4	180	44,0
15	50	3-5	199	48,0
18	50	3-9	262	63,0
21	50	3-13	302	73,0
25	50	3-13	352	85,0
30	50	3-16	414	100,0

Aunque el uso de la flor seca abarata el costo de producción, tiene el inconveniente de que dificulta la regulación de la densidad poblacional e impide la eliminación de plantas defectuosas, lo que es posible por medio del trasplante de almácigo.

3.1.3. Efecto de la germinación de varias semillas juntas en el crecimiento radical y vigor de la planta.

El hecho de que varias plántulas crecieran juntas en el almácigo, al grado de que se entremezclaran sus raíces, no fue determinante en la ramificación de la raíz principal. La característica dominante fue más bien el desarrollar una raíz principal (79%) que una ramificada (ramificaciones pronunciadas cerca del cormo); aunque este puede ser un factor heredado, también pudo influir el ambiente (Cuadro 5).

En el almácigo visualmente no se observaron plantas con enfermedades en el follaje y únicamente un 3,3% de las mismas se encontraron sus raíces atacadas por joboto (Phyllophaga spp.), quizás debido al control fitosanitario.

De las plantas de la muestra de almacigal, el 57% se pudieron considerar de calidad transplantable; o sea, que presentaron una raíz principal recta, se encontraban sanas y presentaban buen desarrollo (Cuadro 5, categorías A y B). El que crezcan varias plántulas muy juntas quizás no resulte ser detrimental para la estaticia ya que presenta un crecimiento muy profundo de su raíz principal. También, las plántulas de mayor edad y vigor inicial competirán con las que nacen de último y por consiguiente, éstas

CUADRO 5. Efecto de la germinación de varias semillas juntas en el crecimiento radical y vigor de plántulas de almácigo de L. sinuatum (L.) Mill., de 2 meses de edad. Datos con base en 93 plantas.

CARACTERISTICAS	CATEGORIAS							
	A		B		C		TOTAL	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Planta con raíz principal recta	34	36,6	19	20,4	20	21,5	73	78,5
Planta con raíz defectuosa (ramificada)	7	7,5	6	6,5	4	4,3	17	18,3
Planta enferma	0	0,0	3	3,2	0	0,0	0	3,3
Total	41	44,1	28	30,1	24	25,8	93	100,0

A: planta grande y vigorosa

B: planta de vigor intermedio

C: planta muy pequeña

serán menos vigorosas e incluso, cierta cantidad puede llegar a morir. En una mezcla de comunidades, las especies exitosas son las que alcanzan el mayor tamaño al principio de la estación (Milthorpe y Moorby, 1982).

3.2. ACUMULACION DE MATERIA SECA EN LA PARTE AEREA DE LA PLANTA.

El crecimiento de una planta puede ser cuantificado y, la variación del peso seco en el tiempo, es uno de los parámetros generalmente utilizados con este fin (Medina, 1977). En el cuadro 6 se muestran los pesos secos de los órganos aéreos de la estaticia, a partir de la edad de 75 días, que marca el final del estadio juvenil en que se trasplanta (almácigo). Excluyendo el aporte del sistema radical al peso seco de la planta (no se investigó), se nota que a esa edad las hojas contribuyen con casi el ciento por ciento de la materia seca acumulada en la parte aérea. Ese aporte disminuye drásticamente con el desarrollo de la planta, a medida que el proceso de floración se intensifica. Así, en una planta adulta (267 días), el peso seco de las hojas, relativo al de toda la materia seca acumulada en la parte aérea, es de sólo 11,2%.

Por otra parte, con el crecimiento de las inflorescencias (168 - 267 días) aumenta rápidamente la tasa de acumulación de materia seca en los ejes (tallos) y flores (racimos). El porcentaje (peso seco relativo) de materia seca en inflorescencias de plantas jóvenes (168 días) es de aproximadamente 15%, mientras que en inflorescencias de plantas adultas (267 días) sobrepasa el 80% ($56,5 + 26,2 = 82,7\%$).

CUADRO 6. Crecimiento de la estaticia, c. v. Midnight Blue de Olivenza, según la producción de materia seca. Peso seco (g) de los órganos aéreos a diferentes edades (días después de la siembra).

Organo	Estadio	Edad	Peso seco	
			absoluto	relativo ¹
Hoja	almácigo	75	4,2	(100) ²
	prefloración	137	27,0	(90)
	floración	168	30,8	76,8
		197	18,7	41,8
		228	10,4	14,4
		267	18,6	11,2
Corno		168	3,1	7,7
		197	3,3	7,4
		228	4,7	6,5
		267	10,1	6,1
Eje floral		168	5,5	13,7
		197	18,5	41,4
		228	41,1	56,8
		267	93,6	56,5
Flor		168	0,7	1,7
		197	4,2	9,4
		228	16,2	22,4
		267	43,5	26,2

¹ Al total de materia seca acumulada a cada edad (= 100%).

² Aproximado; no incluye el peso seco del corno juvenil.

El cormo crece bastante durante la fase reproductiva de la planta. Aunque triplica su masa seca entre las edades de 168 y 267 días, su peso relativo disminuye constantemente, de 7,7% a 6,1% en igual período.

3.3. ABSORCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE NUTRIMENTOS, SEGUN EL ORGANISMO Y LA EDAD DE LA PLANTA.

3.3.1. Concentración de macronutrientes.

La concentración y por ende la absorción de nutrientes varía en la estaticia según el órgano y la edad (Fig. 12).

Pasaremos a discutir los contenidos de nutrientes en la estaticia, pero no en el orden que usualmente se sigue (N, P, K, Ca, Mg y P), sino considerando la cantidad de elemento absorbido, de mayor a menor. También es bueno recordar que este estudio se efectuó en plantas cuyas flores nunca fueron cosechadas, lo que pudo haber afectado el patrón de absorción que se daría en plantas que se cosechan (sus flores) una vez por semana.

Para facilitar la lectura del trabajo, siempre que se hable de valores de concentración y acumulación de nutrientes, se encerrarán entre paréntesis los valores encontrados experimentalmente y que se resumen en los cuadros 2 y 3 del apéndice. Se hará caso omiso de aquellos valores que parecieran salirse de lo normal ya que al carecer de niveles de referencia para la estaticia y el ser este un

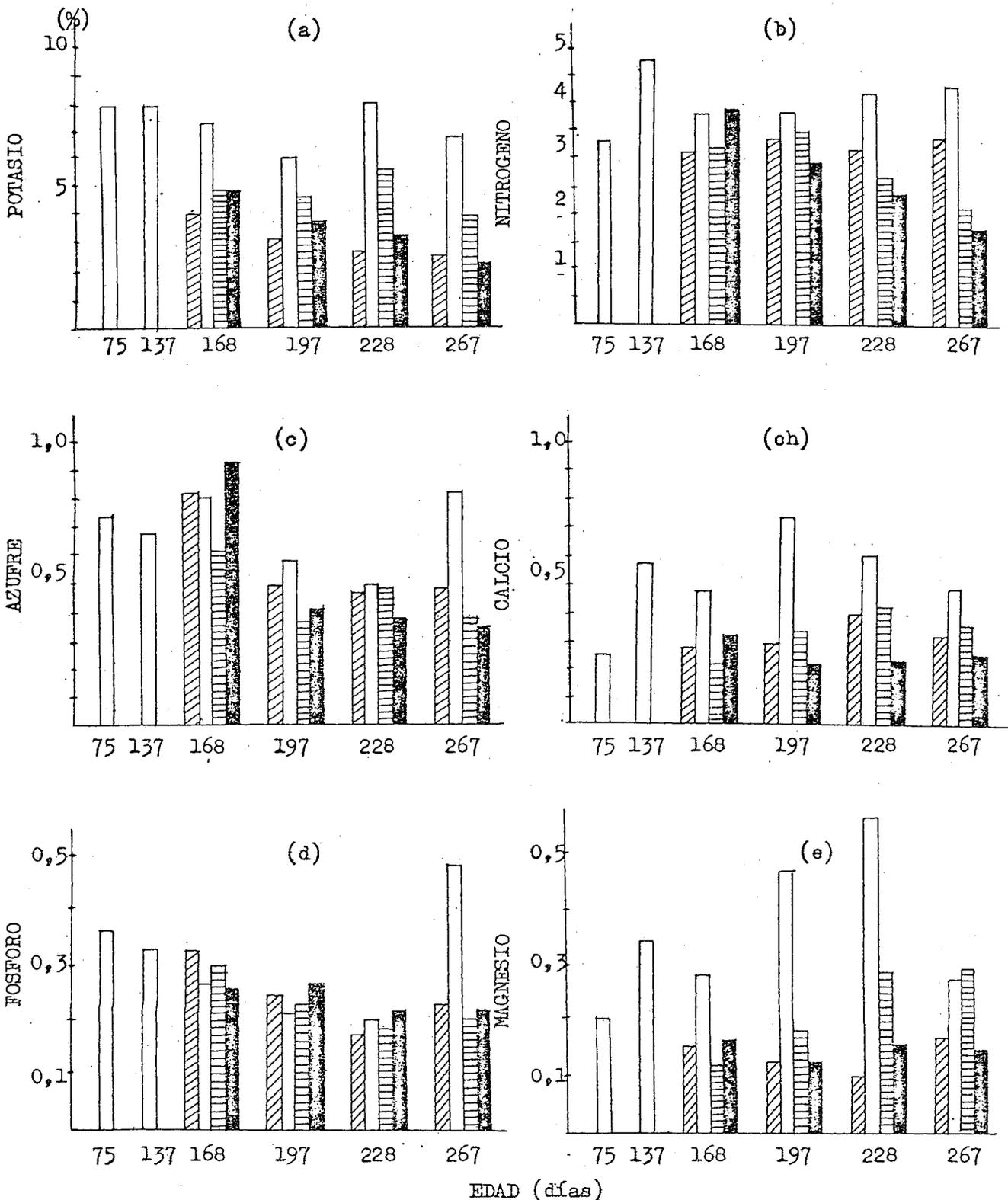


Fig. 12. Concentración (en %) de macronutrientes en los diferentes órganos de *Limonium sinuatum* (L.) Mill., c.v. Midnight Blue de Olivenza, según la edad de la planta.
 // Cormo; □ Hojas; ▨ Ejes y Flores.

trabajo preliminar, no se puede ofrecer una explicación satisfactoria, por el momento.

3.3.1.1. Potasio.

El potasio (Fig. 12 a), es el elemento que se encuentra en mayor concentración en los órganos de la estaticia (entre 2,3% y 8,1%), quizás por ser una halófita (Good, 1964 y Jeschke, 1985). La concentración de potasio en las plantas excede a la de cualquier otro catión (Evans y Sorger, 1966). Las hojas presentan las mayores concentraciones de dicho elemento, las cuales oscilan entre 6% y 8%. Ulrich (1966) y Davidescu (1982) citados por Hernández (1986), señalan que en un buen número de plantas se pueden considerar como nivel suficiente de este elemento en las hojas entre 0,7% y 12%.

En la hoja, el contenido de potasio parece ser independiente de la edad ya que tanto las hojas juveniles como las maduras presentan altos contenidos de este elemento. Las inflorescencias (tallos florales más flores), aunque no presentan tan altas concentraciones de potasio como las hojas, resultan ser siempre altas, siendo mayores en los tallos florales que en las flores durante todo el período de floración (de 4,5% a 5,5% y de 2,5% a 4,9%, respectivamente; quizás se deba a que este elemento es muy importante para mantener su turgencia (López y Chueca, 1985) ya que los tallos florales alcanzan longitudes de hasta 90 cm. Es probable que en esta planta, la calidad de los tallos florales dependa, en parte, de un buen suplemento de potasio, ya que

se ha observado que al abonar con este elemento puede producirse un incremento en el peso fresco y seco de estos órganos en Limonium tataricum (Harm y Maync, 1985). En el cormo y las flores, el mayor contenido de potasio se observa al inicio de la floración (4% y 5% a los 168 días respectivamente), éstos disminuyen al aumentar la edad de la planta; de tal forma, que en ambos órganos a los 267 días se presenta una reducción del 50% aproximadamente (2,4% en el cormo y 2,3% en las flores).

3.3.1.2. Nitrógeno

La concentración de nitrógeno en los órganos de Limonium (Fig. 12 b) oscila entre 2% y 4,5%, valores muy parecidos a los señalados por Mengel y Kirkby (1982) para la mayoría de las plantas. En las hojas se observan las más altas concentraciones y éstas oscilan entre 3% y 4%, con una tendencia a aumentar con la edad. El alto contenido de nitrógeno foliar quizás se debe a que en dicho órgano se sintetizan gran número de compuestos orgánicos, como las proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos y clorofilas (López y Chueca, 1985). En las inflorescencias, la concentración de nitrógeno tiende a disminuir durante la ontogenia, contrario a lo que ocurre en las hojas. La concentración más baja de nitrógeno se registró en flores completamente desarrolladas (1,75%; 267 días), menos del 50% de su concentración inicial (3,86%; 168 días). En el cormo las concentraciones de este elemento fluctúa poco durante la vida de la planta (entre 3% y 3,3%).

3.3.1.3. Azufre.

En los órganos de la estaticia se encontró azufre entre 0,35% y 0,93%, con base en el peso seco (Fig. 12 c). Estos valores podrían parecer altos, pues Mengel y Kirkby (1982) señalan que este elemento suele presentarse entre 0,2% y 0,5% en la mayoría de las plantas. Sin embargo, los mismos autores señalan que los cultivos con alta producción de materia orgánica, tienen alta demanda de azufre, y la estaticia es uno de esos cultivos (con una producción de 15 toneladas de flor de calidad exportable/ha en 5 1/2 meses; comunicación personal del Dr. Eduardo Jiménez, 1987).

Las hojas presentan concentraciones de azufre entre 0,5% y 0,8% (Fig. 12 c), los mayores contenidos se observan al inicio de la floración, con tendencia a disminuir. Los tallos florales y el cormo, cuando jóvenes, presentan altos contenidos de este elemento (0,6% y 0,82% respectivamente al inicio de la floración, 168 días). A los 197 días (planta adulta) se observa una disminución del contenido de azufre, situación que se prolonga hasta los 267 días. Las flores juveniles fueron los órganos que presentaron los mayores contenidos de azufre (0,93%; 168 días).

3.3.1.4. Calcio.

En la estaticia, el calcio oscila entre 0,2% y 0,7%, valores comparables con el que señala López y Chueca (1982) para la mayoría de las plantas (0,5%). Este es otro de los macronutrientes que se encuentra en más alta concentración en las hojas,

tanto durante el período vegetativo como durante la floración, siendo la edad de 197 días en la que se observa el tenor más alto (0,74%). Esto quizás se deba a un efecto estimulante de la floración sobre la absorción de dicho catión en la planta (Bengtsson y Jensen, 1983). En los tallos florales y en el cormo, la concentración de este elemento es de 0,2% y 0,28% respectivamente a los 168 días; luego, tiende a aumentar hasta los 228 días cuando prácticamente se ha duplicado la concentración de este elemento en dichos órganos. En las flores, la concentración de calcio es relativamente alta desde el inicio de la floración (0,34%; 168 días), lo cual concuerda con la hipótesis de que la entrada en la fase reproductiva de la estaticia parece estimular la absorción de calcio (Fig. 12 ch).

3.3.1.5. Fósforo.

La concentración de fósforo es muy similar en toda la planta y fluctúa entre 0,2% y 0,5% con tendencia a disminuir con el envejecimiento (Fig. 12 d), excepto en las hojas a los 267 días. Estos valores parecen normales, ya que López y Chueca (1985), señalan que la concentración de este elemento en las plantas suele ser de 0,2%.

Durante el crecimiento vegetativo de la estaticia, el contenido de fósforo tiende a ser más alto en las hojas y durante la fase reproductiva en las flores, como suele ocurrir en hierbas y cereales (Mengel y Kirkby, 1982).

3.3.1.6. Magnesio.

La concentración de este elemento varió entre 0,11% y 0,56% (Fig. 12 e), que resulta ser normal si se compara con la de otras plantas, 0,5% (Mengel y Kirkby, 1982).

Las hojas presentan concentraciones crecientes de magnesio hasta que la planta tiene 228 días (0,56%); luego la tendencia se invierte (0,27% a los 267 días). En los tallos florales la concentración de magnesio también tiende a aumentar con el envejecimiento de la planta. Tallos florales bien desarrollados presentan el contenido de magnesio más alto (0,29%) que es similar (0,27%) al de hojas de plantas adultas (267 días). El magnesio es elemento constitutivo de la molécula de clorofila y tiene un papel activador en una serie de enzimas; por ello no sorprende que se encuentre en mayor concentración en los órganos fotosintéticos, como son las hojas y los tallos florales. En el cormo y las flores, la concentración es baja y se mantiene casi constante durante la ontogenia (alrededor de 0,15%).

3.3.1.7. Resumen.

Durante el ciclo de vida de la estaticia, la hoja es el órgano más rico en potasio, nitrógeno, azufre, calcio, fósforo y magnesio; le siguen los tallos florales. El potasio predomina sobre el calcio, la relación entre estos cationes parece ser característica de la familia (Larcher, 1977). El magnesio fue menos absorbido que el potasio y el calcio, como ocurre generalmente (Mengel y Kirkby, 1982). Siendo la estaticia una

buená productora de biomasa (especialmente de inflorescencias), no es de extrañar que las concentraciones de dichos elementos sean altas en los órganos fotosintéticos. El cormo, que no es del todo pobre en macronutrientos, parece funcionar como órgano de reserva.

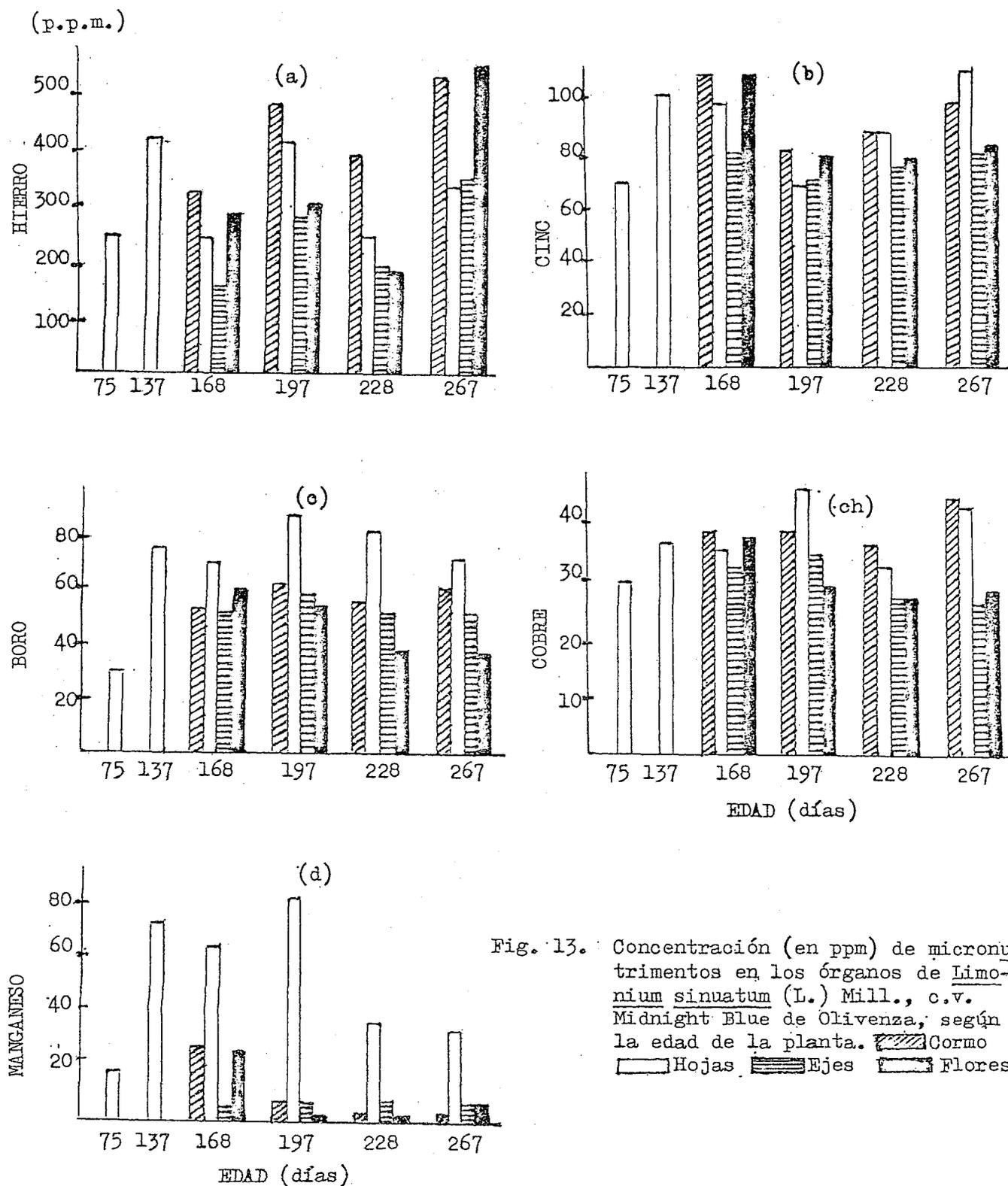
3.3.2. Concentración de micronutrientos.

Las concentraciones de micronutrientos en la estaticia varía, al igual que las de macronutrientos, con el órgano y la edad, o estado fisiológico, de la planta (Fig. 13).

3.3.2.1. Hierro.

La concentración de hierro (Fig. 13 a), varía entre 174 ppm (eje floral, planta de 168 días) y 559 ppm (flores, plantas de 267 días). El contenido de hierro de la estaticia es alto, pues Mengel y Kirkby (1982) mencionan que suele ser de 100 ppm.

En las hojas, la concentración de hierro fluctúa constantemente durante el ciclo de vida de la planta; por lo que no se puede establecer una relación entre el contenido de hierro y la edad del órgano. El cormo es el órgano aparentemente más rico en este elemento; la concentración tiende a aumentar con el envejecimiento de la planta. El contenido de hierro en los tallos florales es inferior al de las flores, especialmente al inicio de la floración (174 ppm y 295 ppm respectivamente;



168 días).

Se sabe que los cloroplastos presentan altas concentraciones de hierro y que es un elemento fundamental en la biosíntesis de la clorofila (López y Chueca, 1984). Jacobson y Oertli (1956) y Dekock et al., (1960), mencionados por Mengel y Kirkby (1982) indican que existe una buena correlación entre el suplemento de hierro a la planta y el contenido de clorofila. En estaticia, únicamente durante el período de crecimiento vegetativo (137 días), las hojas presentan las mayores concentraciones de este elemento; los tallos florales, que también contienen clorofila, son los órganos que presentan las más bajas concentraciones de hierro durante todo el ciclo. Es probable que las hojas, por encontrarse cerca del suelo, se hayan contaminado con éste y el hierro presente en el mismo haya alterado los resultados del análisis. De los elementos más comunes, de importancia biológica, sólo el hierro se ve afectado por la contaminación del suelo Lachica et al., (1985).

3.3.2.2. Cinc.

El cinc es un elemento que se encuentra entre 69 ppm (hojas y ejes florales, planta de 197 días) y 108 ppm (hojas, flores y cormo, plantas de 168 días) en la estaticia (Fig. 13 b). En una amplia variedad de plantas la concentración foliar de cinc oscila entre 25 ppm y 150 ppm (Chapman (1966) mencionado por Hernández, 1986).

Los tallos florales son los órganos que presentan la más baja

concentración de cinc y ésta oscila muy poco en plantas adultas (entre 69 ppm y 81 ppm).

3.3.2.3. Boro.

El contenido de boro en la estaticia (Fig. 13 c), oscila entre 29 ppm (hojas de planta joven, 75 días) y 88 ppm (hojas de planta adulta, 197 días). En las plantas, la concentración de boro generalmente varía dependiendo de si se trata de monocotiledóneas o dicotiledóneas, siendo mayor en éstas (Mengel y Kirkby, 1982). Bradfor (1966) mencionado por Hernández (1986) informa que concentraciones de boro en las hojas entre 25 ppm y 100 ppm suelen ser consideradas como normales para una gran variedad de plantas. Al carecer de niveles de referencia para la estaticia, es difícil establecer si las concentraciones encontradas en esta planta son adecuadas, aunque la apariencia de las plantas era normal, debido a que periódicamente recibieron aplicaciones de solubor. Cabe resaltar que la concentración más baja de boro se encontró en hojas juveniles (75 días). Sin embargo, a los 197 días, este órgano muestra la más alta concentración de dicho elemento. En los tallos florales y en el cormo, el nivel permanece casi constante (50 a 60 ppm), siendo por lo general, ligeramente superior en el cormo. El contenido de boro de la flor tiende a bajar con el envejecimiento de la planta, situación que no se presenta en el tallo floral

3.3.2.4. Cobre.

En los órganos de la estaticia, el cobre varía entre 27 ppm

(eje floral, planta de 267 días) y 47 ppm (hojas, planta de 197 días) (Fig. 13 ch), este ámbito es alto, comprado con 2 a 20 ppm que generalmente presentan las plantas (Mengel y Kirkby, 1982).

En las hojas y el cormo, la concentración de cobre tiende a ser ligeramente mayor (entre 31 ppm y 47 ppm) que en las inflorescencias, tanto en el período vegetativo como el reproductor.

En los tallos florales y en las flores el contenido de cobre disminuye con el envejecimiento de la planta. En general, la mayor parte del cobre de las plantas se encuentra en el cloroplasto (López y Chueca, 1985). De ahí que las altas concentraciones en hojas y tallos florales de la estaticia, puedan considerarse normales. El cormo parece funcionar como órgano de almacenamiento de este elemento.

3.3.2.5. Manganeso

Las concentraciones de manganeso fluctúan en los órganos de la estaticia entre 2 ppm (cormo de plantas viejas, 228 a 267 días) y 85 ppm (hojas de planta adulta, 197 días) (Fig. 13 d). Estos valores pueden considerarse altos ya que en otras plantas generalmente oscilan entre 15 ppm y 25 ppm (Mengel y Kirkby, 1982).

Las hojas son los órganos más ricos en este elemento. La concentración tiende a subir hasta que la estaticia se halla en plena floración (17 ppm en plantas de 75 días, a 85 ppm en plantas de 197 días); luego disminuye fuertemente con el envejecimiento de la planta (aproximadamente 36 ppm; 228/267 días). En

tejidos foliares de una gran variedad de plantas, concentraciones entre 20 ppm y 500 ppm son consideradas como suficientes, Labanauskas (1966), mencionado por Hernández (1986). Por otra parte, los tallos florales presentan concentraciones muy bajas de este nutrimento (entre 4 ppm y 7 ppm). En el cormo y las flores, la mayor concentración de manganeso se detecta al inicio de la floración (168 días); posteriormente aquella disminuye drásticamente y continúa baja el resto del tiempo.

3.3.2.6. Resumen.

Los micronutrientes que se encuentran en mayor cantidad en la parte superior de la estaticia, son el hierro y el cinc. Las hojas presentan las más altas concentraciones de boro y manganeso. El cormo es rico en hierro y cobre. Finalmente, las inflorescencias tienen una composición muy parecida a la del cormo, excepto en el contenido de hierro, que es menor.

3.3.3. Acumulación de macroelementos.

La estaticia acumula nutrimentos mientras crece y se desarrolla, pero la intensidad varía con el estado fisiológico y el órgano de la planta (Fig. 14). El cálculo de las cantidades de minerales que esta planta acumula durante el ciclo de vida es importante porque nos da una idea acerca de la extracción (absorción) en que se sustenta el crecimiento y desarrollo, así como del retorno al suelo por medio de la incorporación de su materia orgánica.

3.3.3.1. Potasio.

El potasio es el macronutriente que se acumula en mayor cantidad en las hojas de estaticia durante la fase juvenil (Fig. 14 a). Luego con el inicio de la floración (168 días), se observa una reducción de este elemento en dichos órganos, quizás debido a la redistribución que ocurre de tejidos maduros a nuevos (Loneragan et al., 1976; Clarkson y Hanson, 1980). En plena floración, los tallos florales acumulan la mayor cantidad de potasio (2700 mg, en plantas con 267 días). Esta cantidad es el 65% de todo el nutriente en la parte aérea y es muy superior a la proporción que corresponde a las hojas en el mismo estadio (17,7%). Las flores llegan a acumular cantidades apreciables de potasio en plena floración (1005 mg). El cormo es el órgano que acumula menos potasio (242 mg; 267 días), apenas un 3,3% del total del potasio acumulado en la planta. Sin embargo, es bueno recordar que el patrón de absorción del potasio puede ser modificado según varíe la relación $\frac{Ca + Mg}{K}$ (Vargas, 1978).

3.3.3.2. Nitrógeno.

El nitrógeno también se acumula en grandes cantidades en las hojas de estaticia, en particular durante el período de crecimiento vegetativo; con la entrada a la floración (137 días), aquella tiende a disminuir (Fig. 14 b). Al igual que el potasio, el nitrógeno es un elemento muy móvil en la planta, por lo que también migra hacia los órganos nuevos, principalmente hacia

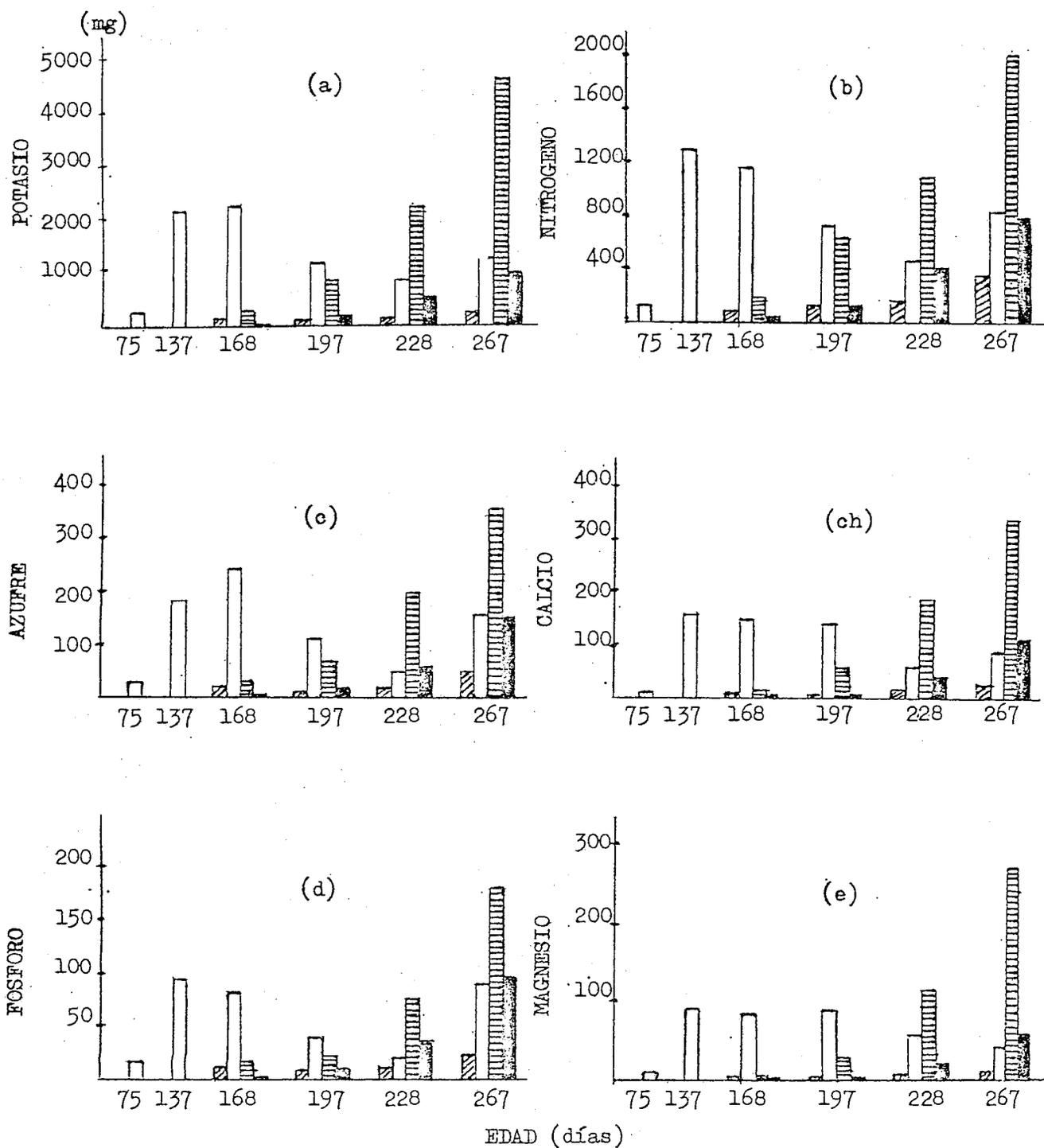


Fig. 14. Acumulación de macronutrientos (mg) en los órganos de *Limonium sinuatum* (L.) Mill., c.v. Midnight Blue de Olivenza, según la edad de la planta
 / / / Cormo; □ Hojas; ▨ Ejes y ■ Flores.

los tallos florales. En plena floración (228 días), éstos han acumulado 1069 mg, un poco más del 50% del nitrógeno acumulado en la planta. Las hojas, en este mismo período, presentan 426 mg (20%). En las flores y con una edad de la planta de 267 días, se ha acumulado casi tanto nitrógeno como en las hojas (762 mg y 789 mg respectivamente). Observando la acumulación relativa de nitrógeno en el cormo, ésta resulta ser la más baja, pero aún así es mayor que la de potasio.

3.3.3.3. Azufre.

Las hojas de Limonium (Fig. 14 c), acumulan azufre en forma progresiva hasta los 168 días (inicio de la floración); luego, el proceso disminuye conforme aumenta la edad de la planta. Al ser este un elemento poco móvil en la planta (Läuchli, 1972 y Loneragan et al., 1976), es probable que parte del azufre se haya perdido con la defoliación que sufrió la estatícia a los 228 días, por ataque de cercóspora, y que una pequeña parte haya migrado a las inflorescencias. Así en estos órganos, a los 267 días, se acumuló más del triple (356 mg más 152 mg = 508 mg) de lo que presentan las hojas en igual período (154 mg). En las flores, el azufre se acumula en cantidad muy similar a la de las hojas (152 mg y 154 mg respectivamente; a los 267 días). El cormo es el órgano que acumula menos azufre.

3.3.3.4. Calcio.

La acumulación de calcio en las hojas de estatícia (Fig. 14 ch)

se lleva a cabo durante la fase vegetativa (157 mg; 137 días) e inicio de la reproductiva (138 mg; 197 días). En plena floración (228 días), disminuye y luego tiende a aumentar nuevamente. Por ser un elemento inmóvil en la planta (Loneragan et al., 1976; Clarkson y Hanson, 1980), es probable que esta disminución de calcio en las hojas se deba a la pérdida de éstas, (las más viejas, por ataque de cercóspora), que es donde tiende a acumularse en mayor cantidad. En las flores, la mayor acumulación de calcio ocurre cuando la planta es adulta (113 mg; 267 días).

3.3.3.5. Fósforo.

El fósforo al igual que los otros macronutrientes analizados, se acumula en las hojas durante la fase vegetativa y disminuye a la floración (Fig. 14 d). A partir de los 168 días (floración incipiente), el patrón se invierte gracias a la alta movilidad de este anión, que migra hacia las inflorescencias. La exportación de fósforo incrementa conforme aumenta la edad de la hoja (Läuchli, 1972). Según Thompson (1980), este elemento tiende a acumularse en los órganos reproductores.

3.3.3.6. Magnesio.

En las hojas, el magnesio se acumula hasta los 197 días, edad en que comienza a acentuarse su redistribución hacia los órganos reproductores (Fig. 14 e). El magnesio también puede migrar hacia otras regiones en activo crecimiento (Fudge, 1939 mencionado por Smith, 1962), pero a diferencia de otros macro-

nutrimentos móviles que tienden a acumularse nuevamente en las hojas a los 267 días, éste continúa trasladándose principalmente a las inflorescencias; de tal forma que los tallos florales en este período han acumulado 271 mg de magnesio y las hojas sólo 50 mg. Las hojas y tallos florales son órganos fotosintéticos; por tanto es normal que sean los que lleguen a acumular las mayores cantidades de este elemento. El cormo es muy pobre en magnesio.

3.3.3.7. Resumen.

En general podemos señalar que durante los estadios vegetativos las plantas acumulan macronutrimentos en forma gradual y progresiva. Estos son utilizados en la producción de biomasa, la cual está representada, en esta etapa, principalmente por las hojas y el cormo. Durante el período de floración, a excepción del azufre y el calcio, las hojas ceden macronutrimentos a las inflorescencias (tallos florales y flores). A los 228 días, todos los macronutrimentos tienden a aumentar nuevamente en las hojas, excepto el magnesio que continúa trasladándose, como se indicó, principalmente a las inflorescencias.

Las inflorescencias de plantas adultas (197 a 267 días), llegar a acumular todos los macronutrimentos en cantidades incluso muy superiores a las que presentan las hojas en este mismo período. El cormo acumula muy pocos nutrimentos, tal vez debido a que es un órgano leñoso; consecuentemente, el traslado de macronutrimentos de éste hacia las inflorescencias, debe ser pequeño.

El potasio es el macronutriente que se acumula en mayor cantidad en la estaticia y la siguen en su orden el nitrógeno, azufre, calcio, fósforo y magnesio.

3.3.4. Acumulación de micronutrientes.

Los microelementos muestran diferentes patrones de acumulación, según el órgano y la edad de la estaticia (Fig. 15).

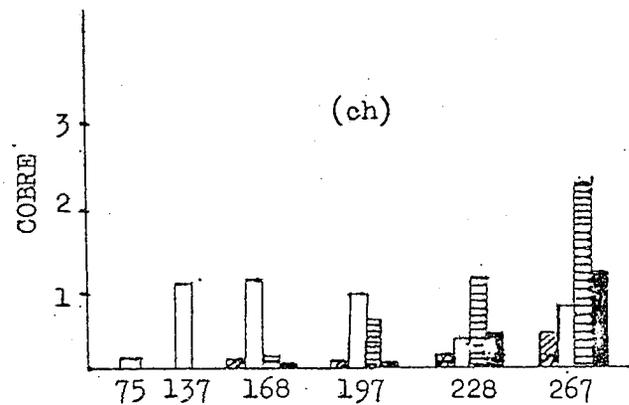
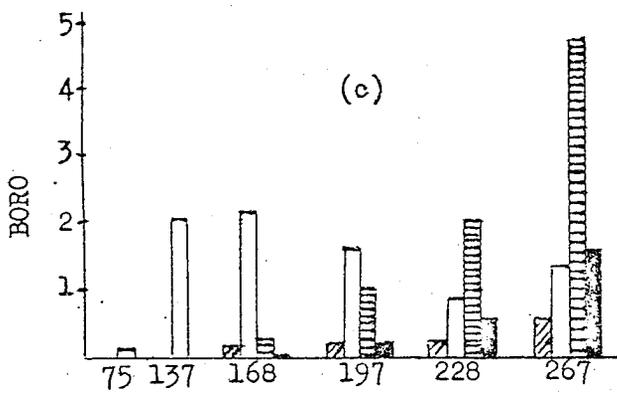
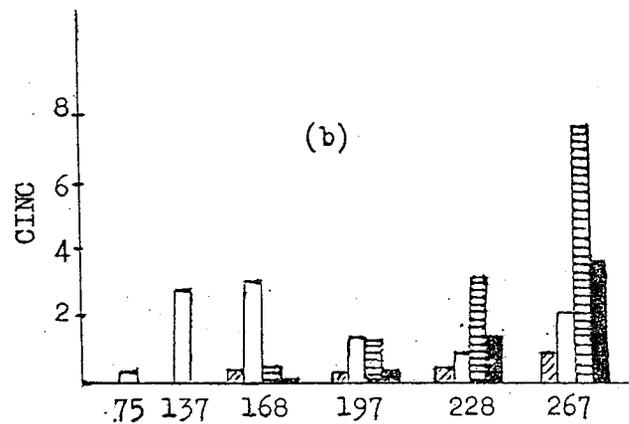
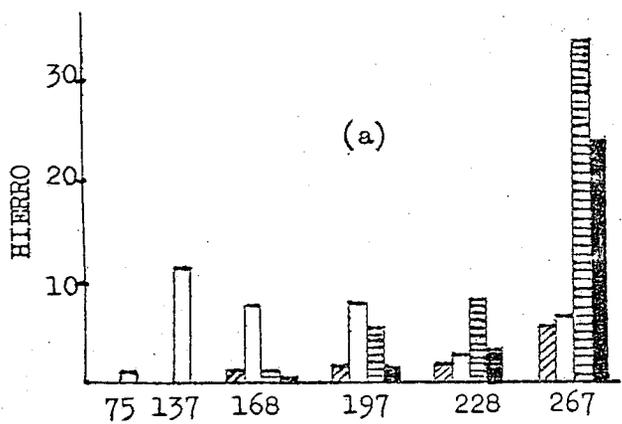
3.3.4.1. Hierro.

Las hojas acumulan hierro durante el crecimiento vegetativo (Fig. 15 a). Así, a la prefloración (137 días), la acumulación foliar alcanza a 11,58 mg pero luego disminuye marcadamente con la edad (6,40 mg; planta de 267 días). Es probable que la pérdida de hojas que ocurrió a los 228 días a causa de un fuerte ataque de cercospora, contribuyera a la reducción apuntada y de otros micronutrientes. En los tallos florales de plantas viejas (267 días), se ha acumulado 34,16 mg de hierro y le siguen las flores con 24,32 mg. El cormo es el órgano que acumula las menores cantidades de este nutriente durante todo el ciclo.

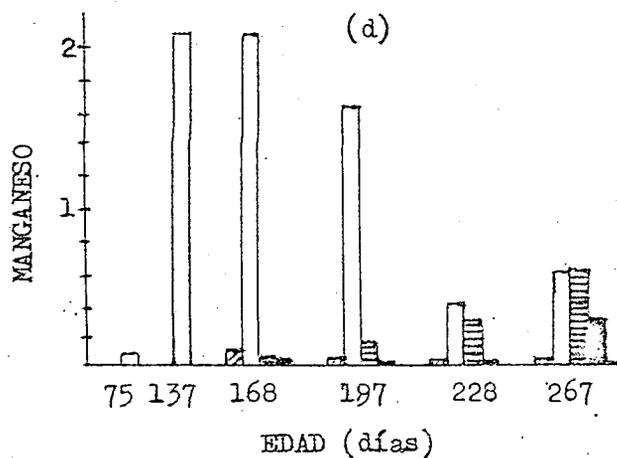
3.3.4.2. Cinc.

Las hojas juveniles acumulan poco cinc (0,29 mg; 75 días), pero conforme el órgano crece la acumulación se incrementa (2,99 mg; 168 días); con la floración más bien tiende

(p.p.m.)



EDAD (días)



EDAD (días)

Fig. 15. Acumulación de micronutrientos (mg) en los órganos de *Limonium sinuatum* (L.) Mill., c.v. Midnight Blue de Olivenza, según la edad de la planta. Cormo; Hojas; Ejes y Flores.

a disminuir (Fig. 15 b). En este período (168 días) se incrementa la acumulación de cinc en los tallos florales, llegando a acumular 7,58 mg a los 267 días, la cual es muy superior a la que presentan los demás órganos. Es probable que algo de cinc se traslade de las hojas a las inflorescencias, principalmente de las más jóvenes, ya que en las más viejas este elemento puede llegar a ser inmóvil (Rinne y Langston 1960, mencionados por Mengel y Kirkby, 1982). En plena floración (267 días), las flores presentan mayor acumulación de cinc que las hojas (3,61 mg y 2,01 mg respectivamente). El corno acumula cinc (0,98 mg; 267 días).

3.3.4.3. Boro.

Una vez que en las hojas se ha acumulado una cantidad apreciable de boro (2,05 mg; 137 días), la acumulación se mantiene ligeramente estable hasta los 197 días, cuando comienza a disminuir (Fig. 15 c). Es probable que una porción de este elemento migre hacia los nuevos órganos. Hay evidencia que en ciertas especies el boro puede trasladarse de las hojas a los frutos en desarrollo (Loneragan et al., 1976; Clarkson y Hanson, 1980). Las inflorescencias llegan a acumular cantidades de este elemento muy superiores al que presentan las hojas. El corno sigue siendo pobre en boro.

3.3.4.4. Cobre.

El cobre se acumula en las hojas principalmente durante el pe-

ríodo vegetativo (Fig. 15 ch). Con la floración, una pequeña cantidad de cobre migra hacia las inflorescencias. Al igual que el hierro, y por encontrarse a concentraciones altas en las hojas, es posible que la movilidad de este catión hacia los órganos nuevos, dependa de la concentración (Loneragan et al., 1976).

3.3.4.5. Manganeso.

El manganeso se acumula abundantemente en las hojas hasta comienzos de la floración (2,03 mg; 168 días). Un comportamiento similar se notó para el cinc. Comparada con la acumulación en los otros órganos, la foliar resulta ser excesivamente alta (Fig. 15 d). En plantas adultas o viejas, la acumulación se reduce drásticamente (0,38 a 0,65 mg). En las inflorescencias, la acumulación de manganeso es lenta, aunque progresiva con la edad de la planta. Es probable que el manganeso acumulado en las hojas no se traslade hacia las inflorescencias, ya que es un elemento poco móvil en la planta (Goor y Wiersma, 1974). Aún más, hay autores que lo consideran relativamente inmóvil (Wittwer y Teubner, 1959, mencionados por Mengel y Kirkby, 1982). Antes bien, quizás ocurrió una pérdida por el ataque de cercóspora.

3.3.4.6. Resumen.

Considerando globalmente la cinética de acumulación de los micronutrientes en los órganos aéreos de la estaticia, podemos

decir que es muy similar a la de los macronutrientes: se da una rápida acumulación de nutrientes en plantas juveniles (después del trasplante), permaneciendo alta hasta que se inicia la floración. Con el paso al estado reproductivo, los microelementos comienzan a acumularse en los tallos florales, donde las cantidades llegan a ser muy superiores a las que se depositan en hojas y flores, con excepción de manganeso. A diferencia de los macronutrientes, que suelen migrar con facilidad de las hojas hacia las inflorescencias, porque en su mayoría son muy móviles en la planta (K, N, P y Mg), en el caso de los micronutrientes es probable que las hojas aporten pocos a los nuevos órganos, porque estos elementos suelen ser inmóviles (B) o poco móviles en la planta (Fe, Zn, Cu y Mn). Con excepción del manganeso, las plantas viejas (267 días) la acumulación de micronutrientes en las flores tiende a ser superior a la que ocurre en las hojas. El corne acumula pequeñas cantidades de micronutrientes.

El hierro es el micronutriente que se acumula en mayor cantidad en los órganos de la estaticia, le siguen el cinc, boro, cobre y manganeso.

Con base en este estudio queda claro que la absorción y acumulación de los nutrientes en la estaticia, varían con el órgano y la edad o estado fisiológico. Pero no debe olvidarse que también puede influir la cantidad de los mismos en el suelo, la movilidad del elemento en la planta, las condiciones ambientales, entre otras, que hacen este proceso más complejo (Loneragan et al., 1976). Aún queda por determinar el efecto de la cosecha periódica de las inflorescencias, sobre la absorción y acumulación de minerales en la estaticia.

V. RECOMENDACIONES.

Los resultados obtenidos en cuanto a la acumulación de los minerales en la materia seca en la planta de estaticia, nos dan una buena idea de la remoción (extracción) de nutrimentos del suelo por la planta en estudio. También nos permite calcular el retorno al suelo de minerales contenidos en la materia orgánica residual. Suponiendo una densidad poblacional final de 50.000 pl/ha y acumulaciones de nutrimentos iguales a los calculados para una planta típica de 267 días (con 14 a 15 cortas semanales de flores), el retorno al suelo sería aproximadamente de:

195 kg/ha de <u>N</u>	17,5 kg/ha de Mg
15 kg/ha de P	28,5 kg/ha de Ca
360 kg/ha de K	35,5 kg/ha de S

Con base en estos resultados podemos señalar, aunque preliminarmente, que el residuo de la estaticia es un excelente abono orgánico y, por tanto, debe ser incorporado al suelo inmediatamente después de la última cosecha de flores. Si esto representa o nó un riesgo fitosanitario para la próxima plantación de estaticia, hay que determinarlo experimentalmente. Tal vez ese riesgo pueda reducirse sustancialmente por medio de ciertas medidas agronómicas, como por ejemplo, siembra de maíz y frijoles (gandúl, frijol rojo, arveja precoz, etc.) a manera de una breve rotación de cultivos; aplicación de fungicidas al suelo (PCNB + Difolatán) antes de la nueva siembra de estaticia.

Aunque este estudio es preliminar y se requiere de más investigación, consideramos que un programa de fertilización tentativo podría ser:

a.- En el almácigo, si se trata de un suelo fértil es probable que no

requiera de fertilizantes en este período; pues como mencionamos anteriormente, la estaticia presenta una raíz muy ramificada en los primeros 10 cm de suelo.

- b.- La primera fertilización sería al trasplante, ya que una vez recuperada del mismo es cuando realmente la planta va a comenzar a crecer activamente. En este caso en particular, deberá ser alta en NPK y el fósforo en especial, por encontrarse bajo en el suelo, según se observa en el análisis químico.
- c.- Las fertilizaciones siguientes deberán ser bajas en fósforo e igualmente altas en nitrógeno y potasio. Estas podrán ser aplicadas a los 137 días de edad de la planta, que es cuando comienzan a migrar nutrientes de las hojas a los nuevos órganos; en esta etapa se inicia principalmente la formación de los tallos florales, los cuales más tarde junto con las hojas, serán los órganos encargados de la fotosíntesis. Una nueva fertilización a los 197 días, época en que se inicia la floración. En este período, la planta puede perder resistencia a las enfermedades o morir por falta de un adecuado balance nutricional, por lo que los tallos florales, órganos de valor comercial, serán afectados en su calidad al tener que suplir los nutrientes necesarios para el resto de la planta. Varias fertilizaciones serían convenientes cuando la planta se encuentra en plena floración, dependiendo del vigor de la plantación.

En la finca Olivenza se utiliza la fórmula para café 18-5-15-6-2 reforzada con solubor, con buenos resultados. Además, es conveniente hacer aplicaciones foliares de elementos menores cada 8 ó 15 días, aprovechando las aplicaciones del fungicida e insecticida.

VI. CONCLUSIONES

1. La germinación de las semillas de estaticia, no decorticada (flor seca) o decorticada (semilla limpia), es rápida, epígea fanerocotilar o criptocotilar, esta última en mayor grado. Esta semilla es fotoblástica.
2. Durante el crecimiento radical, el que la raíz principal se ramifique o no, pareciera ser independiente de que crezcan varias plántulas muy juntas en el almácigo; además, la alta densidad poblacional no pareciera ser detrimental ya que la raíz principal es muy profunda.
3. Dependiendo del estadio ontogenético, L. sinuatum presenta variaciones morfológicas características. Hay en la especie, mucha variación fenotípica.
4. La raíz principal es de consistencia leñosa, con numerosas raíces secundarias, principalmente en los primeros 10 centímetros de suelo.
5. La mayoría de los macro y microelementos se encuentran en concentraciones más altas en plantas jóvenes que en adultas; también varían con el órgano y el estado fisiológico en que se encuentre.
6. Durante el ciclo de vida de la estaticia, las hojas son los órganos más ricos en macronutrientos (K, N, S, Ca, P y Mg); también lo son en boro y manganeso.
7. Las plantas de estaticia parecen requerir altas concentraciones de K, S, Fe y Mn ya que presentaron tenores muy altos en sus tejidos.

8. El potasio y el hierro son los nutrientes que se acumulan en mayor cantidad en los órganos de la estaticia.
9. Los macro y microelementos determinados en L. sinuatum, presentaron patrones muy parecidos en cuanto a la cinética de acumulación, la cual varió según el órgano y estado fisiológico.
10. En la estaticia, tanto las hojas como los tallos florales son órganos fotosintéticos; el primero principalmente en el período vegetativo y el segundo durante el período reproductor. Por tanto, los nutrientes se acumulan principalmente en las hojas hasta los 137 días (prefloración) y en los tallos florales durante la floración.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. Azuma, A.; Shimasaki, J. y Inubushi, S. 1983. Acceleration of flowering of statice (Limonium sinuatum Mill.) by seed vernalization. J. Japanese Soc. Hort. 51(4): 466-474.
2. Bailey, L. H. 1966. Manual of cultivated plants. The Mac. Millan Company New York Collier Mac. Millan Canada, Ltd., Toronto Ontario. pp. 786-788.
3. Baker, K. K.; Perry, S. K.; Mowry, T. M. y Russo, J. F. 1983. Association of a mycoplasma-like organism with a disease of annual statice in Michigan. Plant Dis. 67(6): 699-701.
4. Bengtsson, B y Jensen, P. 1983. Uptake and distribution of calcium, magnesium and potassium in Cucumber sativus L. var Cila of different age. Physiol. Plant. 57: 428-434.
5. Bewley, J. D. y Black M. 1983. Physiology and Biochemistry of seeds. In: Relation to germination. Vol. 1. Development, germination, and growth. Springer - Verlag. Berlin Heidelberg. New York. 306 p.
6. Briceño, J. A. y Pacheco R. 1984. Métodos analíticos para el estudio de suelos y plantas. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. pp. 51-54, 61, 63, 66 y 68.
7. Clarkson, D. T. y Hanson, J. B. 1980. The mineral nutrition of higher plants. Ann. Rev. Plant. Physiol. 31: 239-298.
8. Cox, R. S. 1972. Sclerotium rolfsii on statice. Plant Dis. Repr. 56(8): 656-657.
9. Engelhard, A. W.; Howard, C. M. y Wilfret, G. J. 1972. A new crown rot, leaf and scape spot disease of statice (Limonium sinuatum) incited by Colletotrichum sp. Plant. Dis. Repr. 56(10): 894-895.
10. Engelhard, A. W. 1975. Etiology, symptomatology, and economic importance of the diseases of annual statice (Limonium spp.). Plant Dis. Repr. 59(7): 551-555.
11. Evans, H. J. y Sorger, G. J. 1966. Role of mineral elements with emphasis on the univalent cations. Ann. Rev. Plant Physiol. 17: 47-48.
12. Gerad, J. 1975. The herbal or general history of plants. Dover Publications, Inc. New York. pp. 411-413.
13. Gilreath, J. P. 1985. Response of statice to selected herbicides. HortSci. 20(6): 1068-1069.

14. Good, R. 1964. The geography of the flowering plants. 3ra. Edic. John Wiley & Sons Inc. New York. pp. 88, 196, 200, 289 y 443.
15. Goor, B. J. y Wieroma D. 1974. Redistribution of potassium, Calcium, Magnesium, and Manganese in plant. *Physiol. Plant.* 31: 163-168.
16. Harm, U. y Maync, A. 1985. A study on increased potassium for sea lavender. *Deutscher Gartenbau.* 39(24): 1174-1175.
17. Harazy, A; Leshem, B.; Cohen, A. y Rabinowitch, H. D. 1985. In vitro propagation of statice as an aid to breeding. *HortSci.* 20 (3, seccion 1): 361-362.
18. Hatterman, H. y Paparezzi, E. T. 1985. Effect of granular fertilizer application on growth and yield of annual statice. *HortSci* 20(3): 118.
19. Hein, A.; Lesemann, D. E. y Querfurth, G. 1977. Broad bean wilt virus in cultivated Limonium in south germany. *Phytopathologisch Zeitschrift.* 89(4): 340-346.
20. Hernández, R. A. 1986. Caracterización de síntomas visuales de deficiencias nutricionales en Cardamomo (Elettaria cardamomun Maton Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Escuela de Fitotecnia. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. 64 p.
21. Hofmann, K. y Kneissl, P. 1976. Effect of herbicides on growth and yield of flowers grown for drying. *Garteuwelt.* 76(14): 285-286
22. Huang, M. C. 1983. How to improve the quality of cut flowers for export in Taiwan. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 24(4): 289-301.
23. Jackson, C. R. 1960. Crown rots and Botrytis flower blight of statice. *Plant Dis. Repr.* 44(8): 643-645.
24. Jeschke, W. D. 1985. K^+ - Na^+ Exchange at cellular membranes, intracellular compartmentation of cations, and salt tolerance. En *Salinity tolerance in plants. Strategies for crop improvement.* Editores Richard, C. Staples y Gary, H. Toenniessen. Editorial John Wiley & Sons. New York. pp. 37-65.
25. Jones, J. B. y Engelhard, A. W. 1984. Crown and leaf rot of statice incited by a bacterium resembling Pseudomonas caryophylli. *Plant Dis.* 68(4): 338-340.
26. Lachica, M. 1964. Determination of sulfur in plant material analyst. 89: 61-66.
27. Lachica, M.; González, C. y Rodríguez M. 1985. Análisis de tejidos e interpretación de resultados. En *nutrición Vegetal. Algunos aspectos químicos y biológicos.* Editores Manuel Lachica G. y Cesar González O. Estación experimental del Zaidín Granada (Es

- paña). Consejo Superior de Investigaciones Científica. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Santiago de Chile. Universidad de Chile. pp. 101-143.
28. Laroher, W. 1977. *Ecofisiología Vegetal*. Ediciones Omega, S. A. Barcelona. 305 p.
 29. Läuchli, A. 1972. Translocation of inorganic solutos. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 23: 197-218.
 30. Lawson, R. H.; Brannigan, M. D. y Foster, J. 1985. Clover yellow vein virus in Limonium sinuatum. *Phytopathology.* 75(8): 899-906.
 31. Loneragan, J. F.; Snowball, K. y Robson, A. D. 1976. Remobilization of nutrients and its significance in plant nutrition. In: transport and transfer processes in plants. Editores Wardlaw, I. F. y Passioura, B. P. Editorial Academic Press, New York. pp. 465-469.
 32. López, J. y Chueca, A. 1985. Papel biológico de los nutrientes en la planta. En *nutrición Vegetal. Algunos aspectos químicos y biológicos*. Editores Manuel Lachica G. y César González O. Estación experimental del Zaidín Granada (España). Consejo Superior de Investigaciones Científica. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas - Santiago (Chile). Universidad de Chile. pp. 1-43.
 33. Medina, E. 1977. *Introducción a la ecofisiología vegetal*. Programa regional de desarrollo científico y tecnológico. Departamento de asuntos científicos. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D. C. 102 p.
 34. Mengel, K. y Kirkby, E. A. 1982. *Principles of plant nutrition*. International Potash Institute. Bern, Switzerland. 3ra. Edic. 655 p.
 35. Milthorpe, F. L. y Moorby, J. 1982. *Introducción a la fisiología de los cultivos*. Editorial Hemisferio Sur, S. A. Buenos Aires. Argentina. 259 p.
 36. Moffett, M. L.; Hayward, A. C. y Fahy, P. C. 1986. Five new hosts of Pseudomonas andropogonis occurring in eastern Australia: host range and characterization of isolates. *Plant Pathology.* 35(1): 34-43.
 37. Polunin, O. y Smythies, B. E. 1977. *Guía de campo de las flores de España*. Edic. Omega, S. A. Barcelona. pp. 51, 56, 58, 93, 94, 163 y 305 - 307.
 38. Seminiuk, P. y Krizek, D. T. 1972. Long days and cool night temperature increase flowering of greenhouse grown Limonium cultivars. *HortSci.* 7: 293.

39. Seminiuk, P. y Krizek, D. T. 1973. Influence of germination and growing temperature on flowering of six cultivars of annual statice (Limonium c.v.). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98(2): 140-142.
40. Shillo, R. y Zamski, E. 1986. En CRC Handbook of flowering. Editor Abraham H. Halevy. Vol. III.
41. Smith, F. 1962. Mineral analysis of plant tissues. Ann. Rev. Plant Physiol. 13: 81-108.
42. Sobers, E. K. y Cox, R. S. 1973. Anthracnose of statice in southern Florida. Phytopathology. 63(1): 193-194.
43. Stewart, D. y Conring, M. 1970. Manual of the vascular plants of Texas. Texas Research Foundation Reuner, Texas. pp. 1185-1186.
44. Stryckers, J. y Himme, M. 1974. Comparison of soil - acting herbicides in newly transplanted statice species and Helichrysum bracteatum. Rijksuniversiteit-Gent, Belgium. pp. 153-154.
45. Strider, D. L. 1973. Damping-off of statice caused by Botrytis cinerea and its control. Plant Dis. Repr. 57(11): 969-971.
46. Thompson, L. M. y Troch, F. S. 1980 Los suelos y su fertilidad. Editorial Reverté. 4ta. Edic.
47. Troll, N. 1964. Die Infloreszenzen. Vol. I. Gustav Fisher Stuttgart.
48. Vargas, M. E. 1978. Nutrición del frijol común (Phaseolus vulgaris L.) Ritmo de absorción de nutrimentos durante la ontogenia. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. 118 p.
49. Warren, C. 1980. Minor cut crops. En: Introduction to floriculture. Ed. Roy A. Larson. Academic Press, New York. pp. 185, 204 - 205.
50. Wilfret, G. J.; Raulston, J. C.; Poe, S. L. y Engelhard, A. W. 1973. Cultural technique for the commercial production of annual statice (Limonium spp. Mill) in Florida. Proc. Fla. State Hort. Soc. 86: 399 - 404.
51. Wilfret, G. J. y Green, J. L. 1975. Optimum gibberellic acid (GA_3) concentration to accelerate flowering and increase yield of statice Fla. State. Hort. Soc. 88: 527 - 530.
52. Zimmer, K. 1981. Growing Limonium (statice). Deutscher Gartenbau. 36(9): 318 - 320.
53. _____ 1982. Yield investigations of Limonium (statice). Deutscher Gartenbau. 36(45): 1882-1884.

A P E N D I C E

CUADRO 1. Resultados del análisis químico de una muestra compuesta de suelo de la parcela experimental Finca Olivenza. Los Sitios de Moravia, San José.

Determinación	M.O.	KCl	^{pH} H ₂ O	meq/100 g	ppm
	4.4	4.9	6.1		
Ca				1.98	
Mg				1.06	
K				0.82	
Al				0.03	
P					7
Fe					102
Cu					12
Zn					4
Mn					2

FUENTE: Laboratorio de suelos Universidad de Costa Rica. Facultad de Agronomía. Centro de Investigaciones Agro-nómicas.

CUADRO 2. Concentración (en %) de macronutrientes en los órganos de Limonium sinuatum (L.) Mill., c.v. Midnight Blue de Olivenza, según la edad. Los datos son promedios de 3 muestras con 2 plantas por muestra.

Organo	Edad (días)	Concentración (%)					
		K	N	S	Ca	P	Mg
Hoja	75	8,04	3,23	0,74	0,26	0,36	0,20
	137	7,95	4,78	0,68	0,58	0,35	0,34
	168	7,33	3,75	0,80	0,48	0,27	0,28
	197	6,35	3,80	0,58	0,74	0,21	0,47
	228	8,13	4,12	0,49	0,61	0,20	0,56
	267	6,87	4,24	0,83	0,49	0,48	0,27
Cormo	168	4,04	3,09	0,82	0,28	0,33	0,15
	197	2,94	3,33	0,49	0,29	0,25	0,12
	228	2,67	3,08	0,47	0,41	0,17	0,14
	267	2,40	3,31	0,48	0,32	0,23	0,16
Eje floral	168	4,84	3,19	0,60	0,20	0,30	0,11
	197	4,54	3,44	0,37	0,33	0,23	0,17
	228	5,47	2,60	0,48	0,43	0,18	0,28
	267	5,02	2,13	0,38	0,36	0,19	0,29
Flores	168	4,87	3,86	0,93	0,34	0,26	0,16
	197	3,65	2,92	0,41	0,21	0,27	0,12
	228	3,24	2,35	0,38	0,24	0,22	0,15
	267	2,31	1,75	0,35	0,26	0,22	0,14

75 días: planta de almácigo
 137 " : planta en prefloración
 168 " : planta en floración incipiente
 197 a 267 " : planta en plena floración (adulto a vieja)

CUADRO 3. Concentración (en ppm) de micronutrientes en los órganos de Limonium sinuatum (L.) Mill., c.v. Midnight Blue de Olivenza, según la edad. Los datos son promedios de 3 plantas por muestra.

Organo	Edad (días)	Concentración (ppm)				
		Fe	Zn	B	Cu	Mn
Hoja	75	260	70	29	31	17
	137	429	101	76	37	75
	168	253	97	70	36	66
	197	421	69	88	47	85
	228	253	87	82	33	37
	267	344	108	72	43	35
Cormo	168	334	107	53	39	27
	197	490	81	62	39	7
	228	398	87	54	37	3
	267	539	97	60	45	2
Eje floral	168	174	79	51	33	4
	197	289	69	57	35	6
	228	202	75	50	28	7
	267	365	81	50	27	7
Flores	168	295	107	60	38	25
	197	314	79	54	30	2
	228	199	79	38	28	2
	267	559	83	37	29	7

75 días: planta de almácigo

137 " : planta en prefloración

168 " : planta en floración incipiente

197 a 267 " : planta en plena floración (adulto a vieja)

CUADRO 4. Acumulación (mg) de macronutrientes en Limonium sinuatum (L.) Mill.
c.v. Midnight Blue de Olivenza, según órgano y edad

Órgano	Edad (días)	Acumulación (mg)					
		K	N	S	Ca	P	Mg
Hojas	75	334	137	31	11	15	8
	137	2150	1293	184	157	95	92
	168	2260	1156	246	148	83	86
	197	1184	709	109	138	39	88
	228	841	426	51	63	21	58
	267	1280	789	154	91	89	50
Cormo	168	127	97	25	9	10	5
	197	98	111	16	10	8	4
	228	126	146	22	19	8	7
	267	242	334	49	32	23	16
Eje floral	168	264	174	33	11	16	6
	197	841	637	69	61	43	32
	228	2248	1069	197	177	74	115
	267	4699	1994	356	337	178	271
Flores	168	31	25	7	2	2	1
	197	154	124	17	9	11	5
	228	524	380	62	39	36	24
	267	1005	762	152	113	96	61
		Totales					
Por planta	75	334	137	31	11	15	8
	137	2150	1293	184	157	95	92
	168	2682	1452	311	170	111	98
	197	2277	1581	211	218	101	129
	228	6016	2021	332	298	139	204
	267	7226	3879	711	573	386	398

75 días: planta de almácigo

137 " : planta en prefloración

168 " : planta en floración incipiente

228 a 267 " : planta en plena floración (adulto a vieja)

CUADRO 5. Acumulación (mg) de micronutrientes en Limonium sinuatum (L).
Mill. c.v. Midnight Blue de Olivenza, según órgano y edad.

Organo	Edad (días)	Acumulación (mg)				
		Fe	Zn	B	Cu	Mn
Hojas	75	1,10	0,29	0,12	0,13	0,07
	137	11,58	2,73	2,05	1,00	2,03
	168	7,79	2,99	2,16	1,11	2,03
	197	7,87	1,29	1,65	0,88	1,59
	228	2,63	0,90	0,85	0,34	0,38
	267	6,40	2,01	1,34	0,80	0,65
Cormo	168	1,04	0,33	0,16	0,12	0,08
	197	1,62	0,27	0,20	0,13	0,02
	228	1,87	0,41	0,25	0,17	0,01
	267	5,44	0,98	0,61	0,45	0,02
Eje flor.	168	0,96	0,43	0,28	0,18	0,02
	197	5,35	1,28	1,05	0,65	0,11
	228	8,30	3,08	2,06	1,15	0,29
	267	34,16	7,58	4,68	2,53	0,66
Flores	168	0,21	0,07	0,04	0,03	0,02
	197	1,32	0,33	0,23	0,13	0,01
	228	3,22	1,28	0,62	0,45	0,03
	267	24,32	3,61	1,61	1,26	0,30
		Totales				
Por plan	75	1,10	0,29	0,12	0,13	0,07
	137	11,58	2,73	2,05	1,00	2,03
	168	10,00	3,82	2,64	1,44	2,15
	197	16,16	3,17	3,13	1,79	1,73
	228	16,02	5,67	3,78	2,11	0,71
	267	70,32	14,18	8,24	5,04	1,63

75 días: planta de almácigo

137 " : planta en prefloración

168 " : planta en floración incipiente

228 a 267 " : planta en plena floración (adulto a vieja)