

LA BORRAJA

**CULTIVO, FENOLOGÍA
Y SELECCIÓN PARA RESISTENCIA
A LA SUBIDA A FLOR**



FERNANDO VILLA GIL
Centro de Técnicas Agrarias

JOSÉ M.^A ÁLVAREZ ÁLVAREZ
Servicio de Investigación Agroalimentaria

**LA BORRAJA. CULTIVO, FENOLOGÍA
Y SELECCIÓN PARA RESISTENCIA
A LA SUBIDA A FLOR**



Fernando Villa Gil
Centro de Técnicas Agrarias

José M.^a Álvarez Álvarez
Servicio de Investigación Agroalimentaria

*A nuestros padres
y esposas.*

Edita: Gobierno de Aragón
Departamento de Agricultura
y Medio Ambiente

Preimpresión: Ebro Composición S.L.
Impresión: Octavio y Félez, S.A.

Depósito legal: Z 1.593/99

AGRADECIMIENTOS

A D. Alberto Alejandro del I.F.A. de Movera, por su colaboración en la implantación y mantenimiento de los cultivos.

A D. Antonio Albalat, D. Francisco Cotrina Vila, D. Miguel Gutiérrez López, y D. José A. Sasot por la colaboración prestada en los ensayos realizados con agricultores.

A los agricultores en cuyas fincas se realizaron los ensayos, D. Manuel Quílez, de Alcañiz; D. Jaime Gracia, de Andorra; Hermanos Mené, de Montañana; D. Enrique Olmos, de Santa Engracia; Agroalimentaria del Queiles, de Tarazona; D. Emiliano Salafranca, de Villanueva de Gállego; D. Javier Aguilar, de Zaragoza; y D. Emilio Ramón, de Ejea de los Caballeros.

A D. Miguel Cambra, Dña. Sonsoles Fernández Cavada, D. Fernando Orús, Dña. Marisol Luis, y D. Ignacio Susín por la amable cesión de sus fotografías, sin las cuales no hubiese sido posible este trabajo.

A D. Ramiro Gil, Jefe de la Unidad de Tecnología en Producción Vegetal, y a D. Juan M. Prol Cirujeda, Jefe del Servicio de Formación y Extensión Agraria, por su estímulo, y por haber puesto a nuestra disposición los medios necesarios para la obtención de la variedad 'Movera'.

A todos muchas gracias.





ÍNDICE

	Página
PRESENTACIÓN	11
INTRODUCCIÓN	
Características de la especie	13
Historia	14
Prácticas de cultivo	19
Plagas y enfermedades	21
Distribución e importancia	24
 ESTADOS FENOLÓGICOS DE LA BORRAJA BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO FRÍO EN MOVERA	
Nascencia	31
Primera hoja	31
Segunda hoja	31
Tres, cuatro y cinco hojas	32
Seis y siete hojas	32
Ocho y nueve hojas	33
Diez, once, doce, trece y catorce hojas	33
Quince hojas hasta la aparición del rudimento de botón floral en el tallo principal	34
Período de multiplicación	35
Fase de inducción floral	35
Fase de floración y cuajado	36
Fase de formación del fruto y semilla	37

SELECCIÓN

Técnicas de cultivo empleadas	41
Proceso de selección	43

ENSAYOS COMPARATIVOS

Ensayo realizado en Tarazona	47
Ensayo realizado en San Gregorio (Zaragoza)	48
Ensayo realizado en Ejea de los Caballeros	49
Primer ensayo realizado en Villanueva de Gállego	50
Segundo ensayo realizado en Villanueva de Gállego	51
Primer ensayo realizado en Montañana (Zaragoza)	52
Segundo ensayo realizado en Montañana (Zaragoza)	53
Ensayo realizado en Andorra (Teruel)	55
Ensayo realizado en Alcañiz	56

CONCLUSIONES	57
---------------------------	----

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
---	----

FIGURAS	67
----------------------	----

PRESENTACIÓN

Tengo la satisfacción de presentar el Libro sobre "La Borraja, cultivo, fenología y selección para resistencia a la subida a flor", fruto del trabajo de investigación y experimentación desarrollado durante los últimos años por los Autores y sus equipos, pertenecientes a Centros de la Dirección General de Tecnología Agraria del Gobierno de Aragón.

La Borraja, quizás es la especie hortícola cultivada con más cariño y esmero en todos los huertos aragoneses, y también ha sido uno de los primeros cultivos en demostrar su adaptación al cambio tecnológico producido con la implantación de los cultivos en invernadero; fue precisamente este cambio el que produjo una gran expansión de su cultivo, lo que puso de manifiesto una de las mayores problemáticas del mismo, la rápida subida a flor de su cultivo en primavera.

La solución planteada mediante el desarrollo de una nueva variedad, resistente a la subida, puesta hoy día a disposición del agricultor, nos parece la mayor aportación realizada al cultivo desde nuestros servicios técnicos, así como la profundización de las bases fisiológicas y reproductivas, plasmadas en observaciones precisas e inéditas sobre la fenología del cultivo, así como las normas a aplicar para obtener una borraja de calidad (labores de cultivo, plagas, enfermedades...).

El cariño puesto por los autores en la elaboración de esta obra es el mismo que el que los hortelanos ponen en sus cultivos de borraja, por lo que deseo dejar patente mi felicitación por el trabajo realizado y por los resultados obtenidos.

La presentación de este libro nos parece muy oportuna en este momento en que se está estudiando la normativa para incluir la borraja en la "C de calidad", potenciando un producto que ha pasado de los huertos familiares a formar parte de las cartas de nuestros mejores restaurantes.

Esperamos que este libro sea un vehículo eficaz de comunicación entre el estamento técnico y científico y los distintos Subsectores Agrarios, Organizaciones Agrarias, Entidades Asociativas y Empresas, al objeto de conseguir un mejor uso de las tecnologías por parte de nuestros horticultores, fomentando la innovación tecnológica de forma que se incida en la rentabilidad y la mejora de la calidad de un cultivo de tan gran tradición en Aragón.

El Consejero de Agricultura y Medio Ambiente
D. José Manuel Lasa Dolhagaray

INTRODUCCIÓN



Características de la especie

El género *Borago* presenta sólo dos especies mediterráneas. En lugares húmedos de las islas de Córcega y Cerdeña vive *B. pygmaea* (Dc.) Chater & W.Greuter, especie perenne y de tallos decumbentes, y *Borago officinalis* L., que es la especie conocida en castellano como borraja, si bien, en algunas zonas también se la conoce con los nombres de borraja común, borraga, borracha, bora, corrago, alcoholo, flores cordiales...

La especie tiene un número de cromosomas $2n = 16$ (Figura 1). Se trata de una planta herbácea anual, con una potente raíz pivotante (Figura 2) y que puede alcanzar una altura de 60 cm a 1,5 m. El tallo es grueso y carnoso, hueco (Figura 3), verde intenso como las hojas que son simples, alternas, sin estípulas, oblongas u ovals y cubiertas, como toda la planta, por pelos o tricomas que, en algunos genotipos sobre todo al aire libre, pueden constituir auténticos pinchos (Figura 4). Los pecíolos, o parte aprovechable desde el punto de vista culinario de la planta son más o menos largos, y en algunos genotipos alados (Figura 5). La inflorescencia es una cima monocasial (Figura 6), con flores actinomorfas y entomófilas. Cáliz con cinco sépalos, y corola tubular, quinquelobulada de un color blanco y azulado o violeta en los genotipos silvestres, los pétalos están soldados y las anteras, que son cinco, forman un cono a través del cual pasa el estilo cuando la flor alcanza su madurez (Figura 7). El ovario es súpero, con dos carpelos soldados, y cada uno de ellos dividido en dos lóbulos, que proporcionan cuatro nuececillas monospermas, que rodean al estilo central (Figura 8). El nectario está constituido por cuatro masas salientes y opuestas a las cuatro partes del ovario y a su base (BONNIER y LAYENS, 1966; GILL y VEAR, 1965; POLUNIN, 1972).

Se trata de una especie con una gran variabilidad, formada por poblaciones muy heterogéneas con gran diversidad de porte, vigor y desarrollo de la planta, forma, color y tamaño del limbo y pecíolo de las hojas.

Los frutos son en lomento y las semillas son grandes, de un color pardo negruzco y se desprenden con suma facilidad (Figura 9), lo que constituye un grave inconveniente para la industria de producción de semilla. En las semillas se observan unas escrescencias especiales ("carúncula"), formadas junto al

micrópilo, que son masas de tejido ricas en grasas y prótidos, como los *eleosomas*, apetecidas por las hormigas, las cuales así dispersan las semillas (Figura 10) (STRASBURGER et al., 1894). El número de semillas por gramo es de 50 a 55.

En el Banco de Germoplasma del Servicio de Investigación Agraria de la Diputación General de Aragón existe una pequeña colección de entradas de esta hortaliza (CARRAVEDO Y OCHOA, 1991).

Tradicionalmente se ha considerado a la borraja como una especie alógama, es decir que una planta solamente puede ser polinizada por polen procedente de otras plantas de la especie, para que la fecundación se realice adecuadamente y se puedan producir frutos y semillas. Esta polinización es llevada a cabo por insectos (polinización entomófila) fundamentalmente abejas (Figura 11) (ATALLAH et al., 1989).

La alogamia, al igual que la autogamia, no suele ser nunca estricta, y no lo es en el caso de la borraja, especie en la que se puede forzar la autofecundación y obtener algunas semillas. Sin embargo las plantas producidas a partir de estas semillas muestran una cierta depresión por consaguinidad, e incluso la germinación de las semillas procedentes de autofecundación es, en ocasiones, mala. La alogamia en la especie viene favorecida por un sistema de autoincompatibilidad controlada poligénicamente y que se incrementa al aumentar la homocigosis, de forma que si se fuerza la autofecundación (aumento de la homocigosis) ésta se hace más difícil (CROWE, 1971; LEACH et al., 1990; MAYO y LEACH, 1989).

Recientemente MONTANER (1997) ha demostrado que, al menos las borrajas cultivadas, se comportan como autocompatibles y no muestran depresión por consaguinidad.

Historia

Se trata de una especie conocida desde la Antigüedad, y así ya es citada por Teofrasto y Plinio, si bien, éstos lo hacen por sus propiedades medicinales. Se le atribuyen propiedades sudoríficas (flores), diuréticas (hojas y pecíolos) y emolientes (cataplasmas de hojas) (VILLAR PÉREZ et al., 1992). Contiene abundante mucílago, tanino e indicios de esencia, sales de potasio y magnesio.

Los antiguos farmacólogos incluían a esta planta dentro de las "**cuatro flores pectorales**", y era también muy recomendada en casos de reumatismo, aplicando las hojas frescas en cataplasmas, pues seca pierde sus propie-

dades. Las flores y semillas han gozado fama de euforizantes, añadiéndose a tal efecto al vino. Algunos autores estiman que la borraja era la planta que los griegos denominaban *eufrosinon* y que de acuerdo con Plinio, "*volvía al hombre alegre y feliz*". Un proverbio griego decía: "*Yo, la borraja, doy siempre coraje*". En la España del siglo XVI aún se le atribuye esta propiedad. Así, Alonso de Herrera afirma que las borrajas "*son más saludables que ninguna otra hortaliza, y dellas se puede bien decir, y con verdad, que en muchos casos no sonpreciados, porque tales virtudes no son conocidas, las cuales son muchas*". Indica también algunas de éstas: "*Crudas engendran muy singular sangre, y más cocidas con buen carnero, o capones, y por esto son muy buenas para los viejos(...)* y *si beben la simiente dellas en vino, alegra mucho el corazón...*". Surge la duda de si la bondad de la hortaliza no sería debida al otro ingrediente que acompañaba.

Realmente sus efectos no deben ser muy manifiestos, ya que "*en muchos casos no sonpreciados*". La suavidad de su acción explica quizás la conocida expresión "*eso es agua de borrajas*", para indicar que algo ha quedado en nada. Por ejemplo, C. y E. Boutelou, en 1801, explican: "*La medicina hacía antiguamente un uso muy frecuente de ella, pero en el día está casi olvidada, porque no desempeña los fines a que antiguamente se aplicaba*".

Aún en la actualidad se conoce su utilización como planta medicinal, y así VILLAR PÉREZ et al. (1992) refieren que, en el valle de Hecho se prepara una cataplasma con el cocimiento de las hojas de borraja y se usa como antiinflamatorio: "*aplicado a la zona inflamada la reduce*".

Por la Hoya de Huesca y el Somontano es bastante común utilizar la infusión de flores, para el tratamiento de afecciones tan variadas como catarros, bronquitis, pulmonías, sarampión, rubéola, escarlatina, inflamaciones, leucorrea, etc.

También se toma el agua del cocimiento de la planta para "*purificar*" la sangre y curar el reuma. A veces se prepara la infusión de flores de borraja y flores de malva, tomándola para bajar la fiebre. En ocasiones se prefiere emplear el cocimiento de las flores en vez de la infusión, concretamente para tratar las afecciones bronquiales, en ocasiones se agregan pieles de naranja.

Mezclando borraja, salvia, menta y tila se confecciona una infusión que sirve para descongestionar la nariz.

Como hortaliza alimenticia no está bien precisado el origen de su cultivo. Sí parece claro que griegos y romanos hicieron de esta planta un uso medicinal, es casi seguro que no la cultivaban, pues no se refieren a ella tratadistas como

Columela o Paladio, si bien algunos autores atribuyen una etimología latina (derivaría de "borra" = pelo rígido, por la pilosidad característica de la planta). Otros autores mantienen una etimología árabe, de *abu* = padre y *rash* = sudor, por la propiedad sudorífica de sus flores. Incluso algunos historiadores han estimado que la planta llegó de Africa durante la Edad Media. Sin embargo, no hay duda de que la planta es nativa de España y que hacia el siglo XII los musulmanes andalusíes no la cultivaban. En efecto Ibn al-Awwam en su *Kitab al-Filaha*, hace una única referencia a ella, tratándola como una planta silvestre de la que se puede hacer uso en tiempos calamitosos, cuando faltan los alimentos. Otros agrónomos y médicos andalusíes como Ibn Hayyay (siglo X), Ibn Wafid (siglos XI-XII) y Maimónides (siglo X) parecen citarla, pero se registra una confusión en su denominación como *lisan al-lawr* ("lengua de buey"), que puede referirse tanto a *Borago officinalis* como a *Anchusa officinalis* o *A. italica*.

En consecuencia, las borrajas no debieron empezar a cultivarse hasta el siglo XII. Se sabe que eran ya muy cultivadas en la Castilla del siglo XV, y Alonso de Herrera, en 1539, se extiende en la descripción de su cultivo y propiedades. Fueron una de las primeras hortalizas llevadas a América por los españoles. Ya en 1494 se cultivaba en las huertas de La Isabela, primera ciudad fundada en suelo americano por los españoles. También el padre Cobo, en el siglo XVII, da noticias de que las borrajas se habían adaptado en Hispanoamérica. En el siglo XVIII era frecuente su cultivo, pero ya había perdido importancia.

Como planta espontánea o subespontánea vive en terrenos incultos, terraplenes, barbechos, baldíos, márgenes de huertas, bordes de caminos y ruinas.

Es oriunda de la región mediterránea. Naturalizada en las zonas cálidas del oeste, centro y este de Europa, a veces con escapes hacia el norte que no son estables. Se encuentra también en el suroeste de Asia, Macronesia y en América del Norte.

Las borrajas se cultivan por sus hojas y pecíolos, que se consumen como verdura. Las hojas tiernas se pueden consumir crudas, en ensalada aderezada con aceite de oliva, transmitiendo un aroma y sabor a pepino; conviene picarlas, pues enteras son poco atractivas por su pilosidad. Cocidas forman parte de potajes, guarniciones, carnes y también se usan en la olla. Las hojas rebozadas servidas con queso caliente o rallado son deliciosas. De forma análoga se pueden hacer empanadillas de borrajas. Cociendo las hojas finamente picadas con leche de almendras se obtiene una sopa exquisita. También es excelente la tortilla de borraja (NUEZ, 1992).

Sin embargo, actualmente la parte de la planta más empleada son los pecíolos de las hojas, que admiten la mayor parte de los usos indicados.

Las flores se utilizan para adornar platos y preparar un dulce exquisito. GENDERS (1988) sugiere una receta de tarta de borrajas. También en algunas comarcas preparan un postre rebozando las hojas, que se frien y se les añade azúcar o miel, a modo de los "paparajotes" murcianos, y conocidos en Aragón como "crespillos", pero utilizando las borrajas en lugar de las hojas de limón. En Mallorca según FONT QUER (1990), se hacen buñuelos de viento con las hojas, preparando una mezcla con huevos batidos y harina de trigo, friendo luego las hojas así embadurnadas en aceite bien caliente y espolvoreando luego con azúcar y canela.

La borraja sigue teniendo interés en algunas zonas como planta medicinal o condimentaria (CHITT et al., 1985; IVANOVA y BARANOVA, 1982; LUTHY et al., 1984; VOLTOLINA, 1987)

Actualmente, y como se ha dicho antes, la borrajas se cultivan por sus hojas y pecíolos que se consumen como verdura.

La borraja es una planta melífera (ATALLAH et al., 1989; CORBET et al., 1984), las flores y raíces son tintóreas y el ovario presenta una síntesis muy activa del ácido gamma-linolénico (GRIFFITHS et al., 1988; QUINN et al., 1989a), un ácido graso precursor de las prostaglandinas de sumo interés en farmacia y cosmética como tratamiento de ciertos tipos de eczemas. Esta síntesis activa en el ovario explica que la semilla de borraja sea la fuente natural más rica conocida de ácido gamma-linolénico llegando a alcanzar concentraciones próximas al 25% (MUUSE et al., 1988; GALWEY y SHIRLIN, 1990). Las prostaglandinas influyen en la regulación de muchas funciones metabólicas en los mamíferos (WHITE et al., 1978; WILLIS, 1981). La síntesis normal del ácido gamma-linolénico, vía delta-6-desaturasa puede ser bloqueada o disminuída en algunos casos, y así el ayuno, la diabetes, o la ingesta excesiva de hidratos de carbono puede disminuir la actividad de la delta-6-desaturasa (BRENNER, 1977). El ácido gamma-linolénico se utiliza como suplemento nutricional en estos casos (WILLIS, 1981; WRIGHT y BURTON, 1982). Este hecho explica el gran interés que ha alcanzado el cultivo de la borraja en algunos países, si bien el mayor problema a resolver viene dado por la gran dehiscencia característica de la especie.

Prácticas de cultivo

La planta se adapta a todo tipo de suelos, si bien crece mejor en los arcillolimosos. Prefiere tierras ricas en materia orgánica. Es una especie con buena resistencia al frío, y puede soportar temperaturas de hasta -30 C, rebrotando

al subir la temperatura, pero ya a temperaturas por debajo de los 3 C bajo cero se produce una separación de la epidermis del peciolo, ennegreciéndose posteriormente el tejido afectado lo que la inutiliza para el consumo. Esta es una de las razones que indujo al cultivo de esta especie en invernadero.

Según MAROTO (1982) el cultivo al aire libre se efectúa en España preferentemente mediante siembra directa, pudiendo emplearse máquinas sembradoras de disco de 20 cm de diámetro con alvéolos de 7 mm de diámetro (Figura 12). Existen modelos adaptados a motocultores de 14 CV, utilizados generalmente en pequeñas parcelas en los alrededores de Zaragoza, este modelo siembra 2 líneas separadas unos 50 cm y conforma un pequeño caballón (Figura 13). Igualmente existen aperos adaptados para trabajar entre líneas y facilitar la escarda, dichos equipos realizan un ligero aporcado al efectuar su trabajo (Figura 14). Con estas sembradoras se realiza una siembra prácticamente a chorrillo, precisándose un aclareo posterior. Conviene preparar el terreno con un abonado de fondo de unas 50 t/ha de estiércol, si no se incorporó al cultivo anterior, y de 90-120 UF/ha de nitrógeno, fósforo y potasio. El terreno debe estar bien mullido, conviniendo efectuar una labor profunda y un par de pases de cultivador. En Aragón, al aire libre, se efectúan siembras escalonadas desde mediados de agosto hasta mayo, en líneas o a golpes, con una separación de 25-30 cm entre plantas y de 45 a 50 cm entre líneas.

Actualmente, en algunas explotaciones, se están realizando trasplantes mecanizados, utilizando para ello máquinas de pinza que trasplantan 4-5 líneas a la vez.

El cultivo no presenta problemas especiales debiendo atender a los riegos y completar el abonado en cobertera, en caso de explotación intensiva, con 120 UF/ha de nitrógeno de fácil asimilación, después del aclareo.

El ciclo vegetativo oscila entre 50 y 120 días. La recolección se realiza a mano (Figura 15). Cada mata tiene un peso de 500-1000 g, y se obtienen unas producciones de unas 60-100 t/ha.

Aunque existe interés en la producción comercial de la semilla, no se han estudiado, prácticamente, los requerimientos culturales de la planta para este aprovechamiento. Únicamente BEAUBAIRE y SIMON (1987) han abordado la realización de experimentos encaminados a dilucidar el marco de plantación más adecuado para este tipo de cultivo, encontrando que separaciones de 40 cm entre líneas y 30 cm entre plantas, dentro de la línea, son las más adecuadas para un cultivo dedicado a la producción de semilla. Por su parte COTRI-

NA (1991) estimó que para cultivos en invernadero, dedicados al aprovechamiento culinario de la planta, las densidades más recomendables son, para líneas pareadas de 7,5 a 9 plantas por metro lineal y separación de 0,8 m entre líneas, y de 5,5 plantas y separación de 0,35 m entre líneas sencillas.

Recientemente ha ido adquiriendo importancia el cultivo protegido bajo plástico. En estas condiciones se obtienen peciolos mucho más largos, carnosos (Figura 16) y el rendimiento en peciolos/planta es muy superior al alcanzado en el cultivo al aire libre. También las producciones suelen ser mejores.

En estos últimos años se han implantado algunas superficies de borraja destinadas a la industria tanto del congelado como del envasado tradicional. Dichos cultivos no se suelen realizar con el esmero del destinado al consumo en fresco, y así las siembras se hacen a chorrillo o en caballones anchos sin realizar aclareo, aunque si alguna labor de escarda entre líneas. La recolección se efectúa cuando la planta presenta escapos florales bien formados, es decir se espera a que la planta alcance su peso máximo. La productividad de estas parcelas es alta (80-100 t/ha), pero el mercado es, todavía, muy limitado, por la gran tradición que existe en nuestra Comunidad de consumir la borraja en fresco.

Plagas y enfermedades

Las plagas que muestran una mayor incidencia sobre el cultivo son: ratones, caracoles y babosas, y pulgones.

Los ratones (Figura 17) pueden constituir una plaga importante en los invernaderos cuando las condiciones exteriores les son desfavorables, ya que penetran en las instalaciones y roen las hojas por los peciolos inutilizando las plantas atacadas para el consumo.

Babosas y caracoles (Figura 18) atacan a la planta en la nascencia, o inmediatamente después del trasplante, pudiendo ocasionar daños de importancia.

Los pulgones (Figura 19), además de ser potenciales transmisores de enfermedades víricas, que si se desarrollan en las primeras fases del cultivo pueden ocasionar graves daños, causan daños por sí mismos, y cuando un ataque grave, con formación de colonias, se produce en la planta adulta la deprecia considerablemente.

Las enfermedades más importantes son: Carbón o mancha blanca, necrosis foliares, oidio, enfermedades de cuello y virosis.

La enfermedad denominada carbón o mancha blanca de la borraja está ocasionada por el hongo *Entyloma serotinum*, que ha aumentado su incidencia considerablemente en los cultivos de invernadero, habiéndose constituido en la enfermedad más importante del cultivo. Produce unas pequeñas manchas circulares cloróticas en los limbos foliares que se diseminan por toda la hoja (Figura 20), llegando a cubrir prácticamente toda la superficie. Si el ataque es débil o se inicia en el tramo final del cultivo, el daño se traduce en una depreciación comercial de la planta. Cuando nos encontramos con ataques intensos, o en la fase juvenil de la planta se puede llegar a desecar más de la mitad del volumen foliar, afectando gravemente al desarrollo (FERNÁNDEZ-CAVADA, 1990).

Las necrosis foliares están causadas, en ocasiones, por el hongo *Alternaria alternata* (DAL BELLO y PERELLO, 1988). Afectan al follaje y tallos de *B. officinalis* necrosando las puntas y bordes de las hojas.

No se conoce la especie que ocasiona el oidio en borraja. Produce manchas blancas redondeadas (Figura 21) de aspecto pulverulento que aparecen aisladas sobre el limbo, aunque en ocasiones también pueden aparecer en tallos y pecíolos. A medida que avanza la enfermedad las manchas se fusionan y pueden llegar a cubrir toda la hoja. La incidencia de la enfermedad aumenta al aumentar la humedad del invernadero.

Las podredumbres de cuello están causadas fundamentalmente por especies de los géneros *Sclerotinia* y *Botrytis*; se desarrollan en el cuello de la planta cuando el suelo está húmedo en coincidencia con una elevada humedad ambiental. *Sclerotinia* (Figura 22) produce un micelio algodonoso de color blanquecino, sobre el que se desarrollan unos cuerpos negruzcos, los esclerocios. La forma conídica de *Botrytis* (Figura 23) tiene el aspecto de un enmohecimiento gris, desorganizándose los tejidos de la zona afectada.

Hasta el momento se han descrito en borraja dos enfermedades causadas por virus, el mosaico del pepino (CMV) (Figura 24) que produce alteraciones del color de la hoja, apareciendo zonas de color verde-oscuro que se alternan con otras de color verde-claro (mosaico). El limbo aparece arrugado deforme y poco desarrollado. Además se produce una parada del crecimiento de la planta, la cual alcanza menor desarrollo que las plantas sanas, con la consiguiente pérdida económica (LUIS ARTEAGA, 1989).

PLAGAS	Tratamientos					Observaciones
	Materia activa	Casa comercial	D./ha. kg. ó l.	(1)	Toxicidad	
Insectos suelo: Gusanos de alambre y gusanos blancos	Clorpirifos 5%	Varias	50-80	30	A-B-C	Tratamiento a todo el suelo
	Diazinon 10%	Varias	45	30	B-B-B	
	Fenofos 5%	Basf	40-50	90	C-B-C	
	Foxim 10%	Bayer	40-50	-	A-A-C	
	Isofenfos 5%	Bayer	100	21	B-A-B	
Pulgones	Etiofencarb 50%	Bayer	0,7-1	7	B-B-B	Sistémico
	Lambda Cihalotrin 2,5%	Zeneca Agro	0,4-0,8	3	B-A-B	Piretroide
	Pirimicarb 50%	Zeneca Agro	0,75-1	3	B-B-B	Respetar la fauna auxiliar
	Propoxur 50% PM	Bayer Masso	1-2	7	C-B-B	
Caracoles y Babosas	Metdehido	Varios	15-30	15	B-B-A	Aplicar ambos al atardecer, esparcidos por el suelo.
	Metiocarb 4%	Bayer	3-4	15	B-C-B	
Ratones, ratas	Brodifacoum	Zeneca Agro	5-30 g/post.		T-C-C	T=Tóxico para el hombre
	Clorofacinona	Varias	5-20		Nocivo Xn-B-O	Las posturas y bloques deberán estar aislados del suelo y evitar mojarlos al regar
	Flocoumafen	Cyanamid	1-2 bloq/pt Cebo		Nocivo Xn-B-O	
Además de los raticidas, se muestran eficaces contra los ratones las trampas más diversas, por lo que igualmente podrian ser utilizadas (latas, botellas, cepos. .)						
Mancha blanca	Miclobutanil	Rhône-Poulenc	0,6 cc/l	3	A-A-B	Toxicidad hombre baja. Irritante Xi
Oidio	Miclobutanil	Rhône-Poulenc	0,6 cc/l	3	A-A-B	
	Quinometionato	Bayer	30-50 gr/Hl	15	A-A-A	
Podredumbres: de cuello y de roseta.	Benomilo 50%	Varias	1	14	B-A-B	Respetar rigurosamente los plazos de seguridad
	Diclofuanida	Bayer	2-3	7	A-B-C	
	Iprodiona 50%	Rhône-Poulenc	1	21	A-A-A	
Botrytis y/o esclerotinia	Metil-tiofanato	Varias	0,5-1	21	B-A-A	
	Procimidona 50%	Varias	0,75	5	B-A-A	

(1) Plazo de seguridad en días

Cuadro 1.- Tratamientos contra plagas y enfermedades más frecuentes en borraja.

Recientemente se ha descrito sobre borraja el virus de las venas amarillas del trébol (CYVV) (LUIS ARTEAGA et al., 1996) que ocasiona mosaico severo y deformación de las hojas.

Distribución e importancia

Su cultivo se limita a ciertas zonas de los Países Bajos, Francia, España e Hispano América, siendo desconocida en el resto del mundo. Si bien recientemente se viene observando un cierto interés en el aprovechamiento hortícola de la especie en otros países, como el Reino Unido (RAWLINSÓN y DOVER, 1986), Alemania (HARTRATH, 1984) o Dinamarca (JORGENSEN, 1988)

En España, el cultivo se centra, casi exclusivamente, en el Valle Medio del Ebro, en Zaragoza, La Rioja y Navarra, donde ocupa una superficie de unas 400 ha, de las que más de 300 se cultivan en la provincia de Zaragoza.

Provincias y Comunidades Autónomas	Superficie (Regadío)			Rendimiento (Regadío)		Producción (t)
	Aire libre ha	Protegido ha	TOTAL ha	Aire libre Kg/ha	Protegido Kg/ha	
Álava	3	—	3	16.667	—	50
PAÍS VASCO	3	—	3	16.667	—	50
NAVARRA	72	6	78	70.236	75.000	5.507
LA RIOJA	96	9	105	23.000	25.000	2.433
Huesca	10	—	10	20.000	—	200
Teruel	28	—	28	19.714	—	552
Zaragoza	120	—	120	25.000	—	3.000
ARAGÓN	158	—	158	23.747	—	3.752
Lérida	6	—	6	20.000	—	120
CATALUÑA	6	—	6	20.000	—	120
Toledo	85	—	85	12.000	—	1.020
CASTILLA-LA MANCHA	85	—	85	12.000	—	1.020
ESPAÑA	420	15	435	29.064	45.000	12.882

Cuadro 2.- Análisis provincial de la superficie, rendimiento y producción de borraja. (Fuente: Anuario Estadístico de la Producción Agraria, 1989).

Los datos que se ofrecen en el Cuadro 2, extraídos del Anuario Estadístico del Ministerio de Agricultura correspondiente al año 1989, son meramente indicativos de la importancia del Valle Medio del Ebro, y más en concreto de la provincia de Zaragoza, en el cultivo de la borraja. Los datos reales han de ser muy superiores, y así COTRINA (1991) habla de 500 ha en el Valle Medio del Ebro, la mayoría de ellas en Zaragoza.

En los últimos años se está observando una cierta expansión del cultivo hacia Andalucía, particularmente hacia Almería. Y así ya desde 1985, empieza a comercializarse en Mercazaragoza borraja con este origen, comercialización que, a medida que pasan los años va tomando mayor intensidad (MARTÍN y ALBISU, 1990). Se está empezando a realizar cultivo protegido, con excelentes resultados, mejorándose el crecimiento en estas condiciones. Bajo invernadero es posible obtener un producto de calidad, con pecíolos largos, tiernos con menos pelos y menos consistentes durante gran parte del año. En Aragón se puede decir que la borraja se ha convertido en el cultivo más rentable bajo invernadero, a donde pasó rápidamente en cultivo invernadero, debido a su resistencia al frío.

Según PROL (1992a), se trata de la hortaliza más cultivada en los invernaderos de Aragón. Prácticamente todas las explotaciones cultivan la borraja como cabeza de alternativa, con siembras a partir de octubre hasta finales del invierno, aunque en la práctica podría cultivarse durante todo el año, siendo las recolecciones de invierno las más rentables, sobre todo cuando al aire libre se han helado o ha finalizado su cosecha.

De ahí que el cultivo al aire libre esté en clara regresión, no sólo porque con el invernadero se han ampliado los períodos de cosechas, sino por la mejor calidad y los mayores rendimientos por metro cuadrado. En muchas explotaciones se producen 2 y 3 cosechas de borraja seguidas.

El mismo autor (PROL, 1992b) al estudiar la rentabilidad de las alternativas en invernadero, hizo intervenir en todas ellas la borraja y encontró que la más rentable fue la que repitió la borraja tres veces a lo largo del año (Cuadro 3).



	ALTERNATIVAS ANALIZADAS			
	Borraja-tomate	Borraja-pepino	Borraja-judía	3 de borraja
(1) Consumo horas mano de obra familiar	534	552	691	477
(2) Producción vendible (pts/1.000 m ²)	661.000	740.000	930.000	900.000
(3) Gastos cultivos (gastos variables)	120.840	121.240	101.730	114.480
(4) Gastos fijos (Amortización inversiones)	192.415	192.415	192.415	192.415
(5) Gastos mano de obra familiar (480 pts/h)	256.320	264.960	331.680	228.960
(6) Gastos capital invertido (Inversión al 11%)	121.187	121.187	121.187	121.187
RESULTADOS				
Margen bruto (2) - (3)	540.160	618.760	828.270	785.520
(7) Margen neto (2) - (3) - (4)	347.745	426.345	635.855	593.105
Retribución de la mano de obra (7)/(1)	651 pts/h	772 pts/h	920 pts/h	1.243 pts/h
(8) Beneficio empresarial	-29.762	40.613	182.988	242.958
RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN:				
(8) + (6) / Inversión total	8%	15%	27%	33%

Cuadro 3.- Resultados económicos de 4 alternativas hortícolas en invernadero en Aragón (PROL, 1992b).

En el Cuadro 4, se puede ver la evolución de la superficie ocupada por la borraja y los rendimientos obtenidos. Se observa como los rendimientos, casi se han duplicado desde 1965 hasta 1989, y esto parece debido a una mejora de las técnicas de cultivo y, en especial durante los últimos años, al aumento de la superficie protegida, sin que a esto se haya unido un esfuerzo en la selección del material vegetal adecuado para estos nuevos tipos de cultivo.

En cultivo bajo plástico, y con las protecciones que se utilizan hoy en día, la borraja no ha llegado a helarse, pero se ha puesto de manifiesto la gran tendencia de esta especie a subir a flor a la salida del invierno.

AÑOS	Superficie (ha)	Rendimiento (Qm/ha)	Producción (t)
1965	560	154	8.640
1970	362	149	5.403
1975	274	186	4.204
1980	225	237	5.341
1981	255	237	6.135
1982	240	242	5.796
1983	273	245	6.683
1984	284	227	6.452
1985	145	213	3.095
1986	312	227	7.097
1987	303	258	7.818
1988	431	259	11.177
1989	435	296	12.882

Cuadro 4.- Serie histórica de la superficie, rendimiento y producción de borraja. Años 1965 a 1989. (Fuente: Anuario Estadístico de la Producción Agraria, 1989).

Durante las primaveras de los años 1987, 1988 y 1989 se hicieron observaciones sobre los problemas que la subida a flor prematura de las borrajas cultivadas en ciclo invernal ocasionaban a los agricultores, y que fueron especialmente graves en los últimos años. Efectivamente la conjunción de factores, no muy bien conocidos como fotoperíodos crecientes y el haber padecido periodos de bajas temperaturas, la planta de borraja que ha permanecido en cultivo durante el invierno, incluso sin haber llegado a formar suficiente masa vegetativa (Figura 25), emite el tallo floral produciéndose el proceso de floración de forma simultánea en prácticamente toda la superficie cultivada durante el mes de marzo y primeros días de abril (Figura 26).

Ante este hecho, el agricultor se ve en la necesidad de vender su producción en un plazo corto de tiempo, lo que satura el mercado con un producto de baja calidad (plantas subidas o "encanutadas") provocándose un hundimiento de los precios (MARTIN y ALBISU, 1990). O incluso, en el caso de plantas poco desarrolladas, puede verse en la necesidad de tener que levantar el cultivo.

En vista de esto, y ante el fracaso de las medidas culturales intentadas, se decidió iniciar una selección en la población de borraja "Borraja de flor blanca", en vista de que en esta población aparecen plantas con una mayor resistencia a la subida, que tardaban más en subirse a flor.

Otros investigadores habían iniciado ya selecciones en la especie, si bien enfocadas a la consecución de incrementos en los contenidos de ácido gamma-linolénico de las semillas, o para conseguir mejoras que faciliten la recolección de las mismas (GALWEY y SHIRLIN, 1990).

En relación con el aprovechamiento farmacológico de la planta, se está desarrollando el cultivo 'in vitro' de embriones, estructuras en las que se desarrolla una activa síntesis del ácido gamma-linolénico (QUINN et al., 1989 a y b; WHIPKEY et al., 1988). También se han puesto a punto técnicas de propagación 'in vitro' de la borraja (JANICK et al., 1987).

Otra especie que también puede presentar problemas con la subida a flor en el período de primavera-verano es la lechuga (*Lactuca sativa* L.). En esta especie se ha detectado que hay cultivares diferentes en cuanto a la época de formación de sus tallos florales. Y así hay cultivares de día largo, y por el contrario, otros cultivares tienen un comportamiento neutro en cuanto a las necesidades de longitud de día para la inducción a la subida a flor (RYDER, 1979). Por otra parte, ÁLVAREZ y COTRINA (1983) habían conseguido mejorar la subida a flor de la lechuga 'Zaragozana' mediante la aplicación de una selección masal a una población local de la misma.

Según este precedente, se pensó que la realización de una selección en la población de borraja "Borraja de flor blanca", la más cultivada en Aragón, con la finalidad de buscar una mayor resistencia a la subida a flor primaveral, podría tener éxito, y es fundamentalmente esta selección y los resultados de la misma lo que se expone en este trabajo, además del estudio de la fenología de la especie necesario para el tipo de selección que se pretendía.

ESTADOS FENOLÓGICOS DE LA BORRAJA BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO FRÍO EN MOVERA

La observación de los estados fenológicos que se describen a continuación, se realizó sobre 60 plantas de la población "Borraja de flor blanca" y de la variedad 'Movera' en un invernadero con cubierta de polietileno situado en el I.F.A. de Movera, entre el 10 de diciembre de 1990 y el 15 de junio de 1992, en cultivos de invierno-primavera.

La siembra se realizó el 13 de diciembre de 1991. Se utilizó semilla sin desinfectar. A continuación se introdujo en cámara de germinación durante 4 días.

Nascencia

Se produjo a los 7 días de la siembra, en el invernadero de producción de planta.

La borraja nace con los cotiledones plegados, generalmente en cayado (Figura 27), presentando un crecimiento muy rápido, abriéndose pronto. Los cotiledones adoptan una disposición en "uve" o casi paralelos al suelo, adquiriendo un buen tamaño en pocos días (Figura 28).

Primera hoja

A los 19 días de la nascencia, los cotiledones presentaban unas dimensiones de 3,2 cm de longitud y 1,6 cm de anchura. La primera hoja había hecho su aparición y mostraba un activo crecimiento, habiendo adquirido un tamaño de 1 cm, aunque se encontraba todavía plegada. Poco tiempo después se abrió (Figura 29).

Segunda hoja

A los 29 días de la nascencia, la primera hoja estaba totalmente desarrollada y la 2ª presentaba una longitud de 2 cm y todavía seguía plegada (Figura 30). Los cotiledones, en este momento tenían una longitud de 4,5 cm y 2,5 cm de anchura.

La apertura de las hojas que nacen se realizaba cuando terminaba de aparecer el final del limbo por el ápice de crecimiento de la planta, y el final del crecimiento de una hoja, conllevaba la aparición de la siguiente. En nuestro caso, las hojas de la borraja comenzaron a abrirse cuando tenían unos 2,5 cm de longitud y unos 0,5 cm de anchura.

A los 34 días de la nascencia las plántulas habían desarrollado 2 hojas y apareció la 3ª (Figura 31). En este momento se realizó el transplante y el tamaño de las hojas era el siguiente:

1ª hoja: 8 cm de longitud y 3 cm de anchura.

2ª hoja: 6 cm de longitud y 2 cm de anchura.

3ª hoja: Entre 1 y 2,5 cm de longitud sin terminar de abrir en ningún caso.

Los cotiledones tenían unos 5 cm de longitud y 3,5 cm de anchura.

A partir de este momento, los Estados Fenológicos, corresponderán con el número de hojas con PECIOLO VISIBLE que aparecen en el ápice de crecimiento de la planta.

Tres, cuatro y cinco hojas (Figuras 32, 33 y 34)

Se alcanzaron entre los días 56 y 65 desde la nascencia (15 y 24 días después del transplante).

Cuando la planta tiene 5 hojas se dice que alcanza la FASE DE ROSETA, cuya duración es característica de cada línea o variedad y en el que permanecerán las plantas emitiendo 2-4 hojas más.

Seis y siete hojas (Figuras 35 y 36).

Las plantas alcanzaron estos estados entre los 70 y 74 días desde la nascencia.

En la fase de roseta se apreció con claridad que las 3 primeras hojas de la borraja difieren entre sí y también lo hacen con respecto al resto de las hojas de la planta. Se observó que la situación de las 2 primeras hojas de la planta podría considerarse opuesta, y a partir de la tercera la ordenación de las hojas en la planta (Filotaxis) se produce de forma helicoidal.

Igualmente, se apreció que las hojas habían aumentado su tamaño y que la planta comenzaba a adquirir volumen, y abandonaba su porte rastrero. El final del Estado Fenológico de 7 hojas marca el final del PERIODO JUVENIL del cultivo.

Ocho y nueve hojas (Figuras 37 y 38)

En estos Estados se produce un cambio importante que marca el comienzo del PERIODO DE PRODUCCIÓN, se trata de la aparición de los BROTES AXILARES (Figura 39). Dichos brotes se presentaron bajo forma de un rudimento foliar que era el extremo del limbo de su primera hoja (Figura 40). Sobre el momento y lugar de aparición de los brotes axilares intervienen fundamentalmente 4 factores:

1. El desarrollo equilibrado del semillero y del cultivo.
2. El tipo de cultivo, siembra directa o transplante.
3. La precocidad, con relación a la aparición de brotes axilares de la línea o variedad observada.
4. La profundidad de la plantación si el cultivo ha sido de transplante (Figura 41).

En estos Estados, el cultivo comenzó a adoptar forma erecta (Figura 42), y se produjo el lento marchitamiento de los cotiledones.

Se alcanzaron estos Estados a los 79-84 días desde la nascencia (38 y 43 del transplante).

Diez, once, doce, trece y catorce hojas (Figuras 43, 44, 45 y 46).

Comprende el periodo de desarrollo de los brotes axilares de las primeras hojas y su aparición en hojas más jóvenes. Para la definición de los Estados que se producen por aparición sucesiva de brotes y hojas axilares, seguiremos el mismo criterio establecido para las hojas principales, es decir, el de enumerar en los brotes axilares exclusivamente las hojas con PECIOLO VISIBLE (Figura 47).

En cada brote axilar, la aparición de las dos primeras hojas se produjo en un lapso de tiempo muy breve, realizándose el crecimiento de los peciolo simultáneamente, apreciándose no obstante que el de la primera hoja tiene

una mayor longitud. Otra particularidad que presentaban los pecíolos de las hojas de los brotes axilares fue la de ser más propensos a la presencia de "alas". Se ha podido observar que incluso en líneas que no suelen presentar esta característica en los pecíolos de las hojas principales, la muestran en las hojas de los brotes axilares (Foto 5).

Al final de esta Fase (Estado Fenológico de catorce hojas), las plantas habían emitido cuatro brotes axilares y en el primero de ellos (el de la 4ª hoja) se observó el considerable crecimiento experimentado por sus dos primeras hojas, que alcanzaban una longitud de unos 15 cm, presentando la 3ª y 4ª hojas en posición perpendicular a las primeras (Figura 48).

La evolución del resto de los brotes axilares fue muy rápida y se produjo entre los días 86 y 94 desde la nascencia (45 y 53 desde el transplante).

Quince hojas hasta la aparición del rudimento de botón floral en el tallo principal

Se alcanzó el Estado de Quince Hojas a los 97 días de la nascencia (56 después del transplante) y se apreciaron 3 cambios: el cultivo está a punto de cerrarse (Figura 49); los brotes axilares más desarrollados comenzaron a adoptar forma cilíndrica (Figura 50), aumentando considerablemente su volumen, y como consecuencia de lo anterior, las plantas incrementaron considerablemente el perímetro de su base (cuello) (Figura 51) y adquirieron una buena densidad en la línea de plantación, constituyendo una masa de pecíolos bastante compacta (Figura 52). Nos encontramos pues, en la Fase en la que definitivamente la planta va a incrementar su peso de una forma importante por el crecimiento en longitud, engrosamiento e incremento del número de pecíolos de los brotes axilares.

En cuanto al número de hojas que llegó a emitir la planta antes de la aparición del rudimento floral en el extremo del tallo principal, era variable y, en estas fechas, depende de la resistencia a la subdía que tenga la línea o variedad. En el caso de 'Movera', ha llegado a emitir 21 hojas mientras que la línea comercial, se situaba entre 14 y 15 hojas.

Con relación al número de pecíolos que llegaban a tener los brotes axilares en el momento de la recolección, podían llegar hasta 15, aunque lo normal era que tuvieran de 6 a 12.

En cuanto al número de brotes axilares útiles que aparecen en las plantas,

estaba entre 4 y 6, ya que aunque aparezcan algunos en las hojas más jóvenes, no llegan a formar pecíolos adecuados.

La aparición del botón floral se produjo a los 103 días de la nascencia y 62 desde el transplante.

Periodo de multiplicación

En el que distinguiremos 3 fases:

- a) Fase de inducción floral.
- b) Fase de floración y cuajado.
- c) Fase de formación del fruto y semilla.

Fase de inducción floral

Estado prefloral inicial:

Comienza por la elongación del escapo floral principal que aparece en el centro de la planta. Las plantas tenían 26 hojas, pero desde la 21 acompañaban y protegían a la masa compacta e indefinida de las futuras flores que se encontraban todavía en la parte baja de la planta cubiertas por hojas (Figura 53).

Habían transcurrido 108 días desde la nascencia y 67 desde el transplante.

En su crecimiento, el escapo floral principal arrastró un gran número de hojas. En las plantas de referencia, formaron parte del escapo floral principal todas las hojas posteriores a la 14. De modo que las hojas 13 y 14 permanecieron en la base del escapo pero sin subir.

Estado prefloral 1:

La masa amorfa y compacta de yemas florales, comenzó a ascender con el escapo floral y a diferenciarse, de modo que, se pudo apreciar que los grupos cerrados de flores, quedaban distribuidos en las axilas de las últimas hojas del escapo floral principal, situándose en el extremo de un corto pedúnculo (Figura 54).

Esta fase se apreció a los 112 días de la nascencia y a los 71 del transplante.



Estado prefloral 2:

Se produjo la elongación de los pedúnculos florales y la definición de las yemas cerradas (Figura 55). Tuvo lugar a los 114 días de la nascencia.

Estado prefloral 3:

Se produjo la separación de las yemas florales y la aparición de las cimas escorpioideas, que son simples o bifurcadas (Figura 56).

Habían transcurrido 116 días desde la nascencia y 75 desde el transplante. Este fenómeno se produjo, del mismo modo que en el escapo floral principal, en los escapos florales que originan los brotes axilares (Figura 57)

Fase de floración y cuajado

Se produjo la elongación de los pedúnculos florales, y el botón floral que se encontraba en el ápice de la cima escorpioidea, comenzó a aumentar de volumen permitiendo ver con claridad la corola de la flor entre los sépalos del cáliz (Figura 58). Al poco tiempo (2-4 horas) esa flor comenzó a abrirse (Figura 59), para aparecer completamente abierta poco después (Figura 60). Si la humedad ambiental no es muy elevada, las anteras dejan escapar una gran cantidad de polen de color blanco (Figura 61).

Dado que la flor de la borraja es tremendamente atractiva para las abejas por la gran cantidad de néctar que posee, si existen estos insectos, la polinización se realiza con gran rapidez, ya que en su avidez de ingestión de néctar, la abeja se embadurna de polen con el que impregna cada flor que liba (Figura 62). Una vez que la flor ha sido polinizada, el estilo sobrepasa los estambres y éstos toman una coloración pardo-oscura (Figura 63). El proceso de floración y cuajado finaliza con la expulsión de la corola por la presión que ejercen sobre ella los cinco sépalos (Figura 64).

En este momento comienza la formación y evolución del fruto.

Todo este proceso, en las condiciones secas y calurosas de finales de abril y primeros de mayo, se produjo en un periodo de 20 a 30 horas sobre cada flor.

El periodo de floración puede ser muy largo en borraja (20-25 días) y las plantas adquieren un gran desarrollo, al igual que las cimas escorpioideas. En cada cima generalmente, no se abre simultáneamente más que una flor (Figura 65).

Fase de formación del fruto y de la semilla

Cuando la flor expulsó la corola, los sépalos se van cerrando sobre sí mismos, recogiendo el estilo, que permaneció turgente por algunos días (Figuras 66 y 67).

El proceso de apertura y cuajado de flores siguió realizándose en cada inflorescencia y los frutos se van situando de forma alterna a ambos lados del eje (Figura 68).

En el interior del cáliz se produjo un rápido engrosamiento de los óvulos fertilizados (de uno a cuatro), observándose que en un principio carecen de estrias rugosas, para después aparecer éstas y adoptar cada uno de los óvulos la forma y textura característica de la especie, aunque con un color verde claro. Paralelamente se había producido un ensanchamiento en la base del cáliz para albergar las cuatro futuras semillas (Figura 69). Se observó igualmente que el estilo permaneció inserto al cáliz, aunque tomando un color pajizo.

Desde el momento de flor abierta, habían transcurrido 5 días, y la flor, ocupaba el 4º lugar en la inflorescencia, comenzando a contar desde la flor abierta en ese momento.

Las temperaturas que se registraron durante estos días en el interior del invernadero, fueron muy altas, habiéndose alcanzado hasta 43 C de máxima y 12 C de mínima.

El fruto siguió evolucionando y las semillas adquirieron un color verde oscuro y se van haciendo muy patentes las rugosidades características de su superficie. El estilo sigue estando presente entre las semillas en formación y continúa el ensanchamiento en el fondo del cáliz que se corresponde con la apertura de los sépalos, que hasta ese momento habían permanecido cerrados (Figura 70).

A los 3 días se produjo un cambio importante en el proceso de maduración de las semillas; éstas tomaron el color pardo característico de la especie (Figura 71).

Tres días después se produjo la dehiscencia de las semillas (Figura 9). Dicho fenómeno ocurría al mismo tiempo que la carúncula o liposoma reducía su tamaño al perder agua. Este proceso de reducción de volumen continuará posteriormente a la dehiscencia, de modo que el tamaño de la carúncula se ve muy reducido en la semilla de borraja comercial.

En el momento de la dehiscencia, el estilo aun permanecía en el cáliz, y las cavidades que habían albergado a la semilla durante todo el proceso de maduración comenzaron a necrosarse (Figura 72). Tras la dehiscencia los sépalos permanecían muy abiertos y comenzaban a amarillear por los bordes (Figura 68).

Se han observado cimbras que produjeron más de 30 frutos.

El proceso de formación del fruto y de maduración de la semilla, en las condiciones bajo las que hemos realizado las observaciones, y contando con abejas para realizar la polinización se llevó a cabo en unos 18-21 días.

Estado fenológico	Fases	Periodos
Germinación	Fase de semillero	Periodo juvenil
Nascencia		
Cotiledones		
Una Hoja		
Dos hojas		
Tres hojas		
Cuatro hojas	Fase de enraizamiento	
Cinco hojas		
Seis hojas		
Siete hojas	Fase de aparición y evolución de brotes axilares	Periodo de producción
Ocho hojas		
Catorce hojas	Fase de desarrollo y engrosamiento de brotes axilares	
Quince hojas a aparición rudimentos florales		
Aparición escapo floral Central a apertura flores	Fase de inducción floral	Periodo de reproducción o multiplicación
Apertura de flores a expulsión de corola	Fase de floración y cuajado	
Formación de fruto a dehiscencia semilla	Fase de formación y evolución del fruto	

Cuadro 5.- Resumen de los estados fenológicos y periodos evolutivos de la borraja.

SELECCIÓN

Técnicas de cultivo empleadas

La semilla de la población "Borraja de flor blanca" se sembró con sembradora semiautomática en bandejas, usando un sustrato preparado a base de turba universal (80%) + humus de lombriz del I.F.A. de Movera (15%) + arena lavada y cribada (5%).

Las bandejas permanecieron en cámara de germinación (aproximadamente a 18°C) hasta que se observaron los primeros síntomas de nascencia. Inmediatamente se trasladaron a un invernadero acondicionado para la producción de planta para transplante (Figura 73).

Durante la fase de semillero se realizaron dos tratamientos fungicidas a base de Propineb + Cobre a fin de proteger la planta de los posibles ataques provocados por hongos y/o bacterias.

A los siete días de la siembra se produjo la nascencia, y por los controles efectuados sobre el semillero, podemos afirmar, que la edad de la semilla tiene un efecto negativo muy notable sobre el vigor, poder germinativo y porcentaje de plántulas anormales.

Las plantas permanecieron en el semillero hasta el momento que tenían dos hojas con peciolo visible y comenzaba a aparecer la tercera, momento en que se transplantó.

El transplante se llevó a cabo en un invernadero de hormigón con lámina de polietileno térmico, ventilaciones laterales y cenital, que estaba equipado con riego por goteo; los porta-goteros, estaban separados 0,6 m y los goteros se encontraban a 0,3 m a lo largo del ramal. Igualmente se disponía de sistema de fertirrigación.

En cada porta-gotero se plantaron 2 líneas de borraja, separando las plantas dentro de la línea 0,3 m. De este modo, la densidad de plantación se situó en 11 plantas por m², lo que supuso plantar unas 3.000 plantas en todo el invernadero.

El suelo se preparó con una labor cruzada de subsolador para favorecer el drenaje.

Se aportaron 8 Kg/m² de estiércol de vacuno bien descompuesto.

El abonado de fondo consistió en la aplicación de 70 g/m² de Nitrofoska Permanent (15-9-15, y 1,2% de mg), lo que equivale aportar, 105-63-105-8,4 Unidades Fertilizantes/ha de N - P₂O₅ - K₂O - Mg. Este abono es de los denominados de liberación lenta.

Se aportó un insecticida de suelo, a base de Fonofos 5% (Dyfonate) a razón de 5,5 g/m² en tratamiento general a todo el terreno.

Posteriormente se dio un pase de fresa con el que se envolvieron todos los productos y se procedió a la perfecta nivelación del suelo, y a la colocación y nivelación de las líneas de goteo.

El transplante se llevó a cabo con un plantador manual de tubo, conocido vulgarmente como "cohete" o "picaraza" (Figura 74).

A los 15 días del transplante se produjeron los primeros ataques de babosas *Agriolimis agrestis* L., se trataron con Metiocarb 4% (Mesurol 4 granulado) esparciéndolo por los costados del invernadero y entre las primeras líneas del cultivo a razón de 4 Kg/ha.

Cuando la planta alcanzó la Fase de Roseta (ver Fenología), se procedió a la eliminación de malas hierbas y a aportar nitrógeno en fertirrigación.

A partir de ahora, las operaciones de cultivo se redujeron a fertirrigar y a la eliminación de malas hierbas.

Cuando el cultivo alcanzó el Estado Fenológico de 12 hojas, debido a que ya había adoptado forma erecta y pronto se cerraría, procedimos a realizar un tratamiento preventivo a base de Etiofencarb 50% (Cronetón), Triadimenol 25% (Bayfidan) y Mojante (Figura 75).

Cuando el cultivo tenía 15 hojas estaba a punto de cerrarse.

En el estado Fenológico de 16 hojas, el cultivo sufrió un ataque de ratones que se combatió con Brodifacoum Cebo (Klerat C) debidamente protegido y algunos cepos.

A los 103 días de la siembra y 55 del transplante, el cultivo que no iba a ser destinado a multiplicación (producción de semilla) se recolectó (Figura 76).

El cultivo destinado a producción de semilla se volvió a fertirrigar y se preparó el invernadero para la introducción de las abejas.

Las abejas permanecieron en el invernadero 23 días. Al final del ciclo se cortaron las plantas y se colgaron para proceder a su secado, recogiendo la semilla que caía sobre plásticos colocados en el suelo.

Proceso de selección

El proceso de selección seguido es una variante de la selección masal genealógica descrita por SÁNCHEZ-MONGE (1974), que se esquematiza gráficamente en la Figura 77.

Esta población presentaba una gran variabilidad, apareciendo plantas con diferentes portes, longitud de pecíolos, sensibilidad a enfermedades... De entre estas plantas se seleccionaron aquéllas que no iniciaron la subida a flor hasta que habían desarrollado, al menos 21 hojas. De esta forma únicamente 21 plantas fueron seleccionadas (Figura 78). Las restantes plantas que no fueron seleccionadas, se arrancaron.

A continuación se introdujo en el invernadero una colmena (Figura 79), previo aislamiento del mismo mediante una malla apropiada (Figura 80) con objeto de que las abejas realizasen la polinización de las plantas seleccionadas sin intervención de polen extraño a las mismas.

Después de la fecundación, el cuajado y la maduración de la semilla, se recogió ésta sobre cada planta seleccionada por separado (Figura 81), de manera que al concluir este ciclo se disponía de 21 lotes de semilla, cada uno de los cuales procedía de una planta diferente.

Al año siguiente, los 21 lotes de semilla se sembraron en el mismo invernadero, de forma que con cada uno de ellos se estableció una parcela que constaba de 90 plantas (Figura 82).

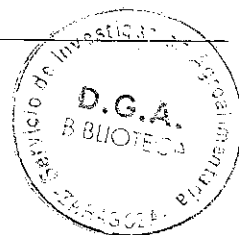
Estas parcelas se seleccionaron atendiendo, no sólo a la resistencia a la subida a flor, sino a otras características de interés, como son la ausencia de pecíolos alados, la uniformidad de la parcela, la no presencia de ciertos tipos de

deficiencias clorofílicas (Figura 83), y la sensibilidad a diferentes enfermedades, particularmente a *Entyloma* y oidio.

Así se seleccionaron 4 parcelas, y con las plantas de éstas se repitió el proceso del año anterior, volviendo a introducir abejas y recolectando las semillas producidas por las plantas de cada parcela de forma independiente.

Se obtuvieron de esta forma, 4 líneas de borraja con buena uniformidad y resistencia a la subida a flor, con las que se realizaron ensayos en los invernaderos del Instituto de Formación Agroambiental de Movera. Como resultado de los mismos, una de ellas, cuyo comportamiento nos pareció más interesante y prometedor y a la que se ha dado la denominación varietal 'Movera' (Figura 84) se incluyó en ensayos en todas las zonas productoras de Aragón.

ENSAYOS COMPARATIVOS



Como se dijo en el apartado anterior, una de las líneas, denominada 'Movera', obtenida durante el proceso de selección de la borraja, se incluyó en 9 ensayos comparativos distribuidos en invernaderos de diferentes zonas productoras de borraja de Aragón, y cuya localización se sitúa gráficamente en la Figura 85.

En todos los ensayos, la línea 'Movera' estuvo acompañada, como control, de la borraja que normalmente usaban los agricultores, y cuyo origen se indicará en cada caso. El diseño experimental de todos los ensayos fue el mismo, parcelas al azar, con 50 plantas por parcela y 5 repeticiones por variedad.

En todos los casos la fecha de recolección vino determinada por la fecha en que las primeras flores eran visibles en las parcelas experimentales. Siempre estas primeras flores pertenecían a las borrajas del agricultor, y no a 'Movera'.

Los parámetros que se determinaron en todos los ensayos, sobre 10 plantas de cada parcela tomadas al azar, fueron: peso de cada planta, peso de los pecíolos, peso de los tallos florales, número de tallos florales, número total de pecíolos, número de pecíolos correspondientes a hojas de los tallos florales, número de pecíolos correspondientes a hojas de la roseta, y longitud de los pecíolos.

A continuación pasamos a describir cada ensayo, de forma individualizada, exponiéndose los resultados obtenidos en cada uno de ellos:

Ensayo realizado en Tarazona

Siembra directa realizada el 3 de diciembre de 1991.

— PRECEDENTE CULTURAL: Judía verde.

— PREPARACIÓN DEL SUELO: Pases de cultivador y de fresadora.

— ABONADO: Abono complejo (15-9-15) de liberación lenta, a razón de 106 Kg / 1000 m².

— PROCEDENCIA DE LA SEMILLA: Semillas Verón.

- MARCO DE PLANTACIÓN: 0,45 m de distancia entre líneas y 0,30 m entre plantas dentro de la línea.
- FECHA DE RECOLECCIÓN: 3 de marzo de 1992.

RESULTADOS

	Peso planta (g)	Peso peciolo (g)	Peso tallos florales (g)	N.º tallos florales	N.º peciolo	N.º pec. en tallos florales	N.º pec. en roseta	Long. peciolo (cm)
Borraja del agricultor	853,8	218,3	372,7	12,2	29,4	21,9	7,5	20,4
Borraja 'Movera'	581,6	283,3	127,2	7,6	33,0	21,9	11,1	22,2
Significación	***	**	***	***	N.S.	N.S.	***	***

Cuadro 5.- Resultados del ensayo comparativo realizado en Tarazona.

(*** = diferencias significativas, $p < 0,001$; ** = diferencias significativas, $p < 0,01$; * = diferencias significativas, $p < 0,05$; N.S. = diferencias no significativas, $p < 0,05$).

El mayor peso por planta, que se ha constatado para la borraja del agricultor, se explica por el mayor desarrollo de los tallos florales detectado en estas plantas. En efecto, el peso de los peciolo, es decir la parte de la planta aprovechable para el consumo, fue significativamente mayor para la borraja 'Movera' que para la del agricultor. De igual forma resultó mayor la longitud de los peciolo de 'Movera', y el número de los mismos, si bien en este caso la diferencia no llegó a ser significativa (Cuadro 5).

Coincidiendo con estos resultados, el peso de los tallos florales y su número, así como el número de hojas de los mismos fue significativamente mayor para la borraja de los agricultores (Cuadro 5).

Estos resultados confirmaron el retraso en los procesos de floración de la variedad 'Movera' con relación a la borraja normalmente utilizada por el agricultor.

Ensayo realizado en San Gregorio (Zaragoza)

La siembra se realizó en bandeja el 9 de enero de 1992, efectuándose el transplante, en caballón, el 28 de febrero de 1992.

- PRECEDENTE CULTURAL: Lechuga
- PREPARACIÓN DEL SUELO: Dos labores de subsolador, dos de cultivador y una de fresa para mezclar el abono.
- ABONADO: Complejo 15-15-15, a razón de 60 Kg / 1000 m², y nitrato amónico en cobertera a razón de 60 Kg / 1000 m².
- PROCEDENCIA DE LA SEMILLA DEL AGRICULTOR: Calatayud.
- MARCO DE PLANTACIÓN: Distancia entre caballones, 60 cm; distancia entre líneas, 30 cm; distancia entre plantas dentro de la línea, 25 cm.
- RECOLECCIÓN: 14 de abril de 1992.

RESULTADOS

	Peso planta (g)	Peso peciolo (g)	Peso tallos florales (g)	N.º tallos florales	N.º peciolo	N.º pec. en tallos florales	N.º pec. en roseta	Long. peciolo (cm)
Borraja del agricultor	511,1	123,9	180,5	10,0	18,7	13,5	5,2	18,2
Borraja 'Movera'	491,6	248,3	70,0	6,9	32,9	22,1	10,8	20,6
Significación	N.S.	***	***	**	***	**	***	***

Cuadro 6.- Resultados del ensayo comparativo realizado en San Gregorio (Zaragoza).

(*** = diferencias significativas, $p < 0,001$; ** = diferencias significativas, $p < 0,01$; * = diferencias significativas, $p < 0,05$; N.S. = diferencias no significativas, $p < 0,05$).

La borraja 'Movera' se comportó, en este ensayo, de forma claramente superior a la borraja del agricultor, ya que si bien ésta tiene tendencia a adquirir más peso, sin que la diferencia sea significativa, tanto el peso de los peciolo, como su número y longitud fueron superiores en 'Movera' que en la borraja del agricultor, y no se debe olvidar que son los peciolo la parte aprovechable de la planta para el consumo (Cuadro 6).

Ensayo realizado en Ejea de los Caballeros

La siembra directa se efectuó el 3 de diciembre de 1991.

- PRECEDENTE CULTURAL: Pimiento.

- PREPARACIÓN DEL SUELO: Subsolado y pase de fresa.
- ABONADO: Complejo 8-15-15, a razón de 70 Kg / 1000 m² en abonado de fondo, y 30 Kg / 1000 m² de nitrato amónico en cobertera.
- SEMILLA DEL AGRICULTOR: "Borraja de flor blanca" de Semillas Verón S.A.
- MARCO DE PLANTACIÓN: Separación de 50 cm entre líneas, y de 30 cm entre plantas dentro de la línea.
- RECOLECCIÓN: 31 de marzo de 1992.

RESULTADOS

	Peso planta (g)	Peso peciolo (g)	Peso tallos florales (g)	N.º tallos florales	N.º peciolo	N.º pec en tallos florales	N.º pec en roseta	Long. peciolo (cm)
Borraja del agricultor	1355,0	381,2	542,5	32,5	24,0	8,5	21,2	12,5
Borraja 'Movera'	841,0	392,0	241,6	42,3	28,0	14,3	22,2	17,0
Significación	*	N.S.	**	*	N.S.	**	N.S.	**

Cuadro 7.- Resultados del ensayo comparativo realizado en Ejea de los Caballeros. (***) = diferencias significativas, $p < 0,001$; ** = diferencias significativas, $p < 0,01$; * = diferencias significativas, $p < 0,05$; N.S. = diferencias no significativas, $p < 0,05$).

Las diferencias no han sido, en este ensayo, claramente significativas a favor de la variedad 'Movera'. El mayor peso de la planta, obtenido con la borraja del agricultor, no se correspondió con un peso de peciolo significativamente mayor en la variedad 'Movera', si bien la tendencia es clara hacia una mayor producción de peciolo en 'Movera' y de tallos florales en la borraja del agricultor (Cuadro 7).

Todos estos datos apuntan hacia la evidencia de que la floración en 'Movera' es más tardía que en la borraja del agricultor. Por otra parte, los peciolo en 'Movera' fueron más largos, como en los anteriores ensayos.

Primer ensayo realizado en Villanueva de Gállego

La siembra directa se realizó el 9 de enero de 1992.

- PRECEDENTE CULTURAL: Pepino.

- PREPARACIÓN DEL SUELO: Labor de subsolado y fresa.
- ABONADO: Aporte de 90 Kg / 1000 m² del complejo 15-15-15 como abonado de fondo, y 35 Kg / 1000 m² de nitrato amónico, en cobertera.
- SEMILLA DEL AGRICULTOR: "Borraja de flor blanca", de Semillas Verón S.A.
- MARCO DE PLANTACIÓN: Separación entre líneas de 50 cm, y de 30 cm entre plantas dentro de la línea.
- RECOLECCIÓN: 9 de abril de 1992.

RESULTADOS

	Peso planta (g)	Peso peciolo (g)	Peso tallos florales (g)	N.º tallos florales	N.º peciolo	N.º pec en tallos florales	N.º pec en roseta	Long. peciolo (cm)
Borraja del agricultor	714,3	268,3	241,2	26,5	18,2	8,3	24,1	8,1
Borraja 'Movera'	614,3	349,3	70,1	30,3	11,7	18,5	27,3	13,6
Significación	**	**	***	N.S.	*	***	***	**

Cuadro 8.- Resultados del primer ensayo comparativo realizado en Villanueva de Gállego. (***) = diferencias significativas, $p < 0,001$; ** = diferencias significativas, $p < 0,01$; * = diferencias significativas, $p < 0,05$; N.S. = diferencias no significativas, $p < 0,05$).

El mayor peso por planta producido por la borraja cultivada por el agricultor, fue debido a una mayor precocidad en la emisión de tallos florales. Por el contrario el número, el peso y la longitud de los peciolo fue mayor en 'Movera' que en la borraja del agricultor, aunque en el caso del número de peciolo la diferencia no llegó a ser significativa (Cuadro 8).

Segundo ensayo realizado en Villanueva de Gállego

Se realizó siembra directa el 23 de noviembre de 1991.

- PRECEDENTE CULTURAL: Tomate.
- PREPARACIÓN DEL SUELO: Labor de subsolado y labor de fresa.
- ABONADO DE COBERTERA: El 20 de enero de 1992, en el estado de 4 hojas, se aplicaron 130 Kg / 1000 m² de nitrato amónico del 33,5 %.



- SEMILLA DEL AGRICULTOR: La "Borraja de flor blanca" de Semillas Verón S.A.
- MARCO DE PLANTACIÓN: La distancia entre líneas fue de 50 cm, y de 30 cm la de plantas dentro de la línea.
- RECOLECCIÓN: 23 de mayo de 1992.

RESULTADOS

	Peso planta (g)	Peso pecíolos (g)	Peso tallos florales (g)	N.º tallos florales	N.º pecíolos	N.º pec. en tallos florales	N.º pec. en roseta	Long. pecíol (cm)
Borraja del agricultor	636,6	437,0	—	34,4	27,9	19,4	8,5	5,0
Borraja 'Movera'	543,2	504,6	—	25,2	26,7	7,6	19,1	10,2
Significación	**	**	—	*	N.S.	**	N.S.	***

Cuadro 9.- Resultados del segundo ensayo comparativo realizado en Villanueva de Gállego. (***) = diferencias significativas, $p < 0,001$; ** = diferencias significativas, $p < 0,01$; * = diferencias significativas, $p < 0,05$; N.S. = diferencias no significativas, $p < 0,05$).

La borraja 'Movera' no produjo más pecíolos que la del agricultor, mientras que ésta alcanzó un mayor peso. Este mayor peso podría atribuirse a que, en la borraja del agricultor, los tallos florales alcanzaron un mayor desarrollo. Aunque, en este ensayo, no se tomaron datos de peso de tallos florales, si es posible justificar la afirmación anterior dado que el número de los mismos fue mayor en la borraja del agricultor que en 'Movera', y que por el contrario el peso de los pecíolos fue mayor para 'Movera'. Los pecíolos en 'Movera', como en todos los ensayos descritos, fueron más largos que en la borraja del agricultor (Cuadro 9).

Primer ensayo realizado en Montañana (Zaragoza)

La siembra se realizó el 15 de enero de 1992, para posteriormente efectuar el transplante los días 3 y 4 de febrero de 1992.

- PRECEDENTE CULTURAL: Borraja.
- PREPARACIÓN DEL SUELO: Labor de subsolado y de fresa.

- ABONADO DE FONDO: Aplicación de 100 Kg / 1000 m² como abonado de fondo, y de 100 Kg / 1000 m² de nitrato amónico en cobertera.
- SEMILLA DEL AGRICULTOR: Semillas Ramiro Arnedo.
- MARCO DE PLANTACIÓN: Separación de 50 cm entre líneas y de 30 cm entre plantas dentro de la línea.
- RECOLECCIÓN: 9 de abril de 1992.

RESULTADOS

	Peso planta (g)	Peso pecíolos (g)	Peso tallos florales (g)	N.º tallos florales	N.º pecíolos	N.º pec. en tallos florales	N.º pec. en roseta	Long. pecíol (cm)
Borraja del agricultor	825,2	388,1	161,4	39,3	20,5	18,8	24,0	7,9
Borraja 'Movera'	714,9	422,2	42,5	44,5	12,4	32,9	26,5	13,1
Significación	*	*	***	N.S.	**	**	***	**

Cuadro 10.- Resultados del primer ensayo comparativo realizado en Montañana (Zaragoza).

(***) = diferencias significativas, $p < 0,001$; ** = diferencias significativas, $p < 0,01$; * = diferencias significativas, $p < 0,05$; N.S. = diferencias no significativas, $p < 0,05$).

El peso de los pecíolos de 'Movera' fue mayor que el de los pecíolos de la borraja del agricultor. Si se tiene en cuenta que no hubo diferencias significativas entre las dos borrajas para el número de pecíolos, el mayor peso de los mismos, detectado en 'Movera', ha de deberse a la mayor longitud que alcanzan (Cuadro 10).

Teniendo en cuenta lo anterior, el mayor peso alcanzado por las plantas en la borraja del agricultor, se debió al mayor desarrollo que en la misma alcanzan los escapos florales. Es decir en estas plantas el proceso de floración se produjo antes que las plantas pertenecientes a 'Movera'.

Segundo ensayo realizado en Montañana (Zaragoza)

La siembra se realizó, en taco, el 22 de enero de 1992, para realizar el transplante el 10 de febrero. Por razones de disponibilidad de agua para

riego, el trasplante se realizó muy pronto en el estado de cotiledones abiertos.

- PRECEDENTE CULTURAL: Borraja.
- PREPARACIÓN DEL SUELO: Pases de subsolador y de fresa.
- ABONADO: Aplicaciones de 100 Kg / 1000 m² del abono complejo 15-15-15, como abonado de fondo, y de 100 Kg / 1000 m² de nitrato amónico del 33,5 % en cobertera.
- SEMILLA DEL AGRICULTOR: "Borraja de flor blanca" de Semillas Ramiro Arnedo.
- MARCO DE PLANTACIÓN: Separación de 50 cm entre líneas y de 30 cm entre plantas dentro de la línea.
- RECOLECCIÓN: El 22 de abril de 1992.

RESULTADOS

	Peso planta (g)	Peso pecíolos (g)	Peso tallos florales (g)	N.º tallos florales	N.º pecíolos	N.º pec en tallos florales	N.º pec en roseta	Long. pecíol. (cm)
Borraja del agricultor	677,5	296,5	185,4	32,3	20,8	11,5	25,7	14,1
Borraja 'Movera'	653,4	447,6	94,2	41,8	20,7	21,1	27,8	15,2
Significación	N.S.	***	***	*	N.S.	***	**	N.S.

Cuadro 11.- Resultados del segundo ensayo comparativo realizado en Montañana (Zaragoza).

(*** = diferencias significativas, $p < 0,001$; ** = diferencias significativas, $p < 0,01$; * = diferencias significativas, $p < 0,05$; N.S. = diferencias no significativas, $p < 0,05$).

Como se ha dicho en varias ocasiones anteriores, la parte aprovechable de la borraja son los pecíolos, y en este ensayo la variedad 'Movera' produjo más y más largos pecíolos que la borraja normalmente empleada por el agricultor (Cuadro 11).

Por otra parte, dado el mayor peso alcanzado por los escapos florales en la borraja del agricultor, es evidente un retraso en el proceso de floración de la variedad 'Movera'.

Ensayo realizado en Andorra (Teruel)

La siembra, directa, se realizó el 3 de diciembre de 1991.

- PRECEDENTE CULTURAL: Tomate.
- PREPARACIÓN DEL SUELO: Dos labores de fresa.
- ABONADO DE FONDO: Aplicación de 150 Kg / 1000 m² del complejo 14-34-14, como abonado de fondo, y dos aportaciones de 35 y 50 Kg / 1000 m² de nitrato potásico en cobertera.
- MARCO DE PLANTACIÓN: 31 plantas / m². Densidad excesiva, debido a la cual no se ha producido emisión de brotes axilares y las plantas se han ahilado.
- RECOLECCIÓN: El 13 de marzo de 1992.

RESULTADOS

	Peso planta (g)	Peso pecíolos (g)	Peso tallos florales (g)	N.º tallos florales	N.º pecíolos	N.º pec en tallos florales	N.º pec en roseta	Long. pecíol. (cm)
Borraja del agricultor	270,0	199,0	—	21,6	9,8	10,8	31,9	—
Borraja 'Movera'	298,0	227,6	—	28,8	15,4	13,4	36,6	—
Significación	N.S.	*	—	*	**	N.S.	***	—

Cuadro 12.- Resultados del ensayo comparativo realizado en Andorra (Teruel).
(*** = diferencias significativas, $p < 0,001$; ** = diferencias significativas, $p < 0,01$; * = diferencias significativas, $p < 0,05$; N.S. = diferencias no significativas, $p < 0,05$).

En este ensayo no se han llegado a desarrollar los escapos florales, lo que hizo que los pesos alcanzados por las plantas de 'Movera' y del agricultor fueron similares, o incluso con tendencia a ser superiores en 'Movera', al contrario de lo que sucedió en los ensayos descritos con anterioridad. Sin embargo, en este ensayo, sí se pudo observar con claridad la capacidad de 'Movera' para producir más y más largos pecíolos (Cuadro 12)

Ensayo realizado en Alcañiz

La siembra, directa, se efectuó los días 3 y 4 de abril de 1991.

— PRECEDENTE CULTURAL: Tomate.

— PREPARACIÓN DEL SUELO: Una labor del fresa.

— ABONADO DE FONDO: Aplicación de 120 Kg / 1000 m² del complejo 9-18-27, como abonado de fondo.

— SEMILLA DEL AGRICULTOR: Mezcla de semillas de "Borraja de flor blanca" de Semillas Verón S.A. y de Semillas Batlle S.A.

— MARCO DE PLANTACIÓN: Separación de 40 cm entre líneas, y de 30 cm entre plantas dentro de la línea.

— RECOLECCIÓN: El 20 de abril de 1992.

RESULTADOS

	Peso planta (g)	Peso pecíolos (g)	Peso tallos florales (g)	N.º tallos florales	N.º pecíolos	N.º pec en tallos florales	N.º pec en roseta	Long. pecíol. (cm)
Borraja del agricultor	546,6	386,6	—	13,3	—	—	23,4	—
Borraja 'Movera'	701,6	503,3	—	19,0	—	—	27,2	—
Significación	**	**	—	***	—	—	***	—

Cuadro 13.- Resultados del ensayo comparativo realizado en Alcañiz.

(*** = diferencias significativas, $p < 0,001$; ** = diferencias significativas, $p < 0,01$; * = diferencias significativas, $p < 0,05$; N.S. = diferencias no significativas, $p < 0,05$).

Al igual que en el ensayo anterior, también en este caso la recolección se realizó antes de que las plantas se subieran a flor. Esto nos permitió comprobar como la borraja 'Movera' produjo más y más largos pecíolos que la borraja usada por el agricultor, lo que se tradujo en un mayor peso de las plantas pertenecientes a 'Movera' (Cuadro 13).

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados expuestos hasta aquí se puede concluir lo siguiente:

- El peso de la borraja 'Movera' tendió a ser ligeramente inferior al de las variedades cultivadas por los agricultores, cuando se cortaban al mismo tiempo. Es importante señalar que la fecha de recolección, en todos los casos, ha venido determinada por el estado de la borraja del agricultor, que en ese momento comenzaba a subirse no siendo posible retrasar la recolección, mientras que en el caso de la borraja 'Movera' habría sido posible retrasar la recolección hasta el mismo estado con lo que su peso habría sido previsiblemente superior.

Sin embargo el peso, número y longitud de los pecíolos siempre ha sido superior en la borraja 'Movera', no hay que olvidar que los pecíolos son la parte que se consume de la planta, mientras que el peso de los tallos florales siempre fue superior en el caso de las plantas de los agricultores. Esto se puede sintetizar diciendo que la calidad de la borraja 'Movera' fue siempre superior a la de las borrajas cultivadas por los agricultores.

A la vista de los resultados obtenidos, y de las opiniones manifestadas por los agricultores que han conocido y trabajado con la variedad 'Movera', aparece claro el interés de utilizar esta nueva variedad como solución al problema de la subida a flor primaveral de este cultivo. La borraja 'Movera', en cualquier caso permitirá alargar el ciclo de la cosecha bajo invernadero y en cada explotación programar mejor la cosecha escalonando la producción.

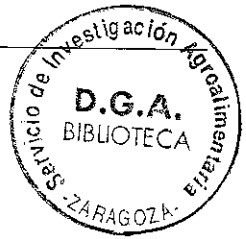
El trabajo sobre borraja debería continuar, en nuestra opinión, con los siguientes objetivos:

- Continuación de los trabajos de selección que se vienen llevando a cabo, y que se han expuesto hasta aquí, con el objetivo de desarrollar nuevas líneas resistentes a la subida a flor y, a la vez, con alta productividad.
- Estudio de la epidemiología de las enfermedades de la especie, cuya incidencia es de esperar que experimente un incremento importante debido a la intensificación del cultivo.

- Estudio de los factores que influyen en la subida a flor.
- Búsqueda de algunas variantes que no se encuentran en la naturaleza, por lo que se debería comenzar una mejora por mutagénesis, buscando, preferentemente, la menor dehiscencia posible.
- La expansión del cultivo protegido puede favorecer la recuperación de esta hortaliza marginada, que podría contribuir a diversificar la producción y mejorar la oferta en regiones de importancia agrícola y que sin embargo dependen de un número reducido de cultivos.
- En relación con el consumidor, para las regiones donde no existe una tradición de su uso, sería necesario presentar la borraja pelada y debidamente empaquetada, reduciendo el trabajo de preparación culinaria. El aspecto piloso y rústico de la planta puede causar un cierto rechazo, que se podría evitar con una adecuada limpieza y presentación.
- También convendría efectuar una selección para obtener individuos con bajo contenido en lisiocarpina, alcaloide pirrolizidínico, aunque ya su contenido no es excesivamente alto.
- En vista de los resultados obtenidos con la variedad 'Movera', el día 20 de octubre de 1992 se procedió a solicitar su inscripción en el Registro de Variedades Comerciales del Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero.

Este trámite fue considerado como necesario para proceder a la producción y comercialización de 'Movera' como variedad comercial por parte de alguna empresa productora de semillas de especies hortícolas, a fin de que la variedad llegue a ser utilizada por los agricultores en el plazo más breve posible. En este momento la Diputación General de Aragón está a punto de publicar las bases, bajo las cuales se podrá proceder a la explotación y comercialización de dicha variedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



ÁLVAREZ J., COTRINA F., 1983. Mejora de la resistencia a la subida a flor de la lechuga 'Zaragozana'. I Congreso Nacional de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Valencia, 479-484.

ATALLAH M.A., ALY F.K., ESHBAH H.M., 1989. Pollen gathering activity of worker honeybees, on field crops and medicinal plants in Minia region, Middle Egypt. Proc. IVth Internat. Conf. Apiculture in Tropical Climates, Cairo, Egipto, 6-10 de noviembre, 1988, 109-115.

BEAUBAIRE N.A., SIMON J.E., 1987. Production potential of *Borago officinalis* L. Acta Hort., 208, 101-113.

BONNIER G., LAYENS D de, 1966. Flore Complete portative de la France, de la Suisse et de la Belgique. Librairie Générale de l'Enseignement, 428 pp.

BRENNER, R.R., 1977. Regulatory function of delta 6 desaturase-key enzyme of polyunsaturated fatty acid synthesis. In: Function and biosynthesis of lipids, 83, 85-101. Adv. Exp. Med. Biol. Plenum Press, NY.

CARRAVEDO M., OCHOA M.J., 1991. Situación de los recursos fitogenéticos hortícolas en España. Simposio Latino-Americano sobre Recursos Fitogenéticos de Especies Hortícolas. Sesión: Genética y Mejoramiento Genético, 22.

CORBET S.A., KERSLAKE C.J.C., BROWN D., MORLAND N.E., 1984. Can bees select nectar-rich flowers in a patch?. J. Apic. Res., 23, 234-242.

COTRINA F., 1991. Campos de ensayo sobre marcos de plantación en borraja Surcos de Aragón, 31, 11-13.

CROWE L.K., 1971. The polygenic control of outbreeding in *Borago officinalis*. Heredity, 27, 111-118.

CHITT M.A., GERARD M., MARECHAL J., 1985. La culture des plantes medicinales aromatiques et condimentaires dans le sud du Maroc: compte-rendu d'un voyage dans les zones d'Agadir, Marrakech,, Quarzazate and Tata. Tropicultura, 3, 29-32.

DAL BELLO G.M., PERELLO A.E., 1988. Necrosis foliar severa de la borraja, una nueva enfermedad causada por *Alternaria alternata* (Fr.) Keiss. Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg., 3, 347-354.

- FERNÁNDEZ-CAVADA S., 1990. El carbón de la borraja, *Entyloma serotinum*. Surcos de Aragón, 20, 24-25.
- FONT QUER P., 1980. Plantas medicinales, 12ª edición. Editorial Labor S.A. Barcelona.
- GALWEY N.W., SHIRLIN A.J., 1990. Selection of borage (*Borago officinalis*) as a seed crop for pharmaceutical uses. Heredity, 65, 249-257.
- GENDERS R., 1988. Plantas silvestres comestibles. Editorial Blume. Barcelona.
- GILL N.C., VEAR K.C., 1965. Botánica Agrícola. Editorial Acribia, Zaragoza, 726 pp.
- GRIFFITHS G., HAKMAN I., TILLBERG E., HELLMAN M., STYMME S., STOBART K., 1988. The biosynthesis of triacylglycerols in oil-seeds with perspective view on the role of plant growth regulators. Monograph. Brit. Plant Growth Reg. Group., 17, 11-32.
- HARTRATH H., 1984. Gemusenkulturen fur den frostfreien Anbau under glas. Deutscher-Gartenbau, 38, 570-571.
- HERRERA A., 1539. Agricultura General, 2ª Edición. Editorial del Ministerio de Agricultura.
- IVANOVA A.S., BARANOVA S.V., 1982. Microelements in condiment plant infusions. Horticultural Abstracts, 1984, 54, Ref. 6434.
- JANICK J., SIMON J.E., WHIPKEY A., 1987. 'In vitro' propagation of borage. HortScience, 22, 493-495.
- JORGENSEN I., 1988. Experiments on alternative crops. Horticultural Abstracts, 58, Ref. 9107.
- LEACH C.R., MAYO O., BURGER R., 1990. Quantitatively determined self-incompatibility. 2.- Outcrossing in *Borago officinalis*. Theor. appl. Genet., 79, 427-430.
- LUIS ARTEAGA M., 1989. Virosis de la borraja. Surcos de Aragón, 18, 18-20.
- LUIS ARTEAGA M., GARCÍA ARENAL F., RODRÍGUEZ CERESO E., 1996. Characterisation of a strain of clover yellow vein potyvirns infecting borage *Borago officinalis* L. in Spain. Plant Pathol. 45, 38-44.
- LUTHY J., BRAUCHLI J., ZWEIFEL U., SCHMID P., SCHLATTER C., 1984. Pyrrolizidine alkaloids in medicinal plants of the *Boraginaceae*: *Borago officinalis* L. and *Pulmonaria officinalis* L. Pharmac. Acta Helvet., 59, 242-246.
- MAROTO J.V., 1982. Horticultura herbácea especial. Editorial Mundi Prensa, Madrid, 396 pp.

- MARTÍN D., ALBISU L.M., 1990. Comercialización de las hortalizas de invernadero de Zaragoza. Diputación General de Aragón, Servicio de Investigación Agraria, Unidad de Economía y Sociología Agraria, Documento de trabajo 90/1, 109 pp.
- MAYO O., LEACH C.R., 1989. Quantitatively determined self-incompatibility. 1. Theoretical considerations. Theor. appl. Genetics, 77, 375-378.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1989. Anuario estadístico de la producción vegetal. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Madrid.
- MONTANER OTÍN C., 1997. Biología floral y reproductiva de la borraja *Borago officinalis* L. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza. 146 pp.
- MUUSE B.G., ESSERS M.L., van SOEST L.J.M., 1988. *Oenothera* species and *Borago officinalis*: sources of gamma-linolenic acid. Neth. J. Agr. Sci., 36, 357-363.
- NUEZ F., 1992. Horticolas marginadas. En: Cultivos marginados. Otra perspectiva de 1492. HERNÁNDEZ BERMEJO J.E., LEON J. (Eds.). Colección FAO Producción y Protección Vegetal nº 26, 303-332.
- POLUNIN O., 1972. Guía de campo de las flores de Europa. Ediciones Omega S.A., 796 pp.
- PROL J.M., 1992a. La horticultura de invernadero en Aragón (I). Surcos de Aragón, 34, 10-21.
- PROL J.M., 1992b. La horticultura de invernadero en Aragón (II). Surcos de Aragón, 35, 28-33.
- QUINN J., SIMON J.E., JANICK J., 1989a. Recovery of gamma-linolenic acid from somatic embryos of borage. J. Amer. Soc. Hortic. Sci., 114, 511-515.
- QUINN J., SIMON J.E., JANICK J., 1989b. Histology of zygotic and somatic embryogenesis in borage. J. Amer. Soc. Hortic. Sci., 114, 516-520.
- RAWLINSON C.J., DOVER P.A., 1986. Pests and diseases of some new and potential alternative arable crops for the United Kingdom. British Crop Protection Conference. Pests and diseases. Vol. 2. Proc. of a conference held at Brighton Metropole, Nov. 17-20, 721-732.
- RYDER E.J., 1979. Leafy salad vegetables. A.V.I. Publishing Company, INC. Westport, Connecticut. 266 pp.
- SÁNCHEZ MONGE E., 1974. Fitogenética. (Mejora de plantas). Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. 456 pp.

- STRASBURGER E., NOLL F., SCHENCK H., SCHIMPER A.F.W., 1894. Tratado de Botánica. 5ª Edición española. Editorial Marín S.A., 1968. 651 pp.
- VILLAR PÉREZ L., PALACÍN LATORRE J.M., CALVO EITO C., GÓMEZ GARCÍA D., MONSERRAT MARTÍ G., 1992. Plantas medicinales del Pirineo Aragonés y demás tierras oscenses. 2ª edición. C.S.I.C., Diputación Provincial de Huesca. 288 pp.
- VOLTOLINA G., 1987. Prospettive di sviluppo della coltivazione delle piante officinali nei territori montani e risultati di alcune prove colturali condotte nel Consiglio. Atti convegno sulla coltivazione delle piante officinali, Trento, 9-10 oct. 1986, 291-304.
- WHIPKEY A., SIMON J.E., JANICK J., 1988. 'In vivo' and 'in vitro' lipid accumulation in *Borago officinalis* L. J. Amer. Soc. Hortic. Sci., 111, 798-807.
- WHITE A., HANDLER P., SMITH E.L., HILL R.L., LEHMAN I.R., 1978. Lipid metabolism III. The prostaglandins. En: Principles of biochemistry. McGraw-Hill, New York, 634-647.
- WILLIS A.L., 1981. Nutritional and pharmacological factors in eicosanoid biology. Nutr. Rev., 39, 289-301.
- WRIGHT S., BURTON J.L., 1982. Oral evening-primrose seed oil improves atopic eczema. Lancet, 8308, 1120-1122.

FIGURAS

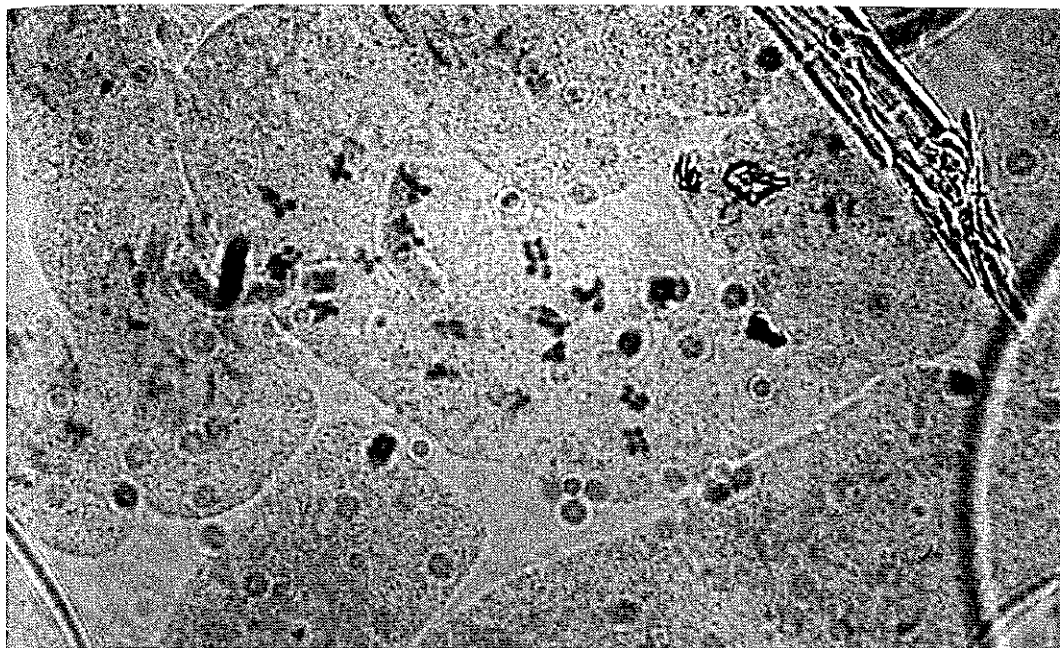


Figura 1. Cromosomas de borraja.

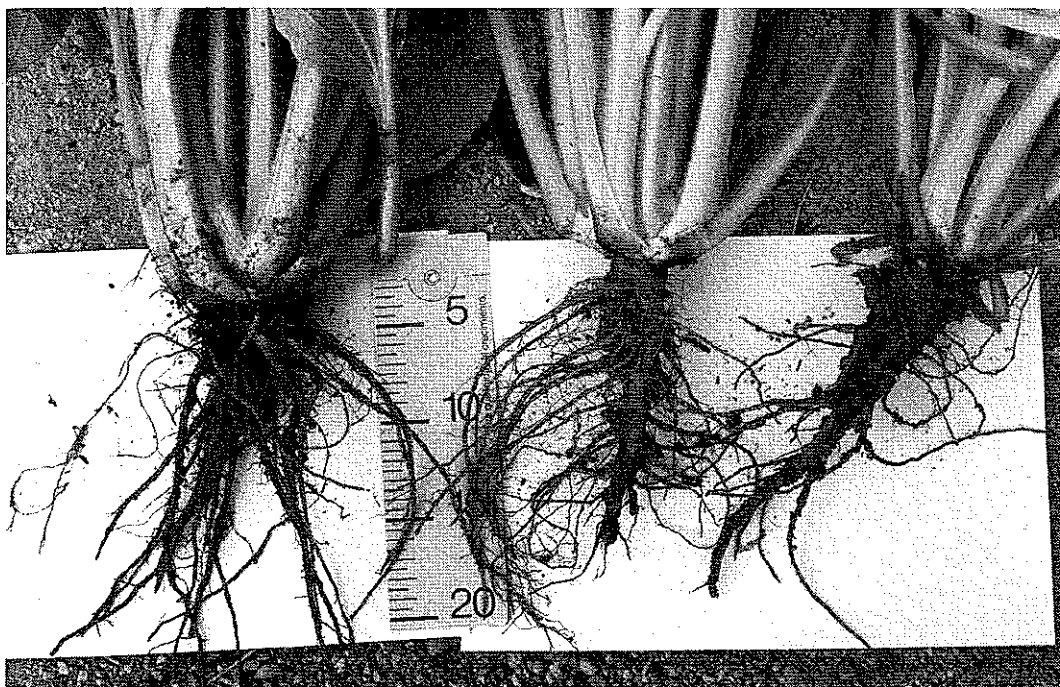


Figura 2. Raíces pivotantes a la derecha (siembra directa) y fasciculada a la izquierda (trasplante en cepellón).



Figura 3. Tallo hueco de una planta de borraja.

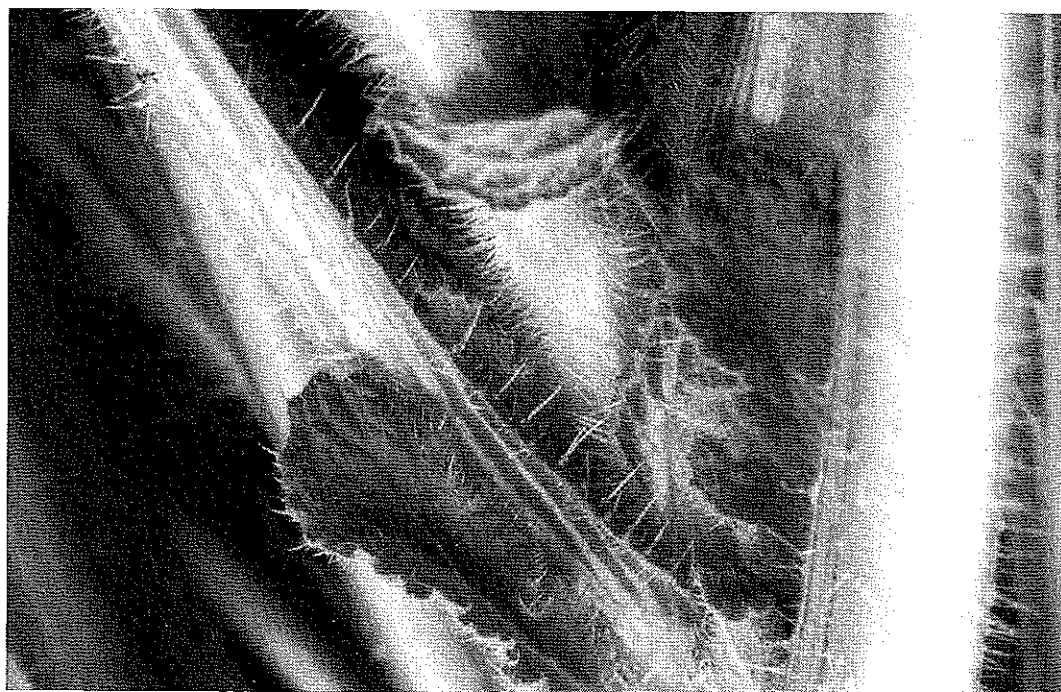


Figura 4. Pelos o tricomas característicos.

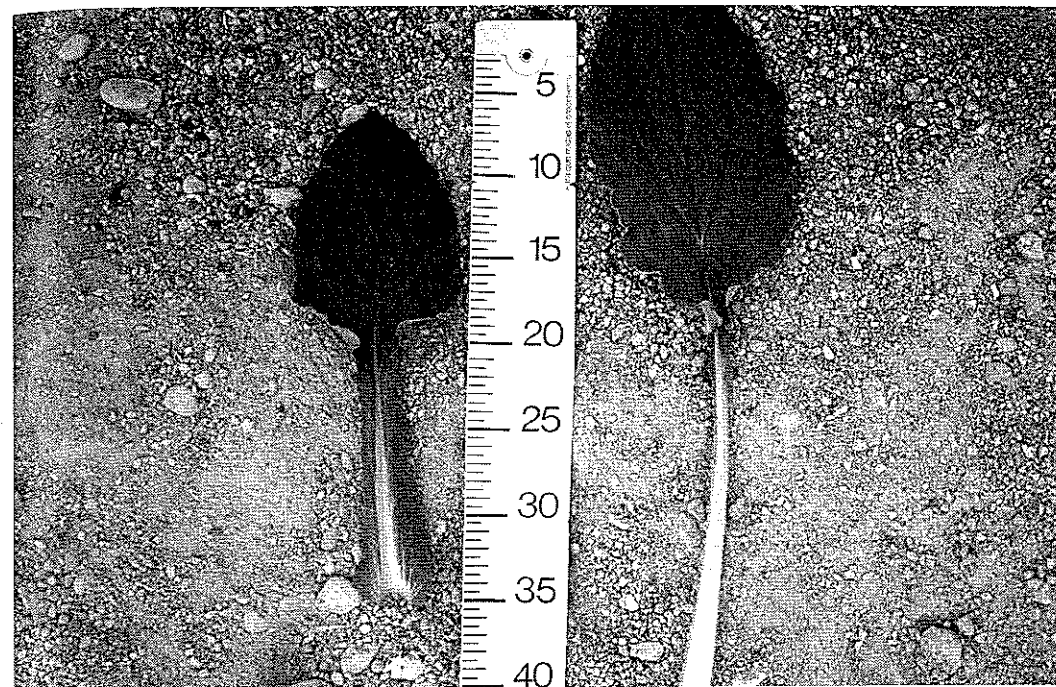


Figura 5. Hojas alada y sin alas.

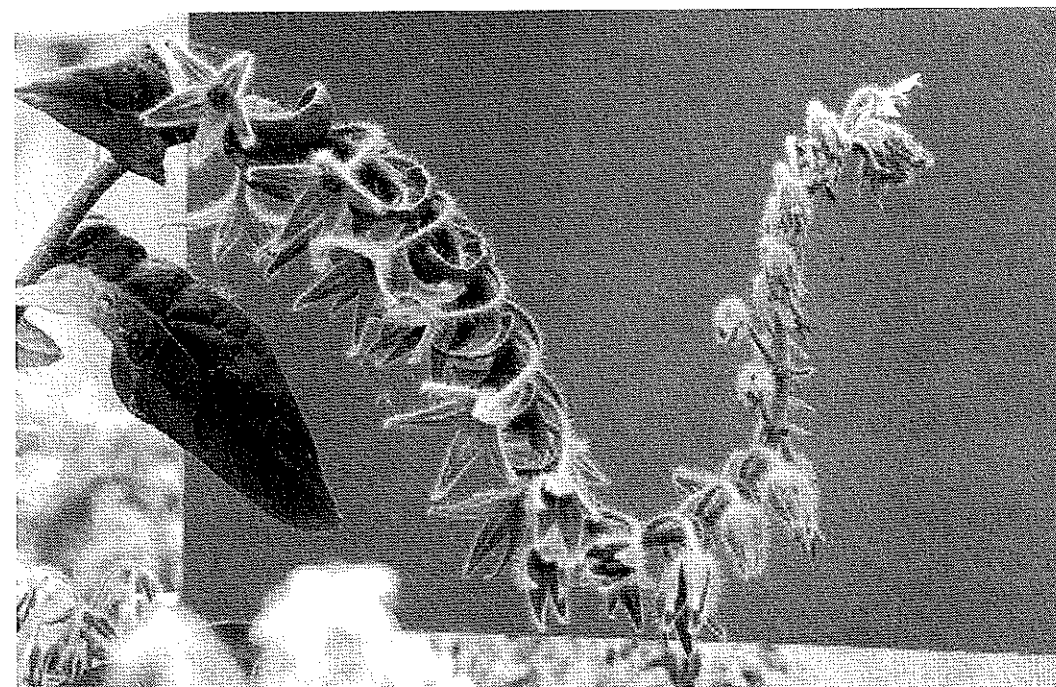


Figura 6. Inflorescencia.



Figura 7. Cáliz, corola y cono estaminal.

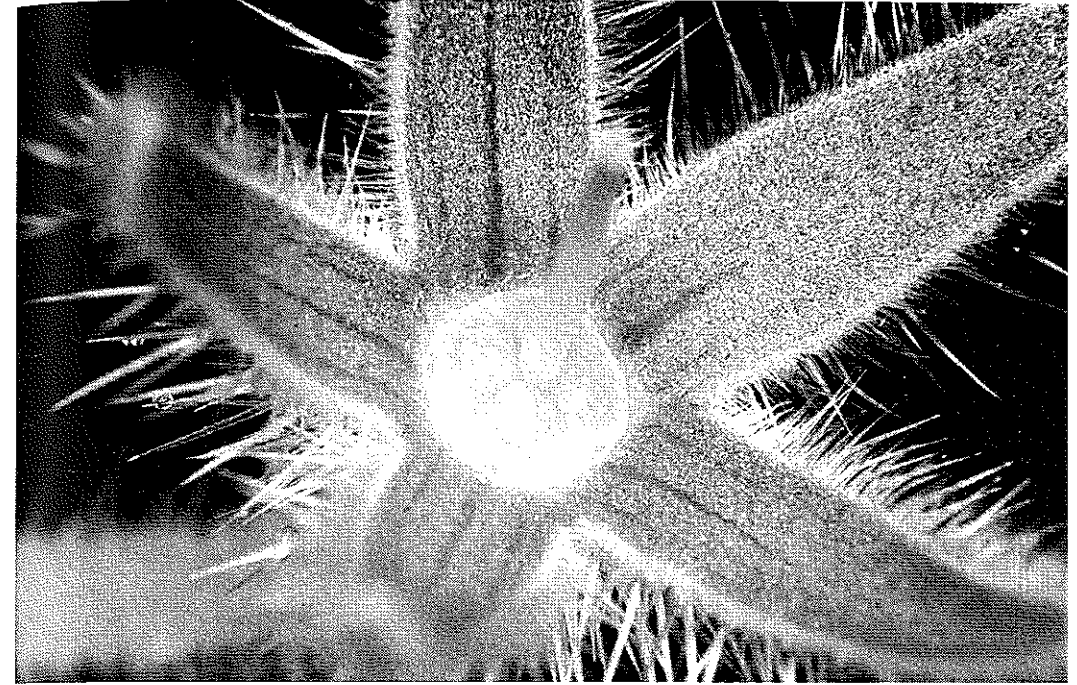


Figura 8. Gineceo.



Figura 9. Dehiscencia de la semilla, la zona blanca de la misma es la carúncula.

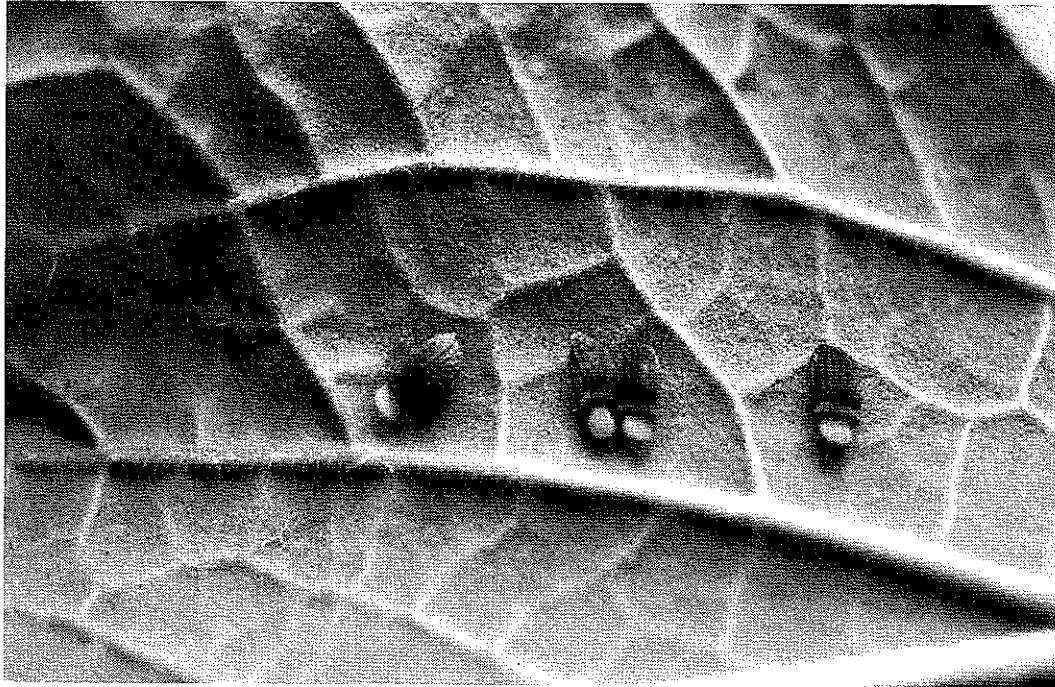


Figura 10. Semilla desprendida.



Figura 11. Abeja polinizando.

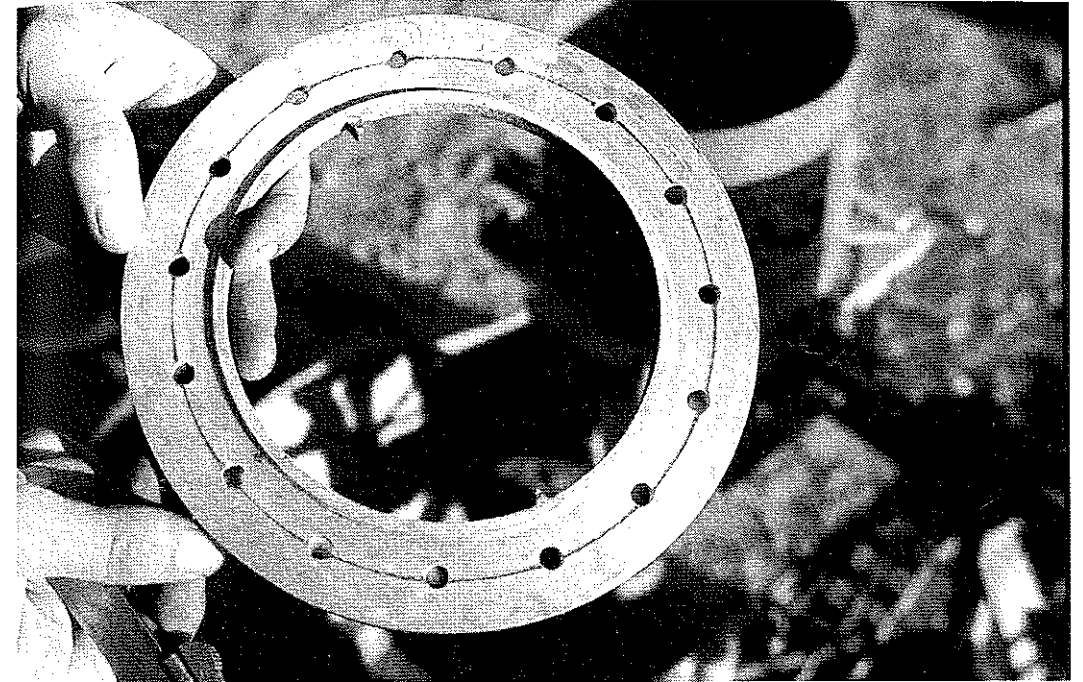


Figura 12. Disco de alveolos para siembra directa.

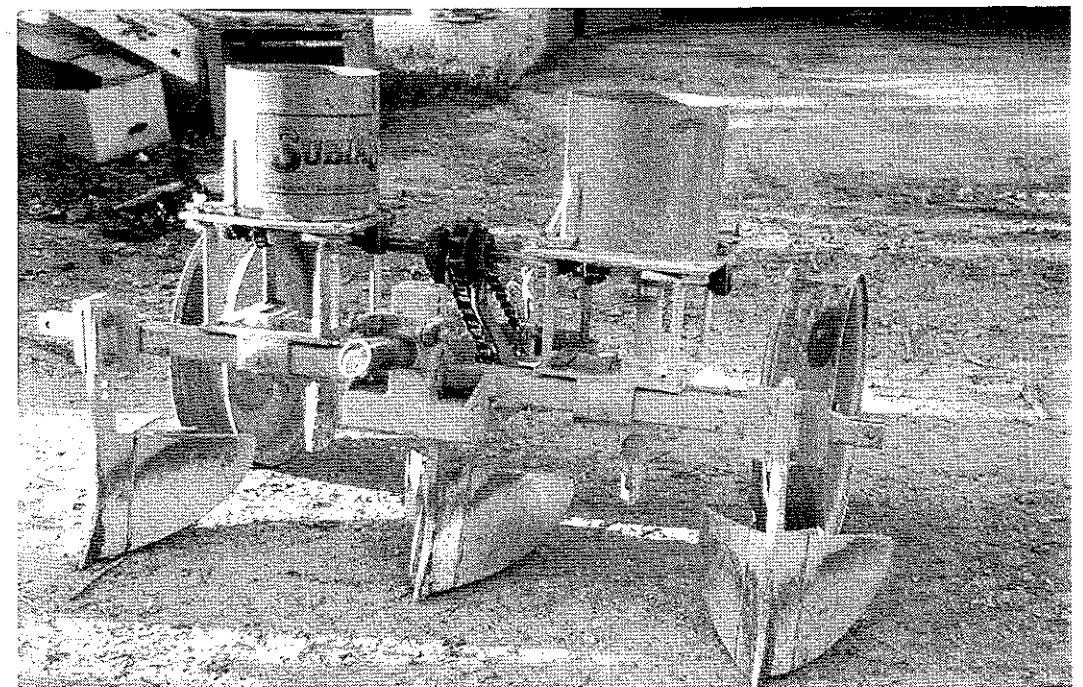


Figura 13. Máquina sembradora utilizada en borraja, adaptada para mocultor.

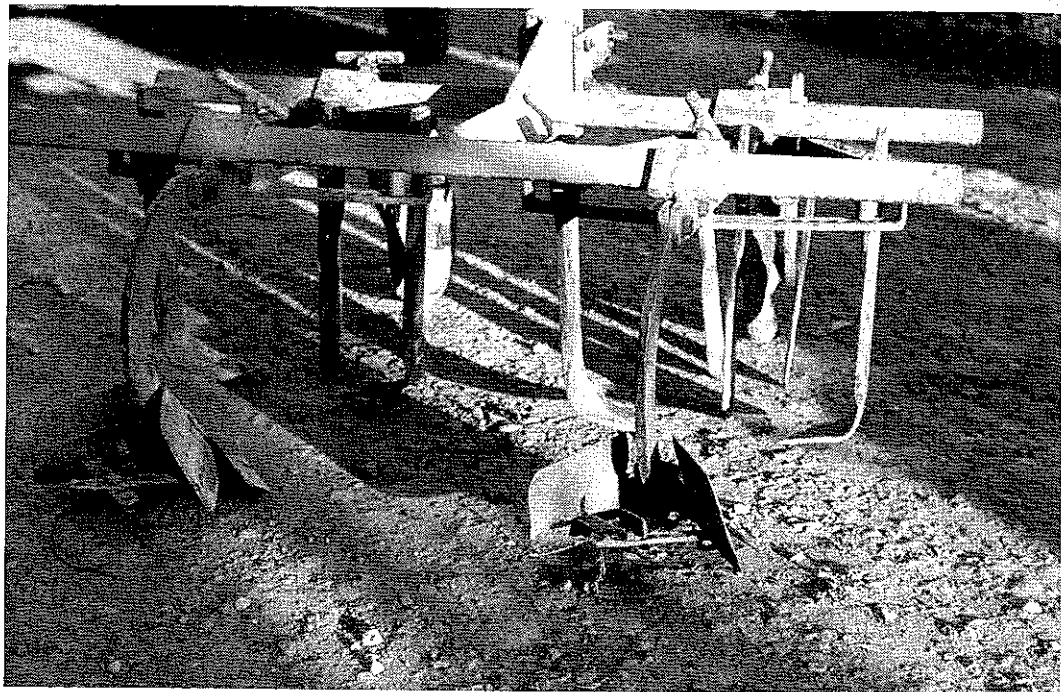


Figura 14. Binadora utilizada en cultivo de siembra directa de borraja.



Figura 15. Recolección manual de borraja.



Figura 16. Peciolos largos de un cultivo en invernadero.



Figura 17. Daños producidos por ratones.



Figura 18. Babosas y daños en plántula.



Figura 19. Pulgones en hoja de borraja.



Figura 20. Síntomas de *Entyloma serotimum* en hojas de borraja.



Figura 21. Síntomas de oidio en hoja de borraja.



Figura 22. Daños de *Sclerotinia* en borraja.

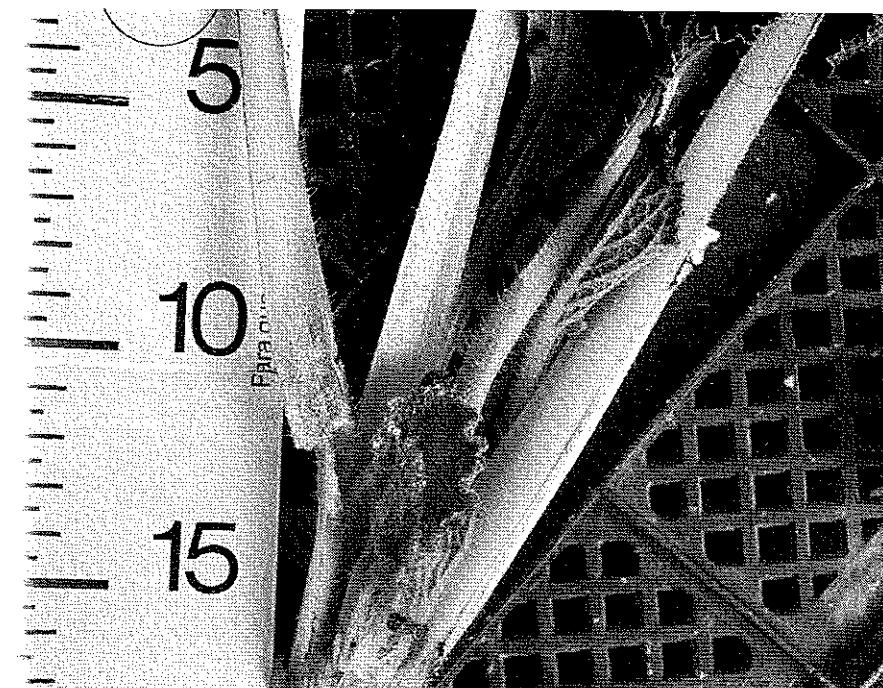


Figura 23. Daños de *Botrytis* en borraja.



Figura 24. Planta de borraja afectada por el virus del mosaico del pepino.



Figura 25. Subida a flor, a la salida del invierno, de una planta pequeña.



Figura 26. Subida a flor simultánea de un campo de borraja a salida del invierno.

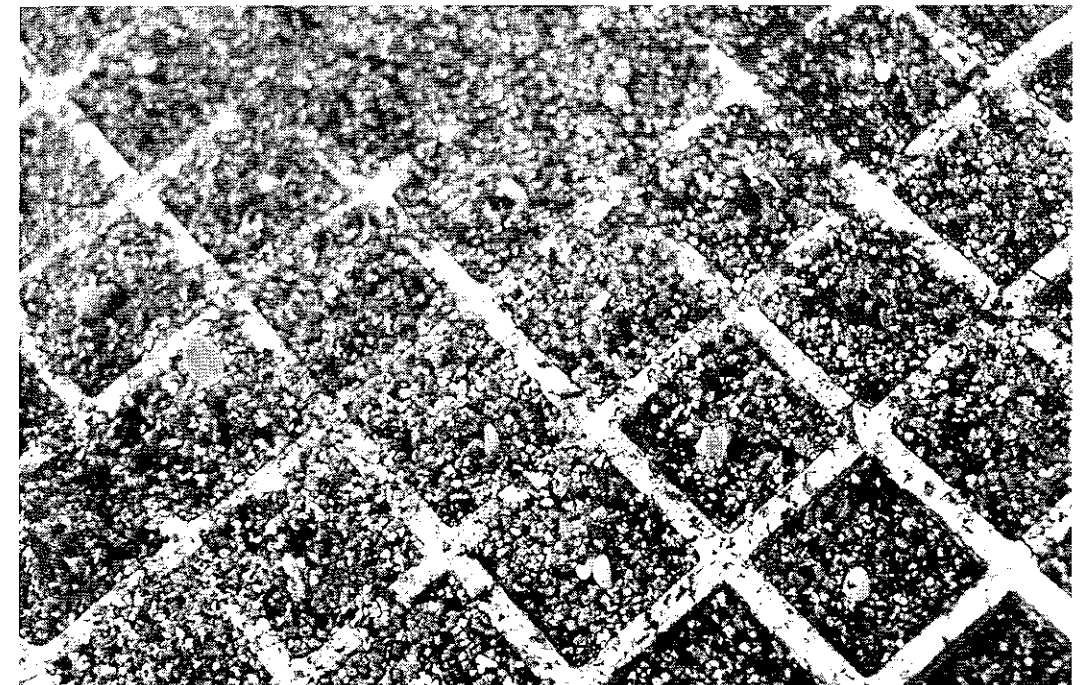


Figura 27. Nascencia de la borraja. Cotiledones plegados y abriéndose.



Figura 28. Cotiledones abiertos en "u" o paralelos al suelo.



Figura 30. Planta con la segunda hoja a punto de abrirse.



Figura 29. Plantas en Estado Fenológico de una hoja.



Figura 31. Trasplante. Plantas a dos hojas y apareciendo la tercera.



Figura 32. Planta en Estado Fenológico de tres hojas.

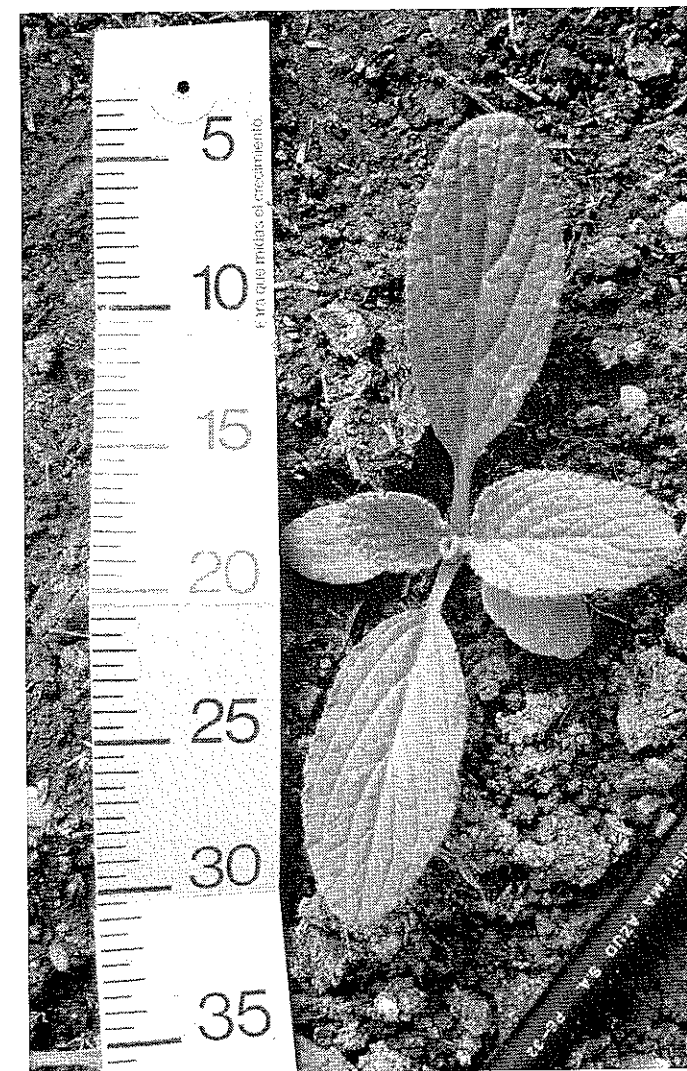
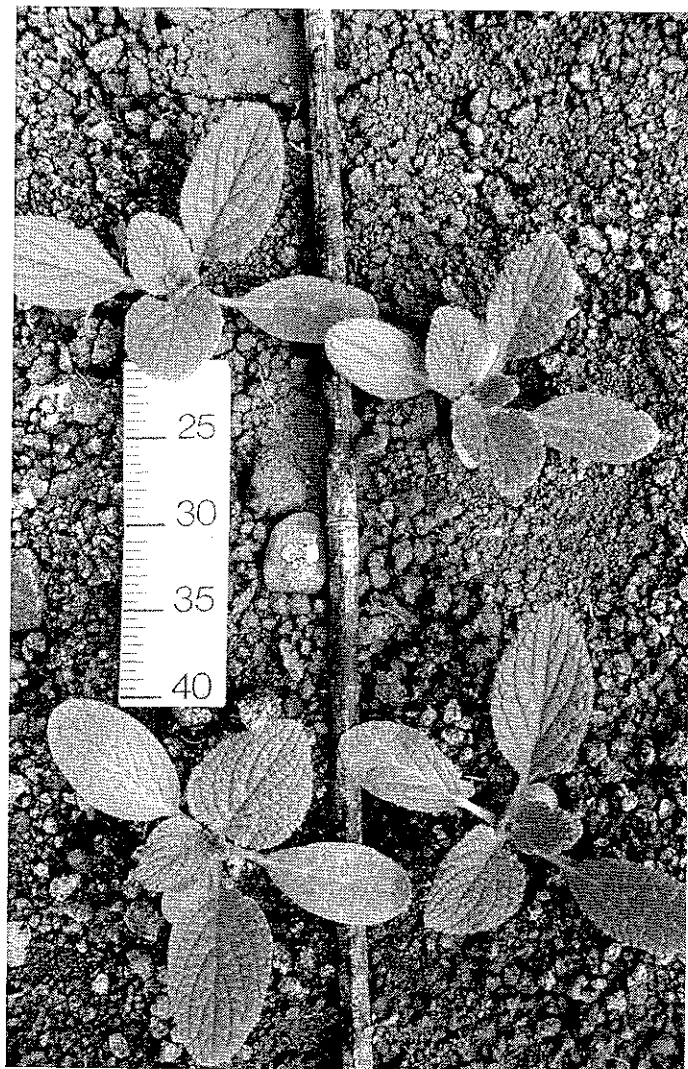


Figura 33. Estado Fenológico de cuatro hojas.



*Figura 34. Estado Fenológico de cinco hojas.
Comienzo de la Fase de Roseta.*

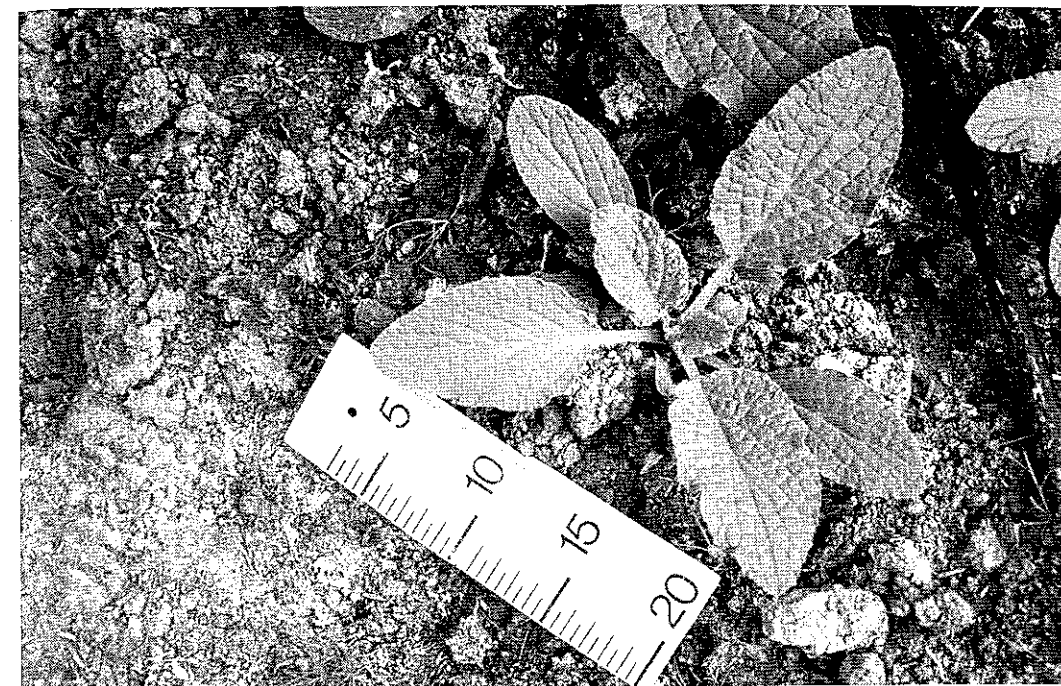


Figura 35. Estado Fenológico de seis hojas.

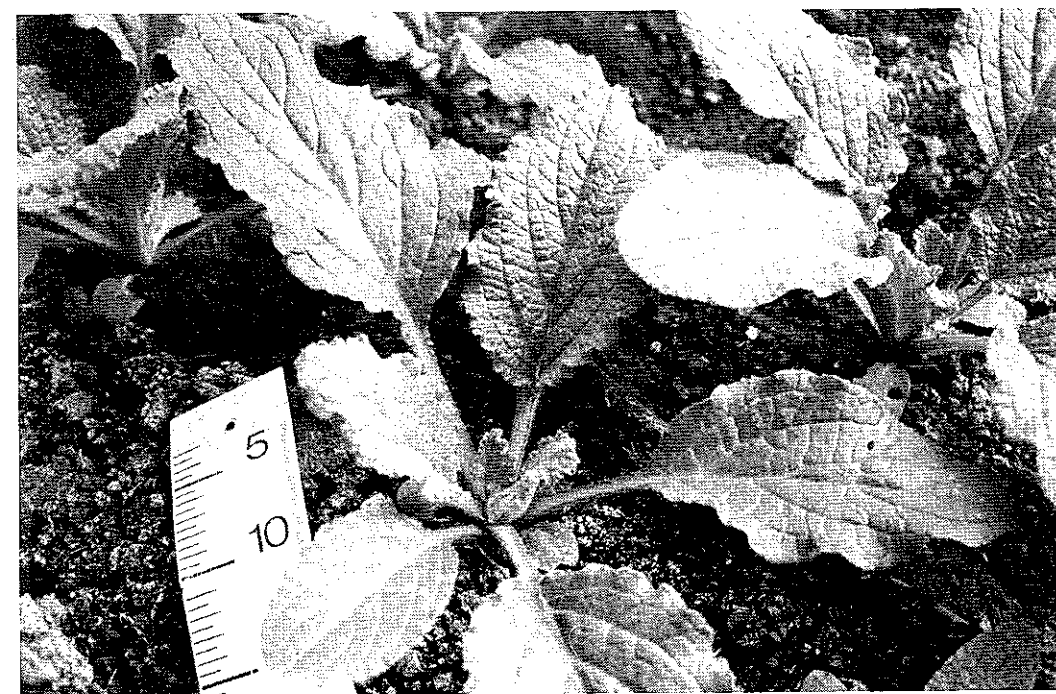


Figura 36. Estado Fenológico de siete hojas.

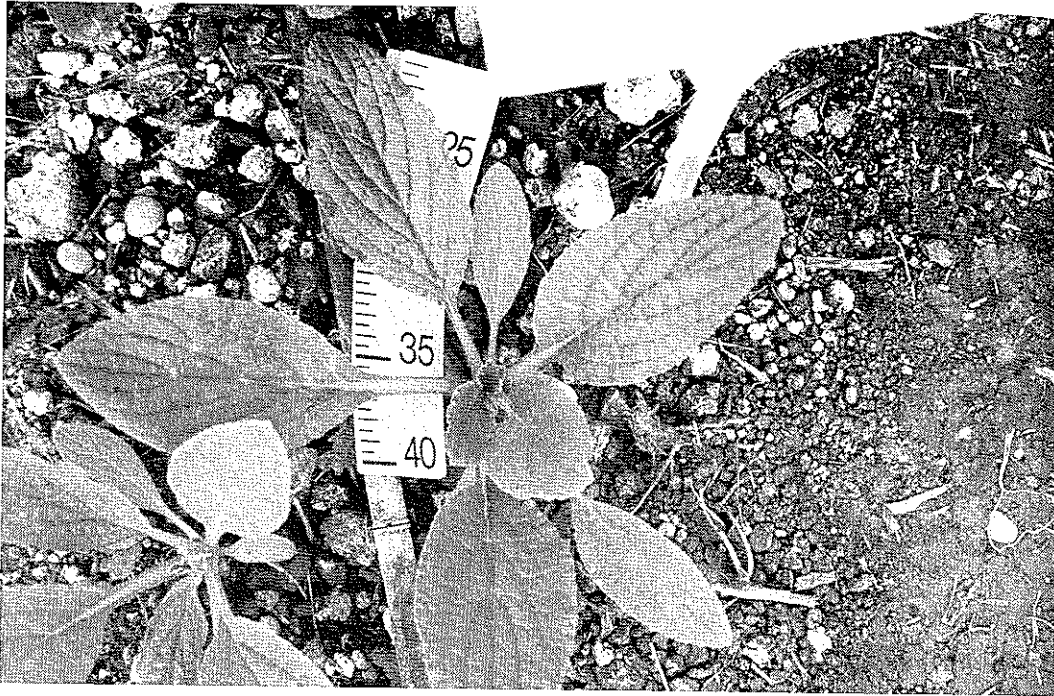


Figura 37. Estado Fenológico de ocho hojas.

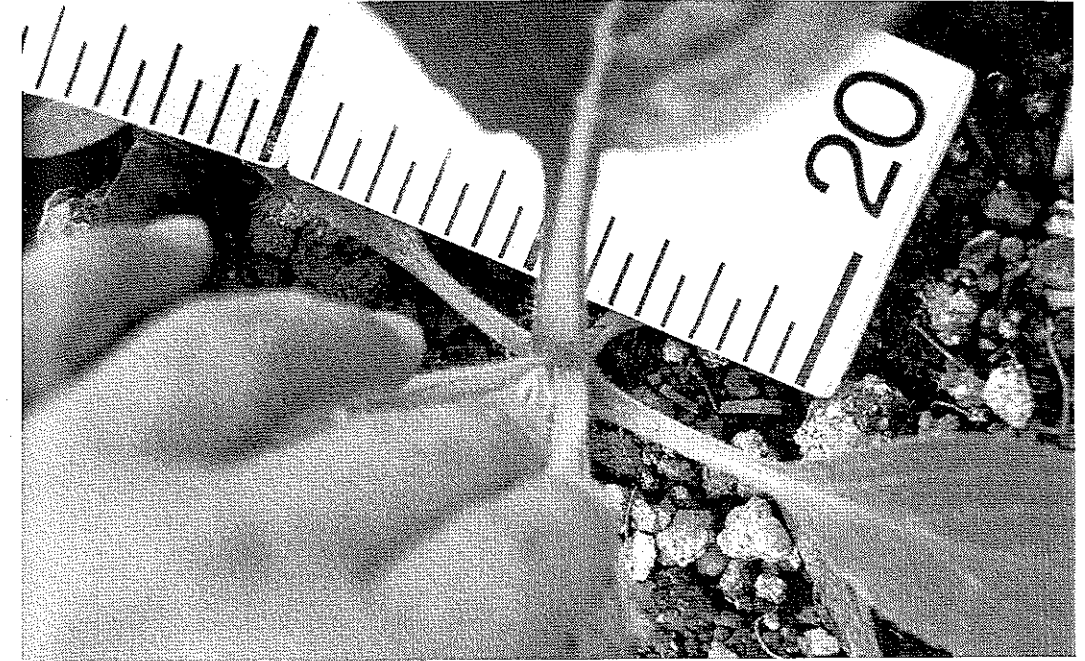


Figura 39. Detalle de la aparición de un brote axilar en el Estado Fenológico de ocho hojas.

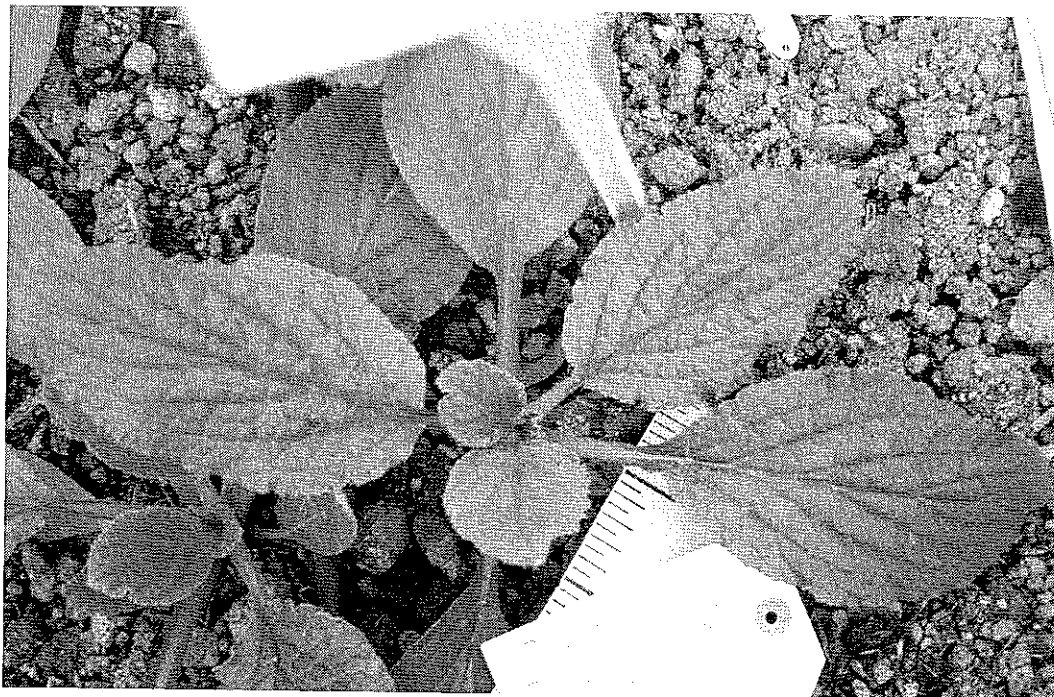


Figura 38. Estado Fenológico de nueve hojas.

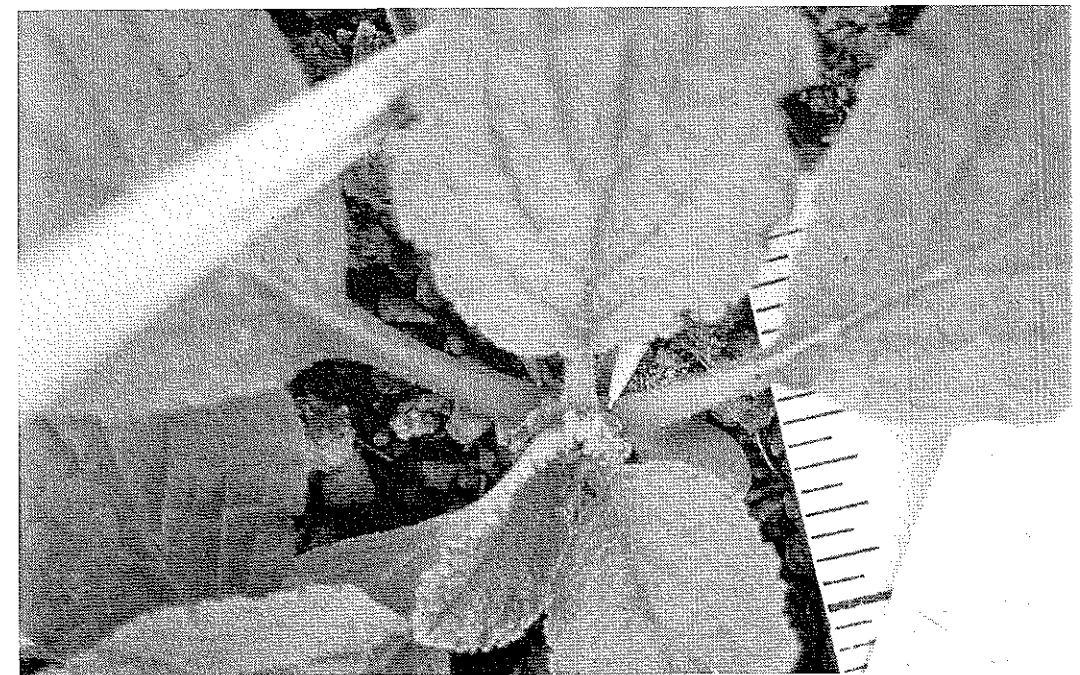


Figura 40. Detalle de los brotes axilares en el Estado Fenológico de nueve hojas.

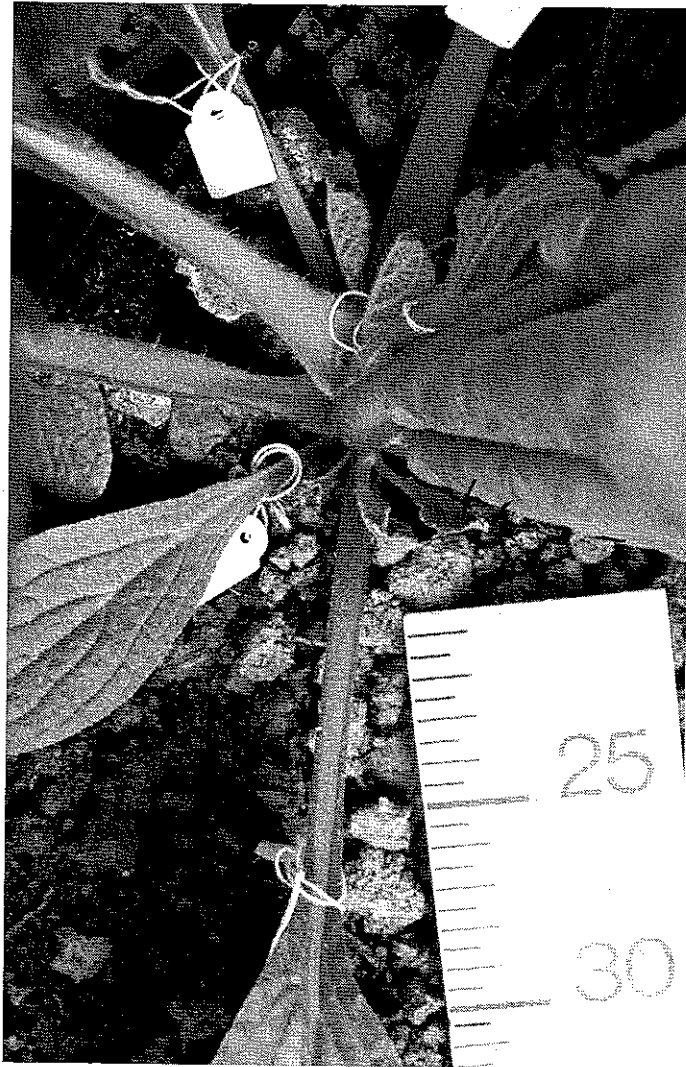


Figura 41. Falta de brotes axilares en las primeras hojas por plantación profunda.

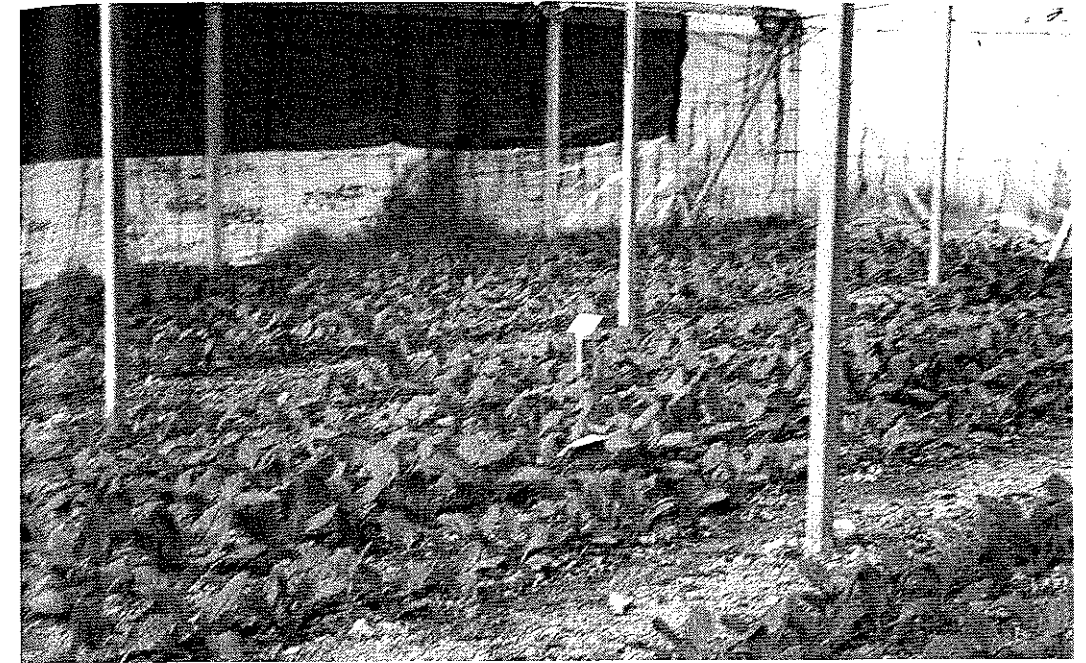


Figura 42. Vista general del invernadero cuando el cultivo comenzaba a adquirir la forma erecta.

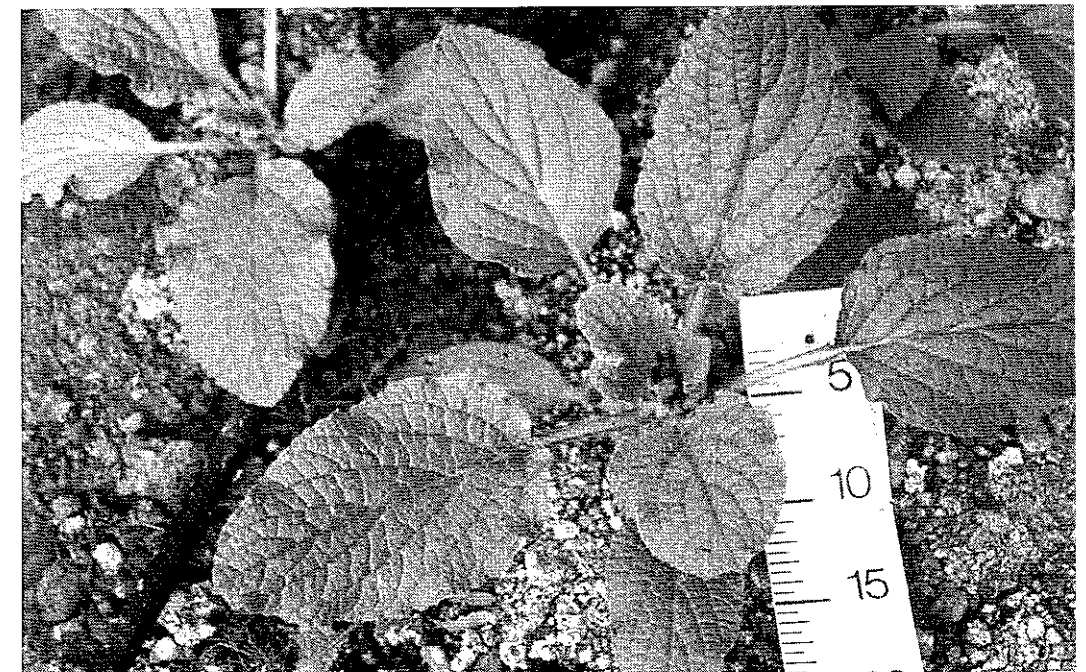


Figura 43. Estado Fenológico de diez hojas.

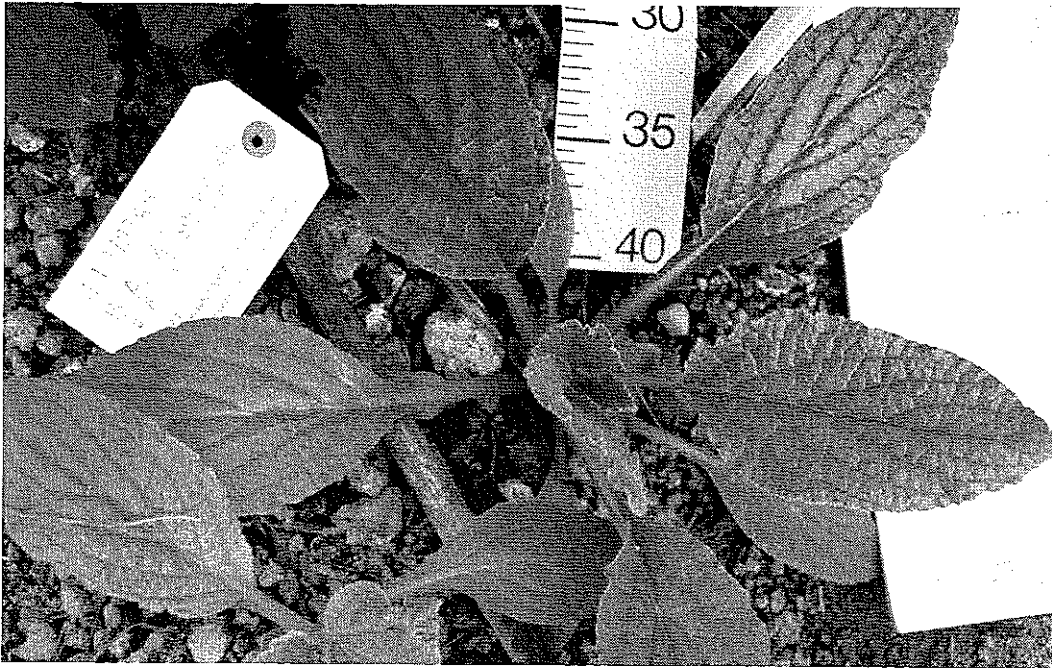


Figura 44. Estado Fenológico de once hojas. Desarrollo de los brotes axilares.



Figura 45. Estado Fenológico de doce hojas. Brotes axilares de 4.ª y 5.ª hoja en Estado Fenológico de una hoja.



Figura 46. Planta en Estado Fenológico de trece hojas con todos sus brotes axilares.



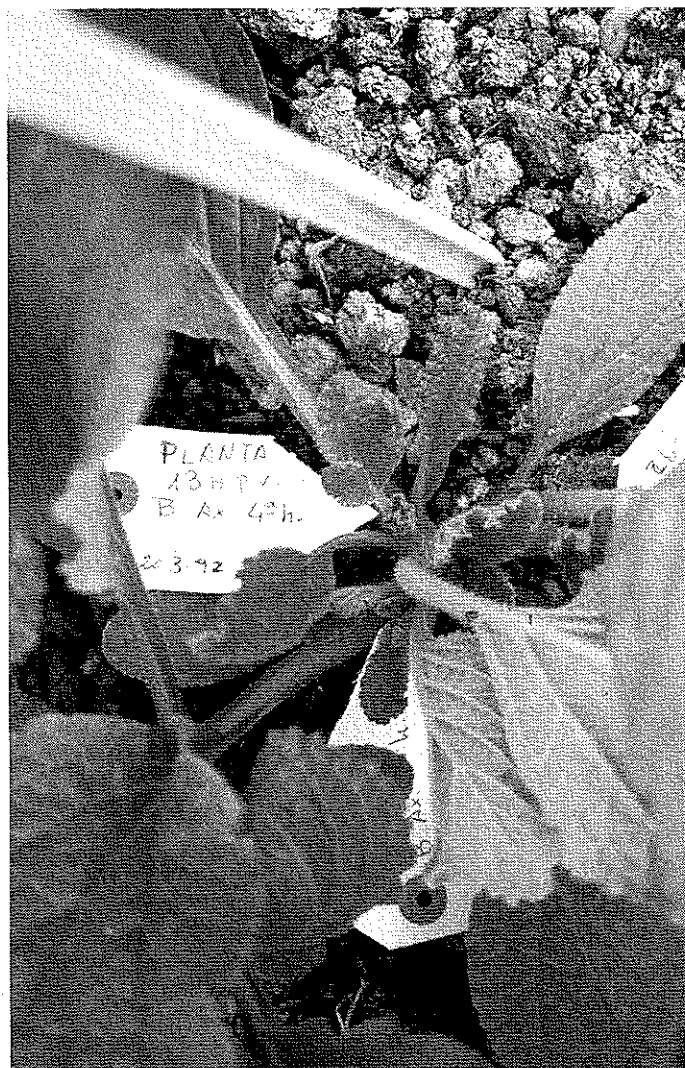


Figura 47. Planta en Estado Fenológico de trece hojas con un brote axilar a tres hojas con peciolo visible.



Figura 48. Estado Fenológico de catorce hojas. Detalle del brote axilar correspondiente a su cuarta hoja en Estado de cuatro hojas.



Figura 49. Cultivo a punto de cerrarse. Estado Fenológico de quince hojas.



Figura 50. Brote axilar en Estado Fenológico de seis hojas cuando la planta había alcanzado el Estado Fenológico de dieciséis.



Figura 51. Anchura del cuello de la planta en Estado Fenológico de dieciséis hojas.



Figura 52. Altura del cultivo en Estado Fenológico de veinte hojas.

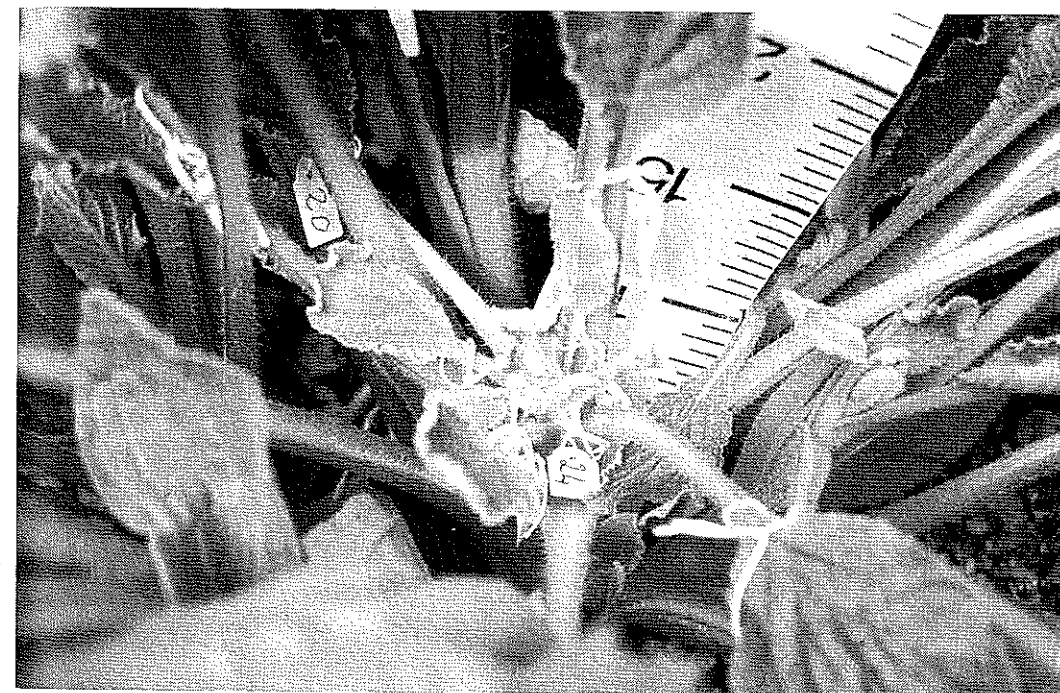


Figura 53. Estado Prefloral Inicial.



Figura 54. Estado Prefloral 1.



Figura 55. Estado Prefloral 2.

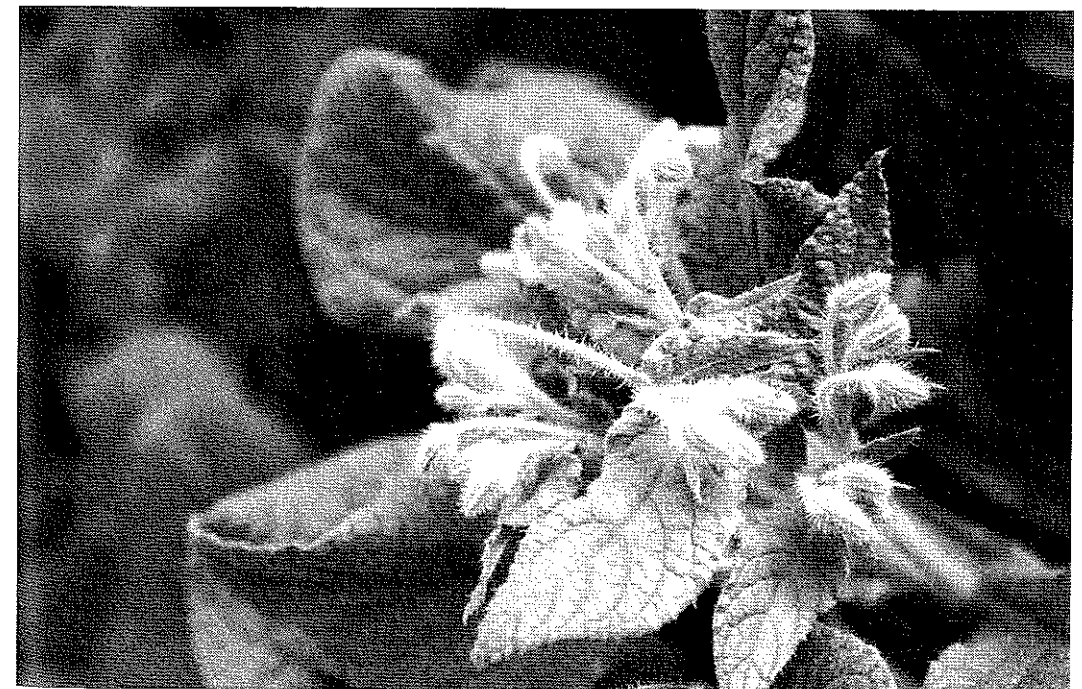


Figura 56. Estado Prefloral 3.



Figura 57. Vista general de una planta en Estado Prefloral 3 en el tallo principal y en un axilar.

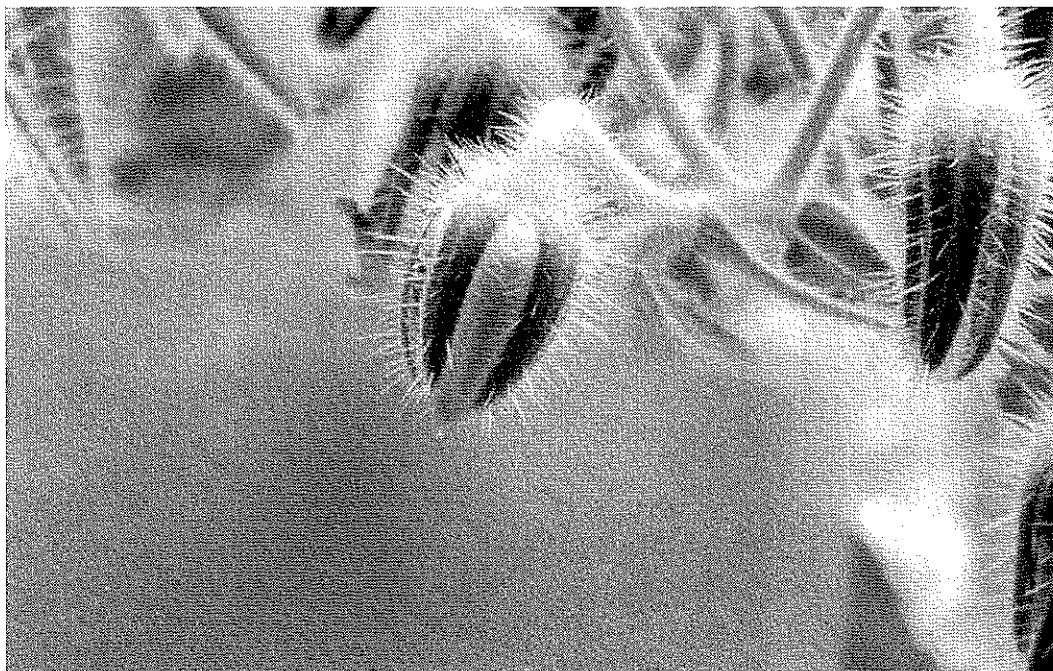


Figura 58. Flor aún sin abrir, mostrando la corola entre los sépalos.

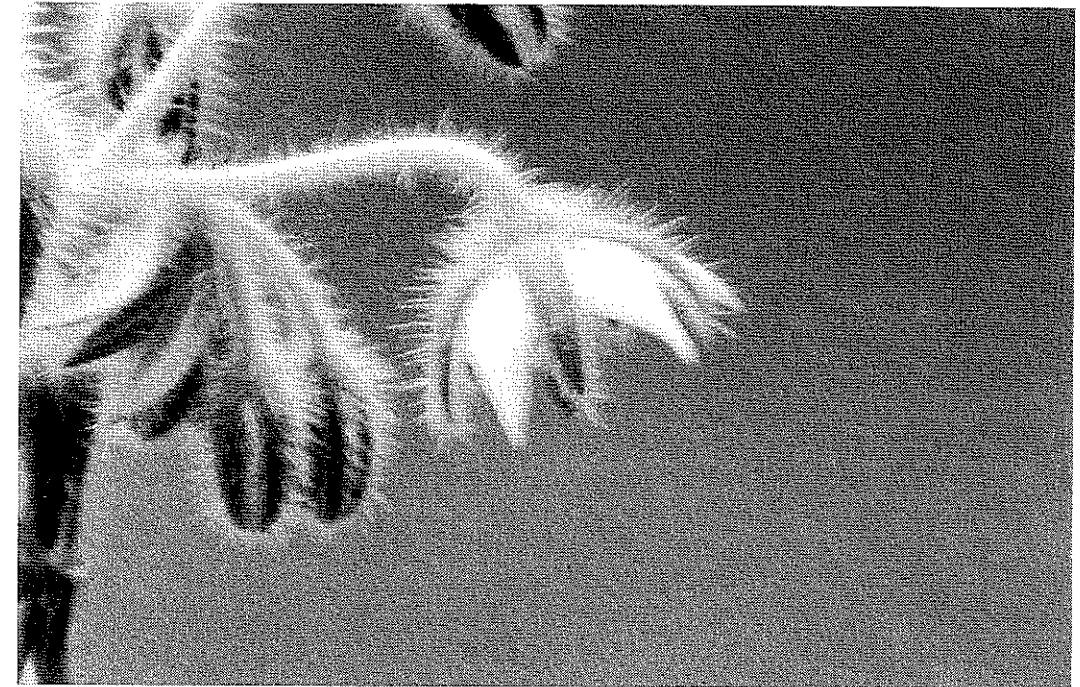


Figura 59. Apertura de la flor en el extremo de la cima escorpioidea.



Figura 60. Flor abierta.

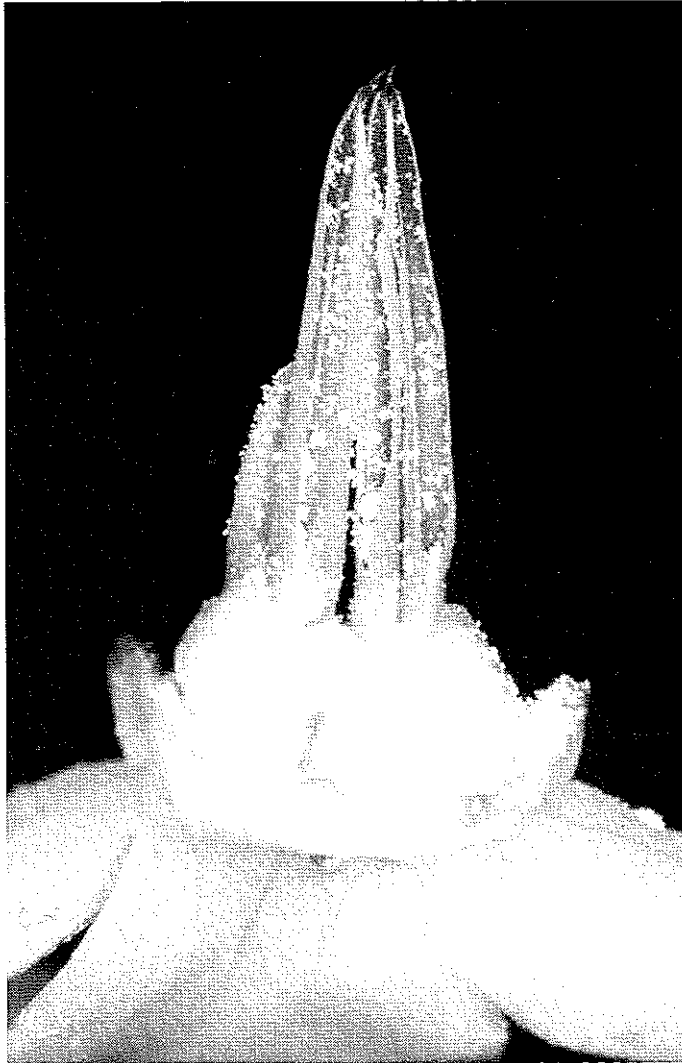


Figura 61. Anteras en dehiscencia expulsando gran cantidad de polen en una flor recién abierta.

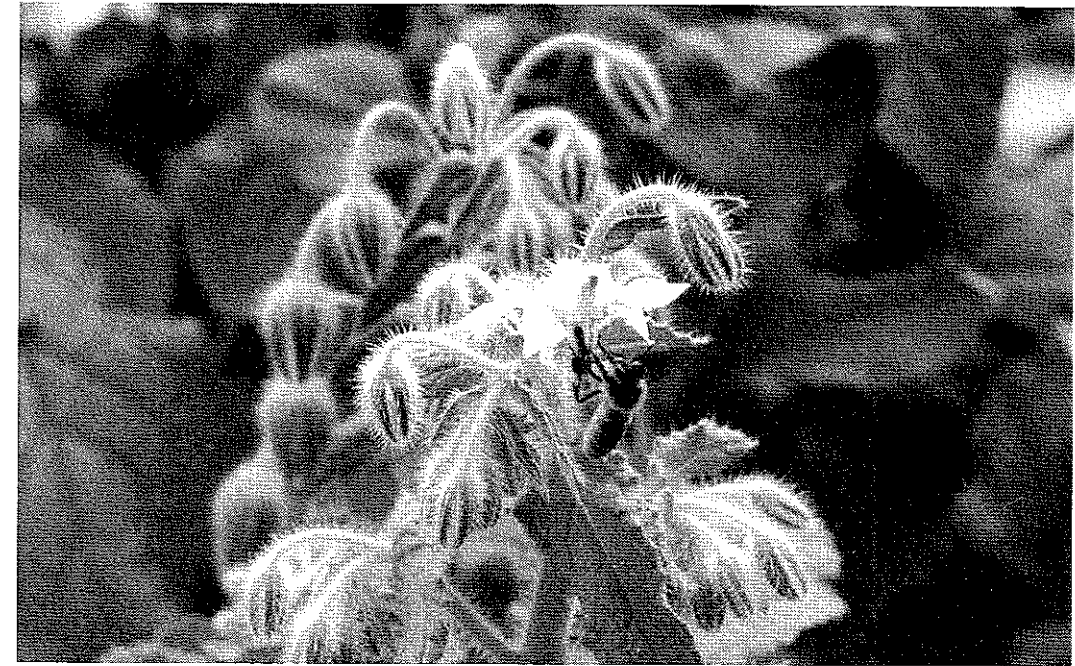


Figura 62. Abeja libando una flor recién abierta.



Figura 63. Flor cuajada, mostrando el estilo por encima de los estambres, de color pardo oscuro.



Figura 64. Flor expulsando la corola y los estambres.



Figura 65. Conjunto de cimas escorpioideas del ápice de una planta mostrando sus respectivas flores abiertas.

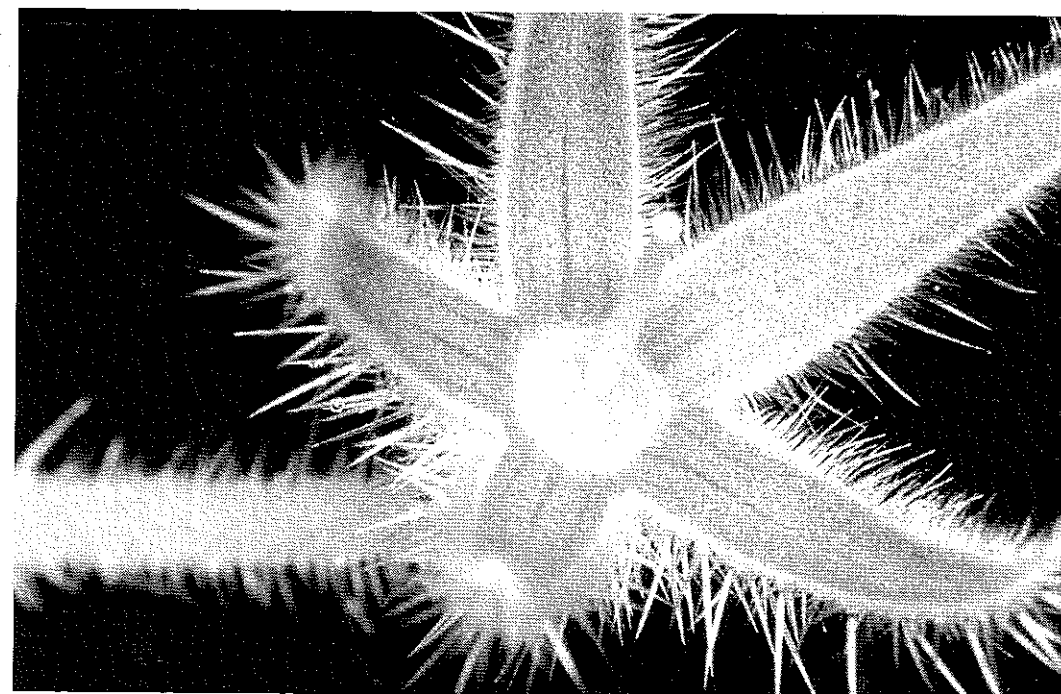


Figura 66. Comienzo de la evolución del fruto. El estilo permanece turgente.



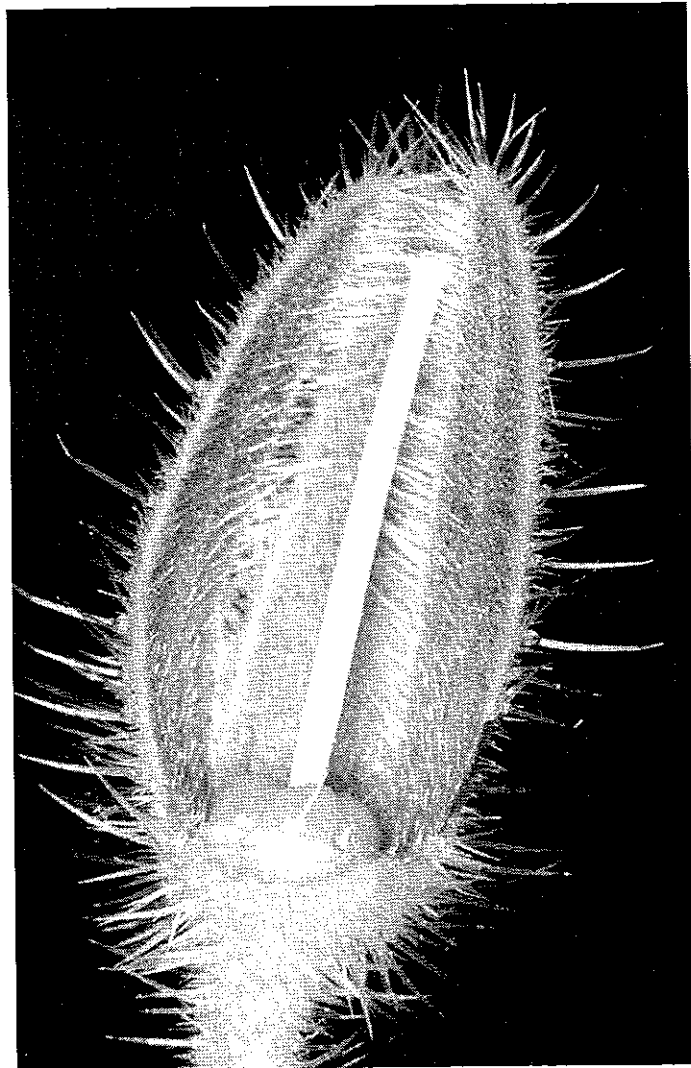


Figura 67. Cierre de los sépalos sobre sí mismos confinando el espacio donde evolucionará el fruto. El estilo sigue turgente.

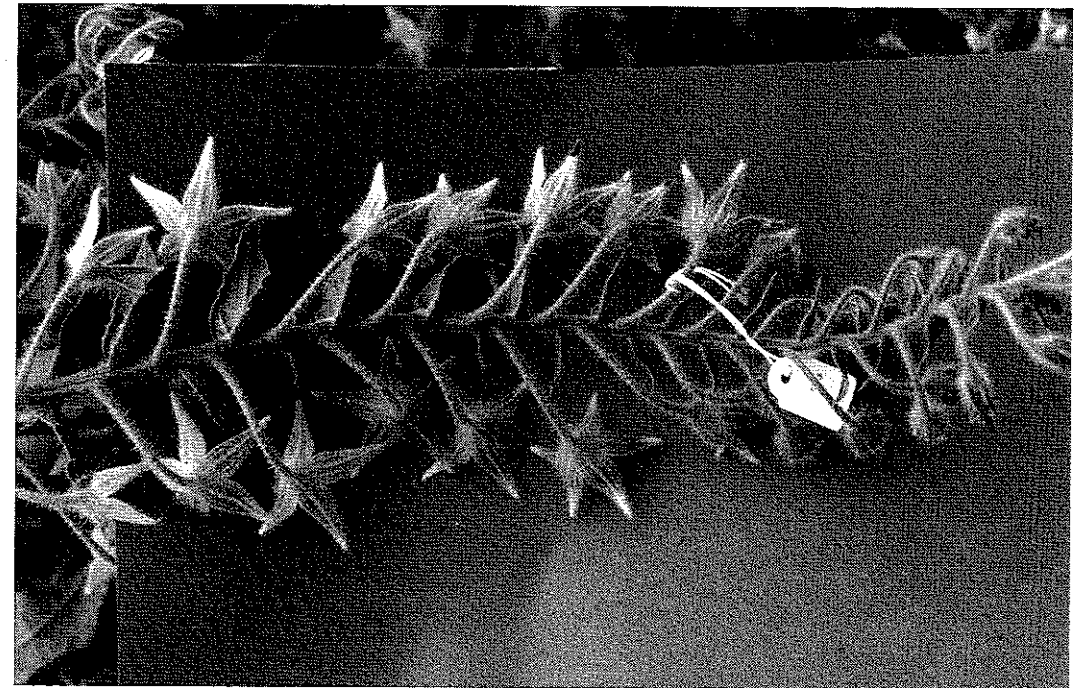


Figura 68. Situación de los frutos a ambos lados del eje.

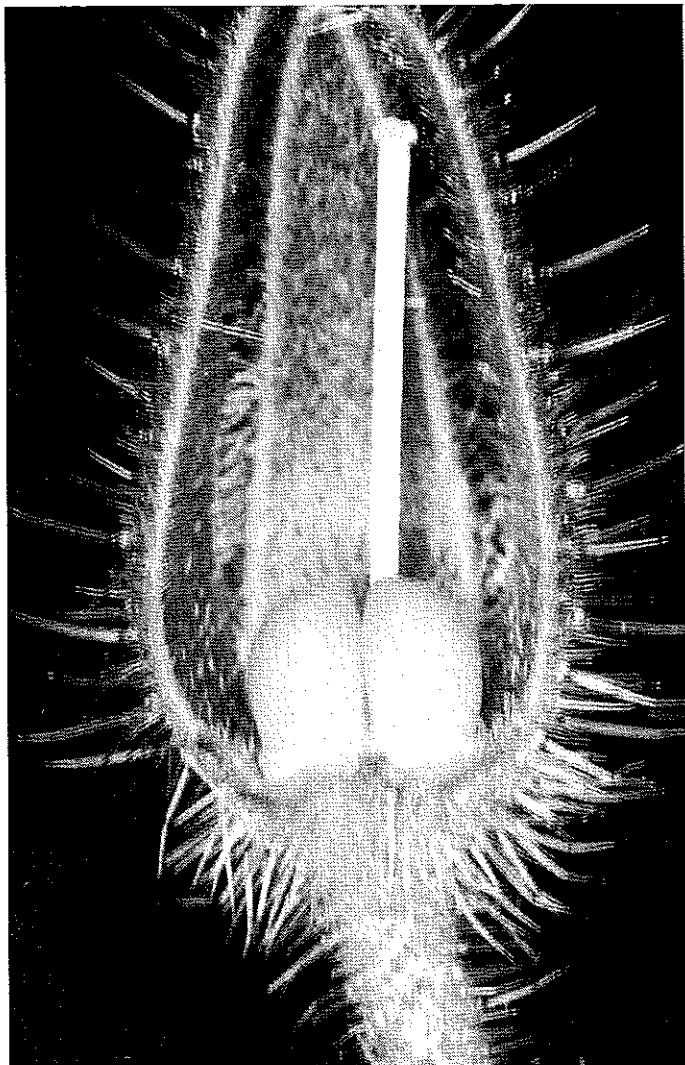


Figura 69. Interior del fruto de borraja a los cinco días de abrirse la flor.

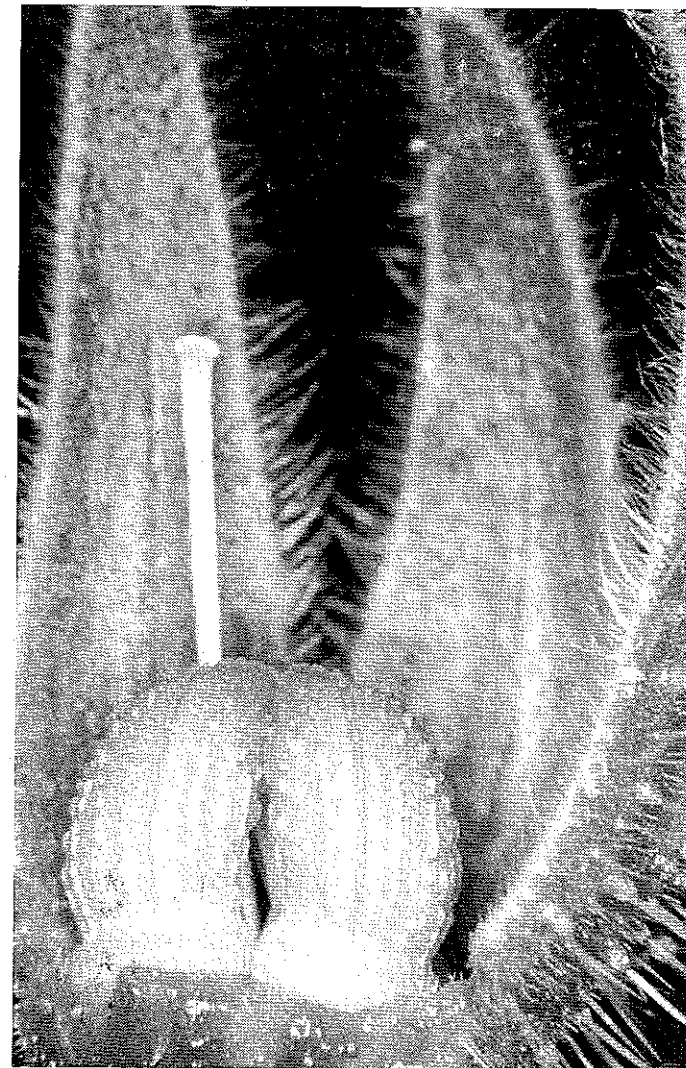


Figura 70. Interior del fruto a los catorce días de abrirse la flor.

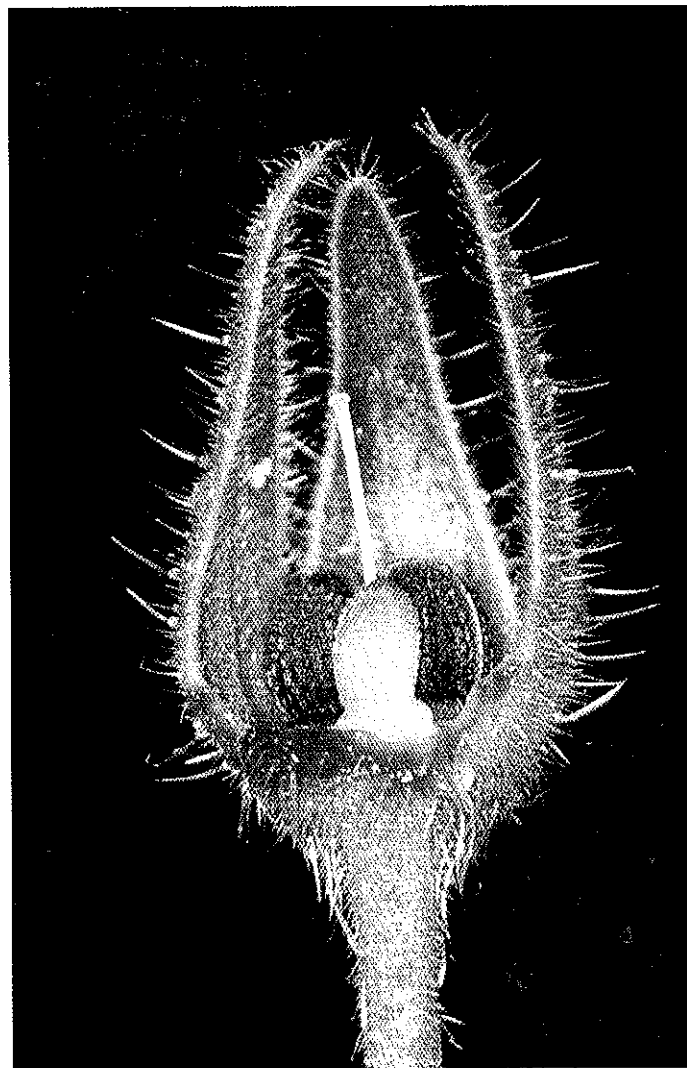


Figura 71. Las semillas comienzan a madurar y viran de color.

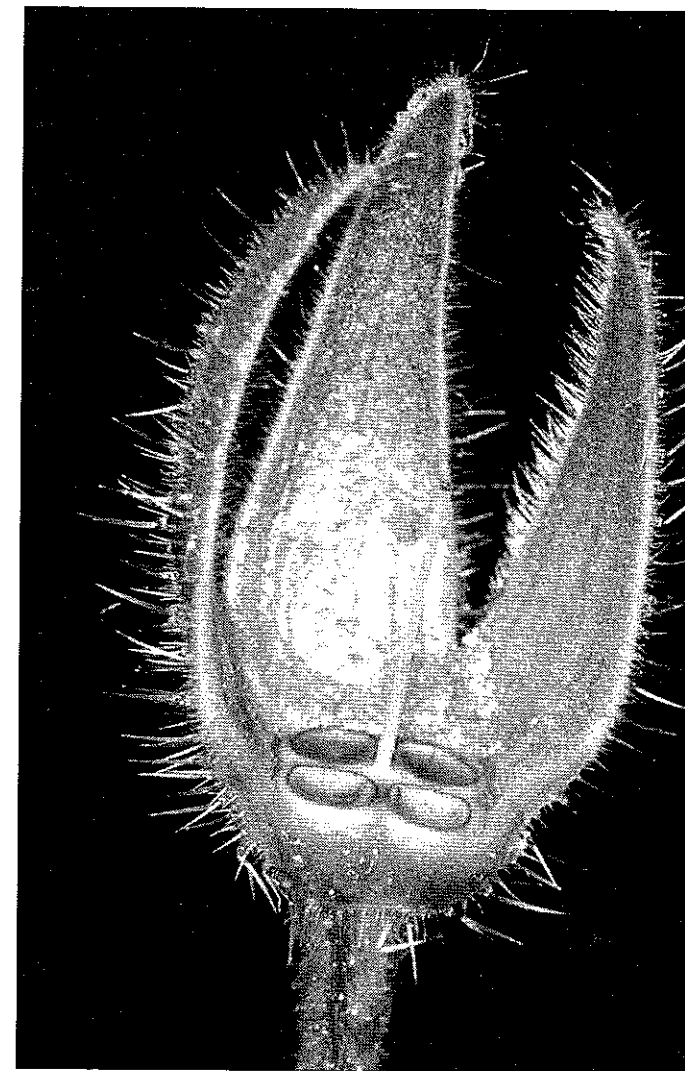


Figura 72. Concavidades que albergaban la semilla en el fondo del cáliz, una vez que se ha producido la dehiscencia.



Figura 73. Bandejas de porepán sobre los bastidores metálicos en el invernadero de producción de planta para trasplante.



Figura 74. Plantación de borraja con plantador de tubo.



Figura 75. Plantas en Estado Fenológico de doce hojas. Realización de tratamiento preventivo.



Figura 76. Perímetro de la base de una planta de borraja en el momento de la recolección.

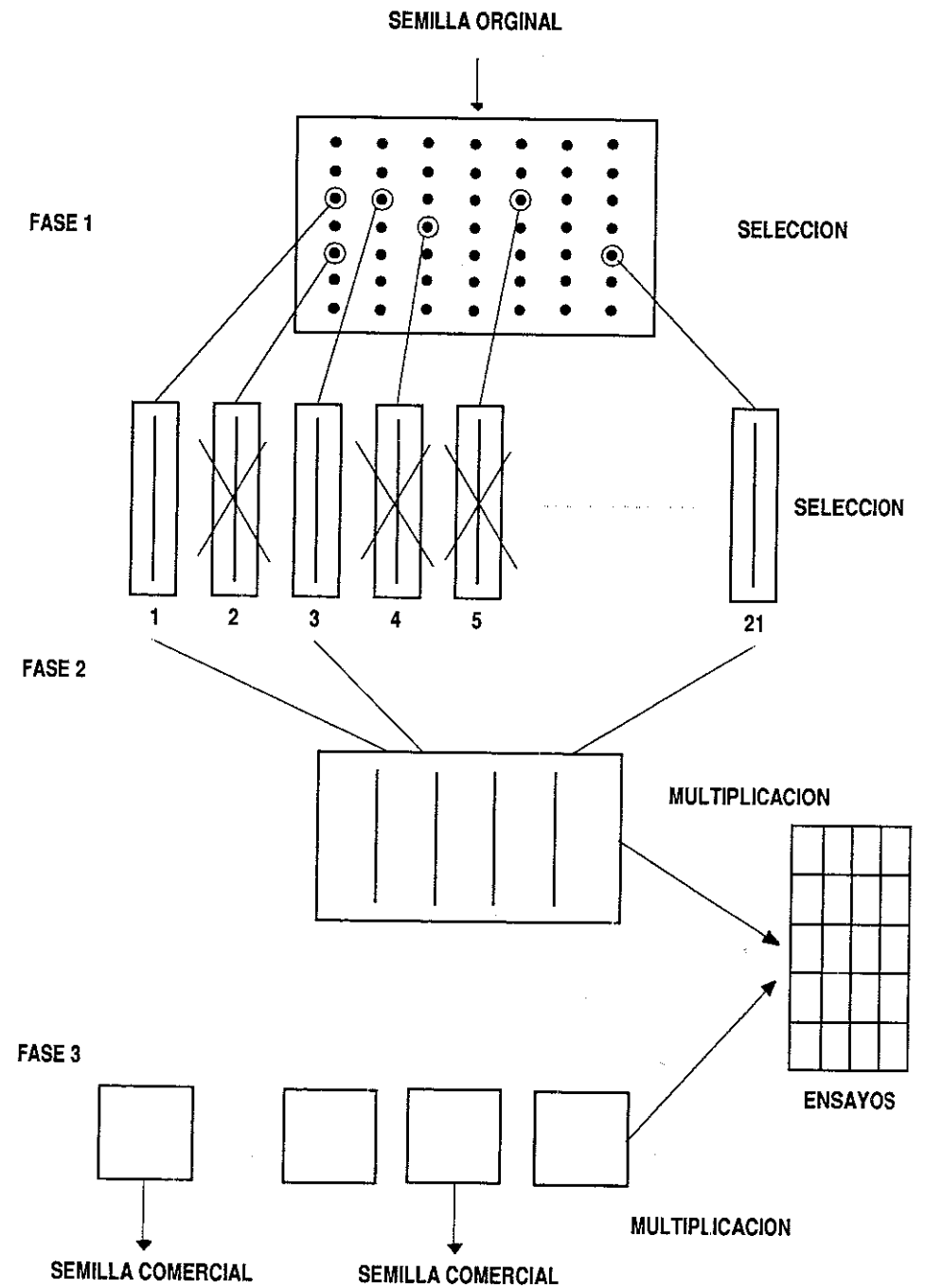


Figura 77. Esquema del proceso de selección de la borraja 'Movera'.



Figura 78. Plantas seleccionadas de borraja.



Figura 79. Colmena en el invernadero de selección.

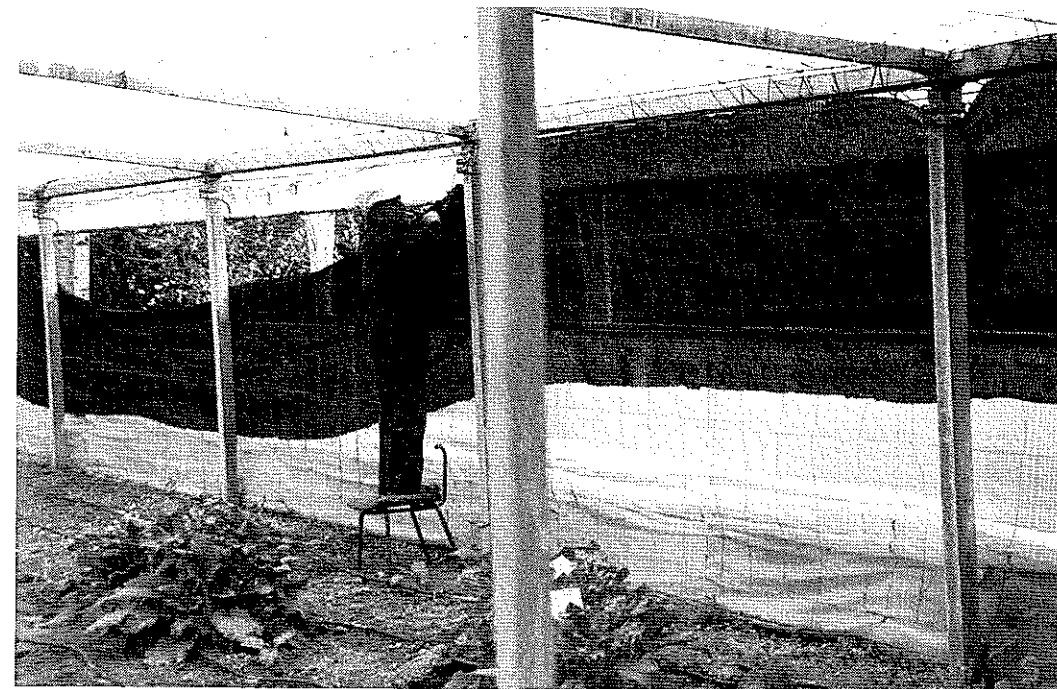


Figura 80. Aislamiento con malla del invernadero de selección.



Figura 81. Recogida individualizada de semilla en las matas seleccionadas.

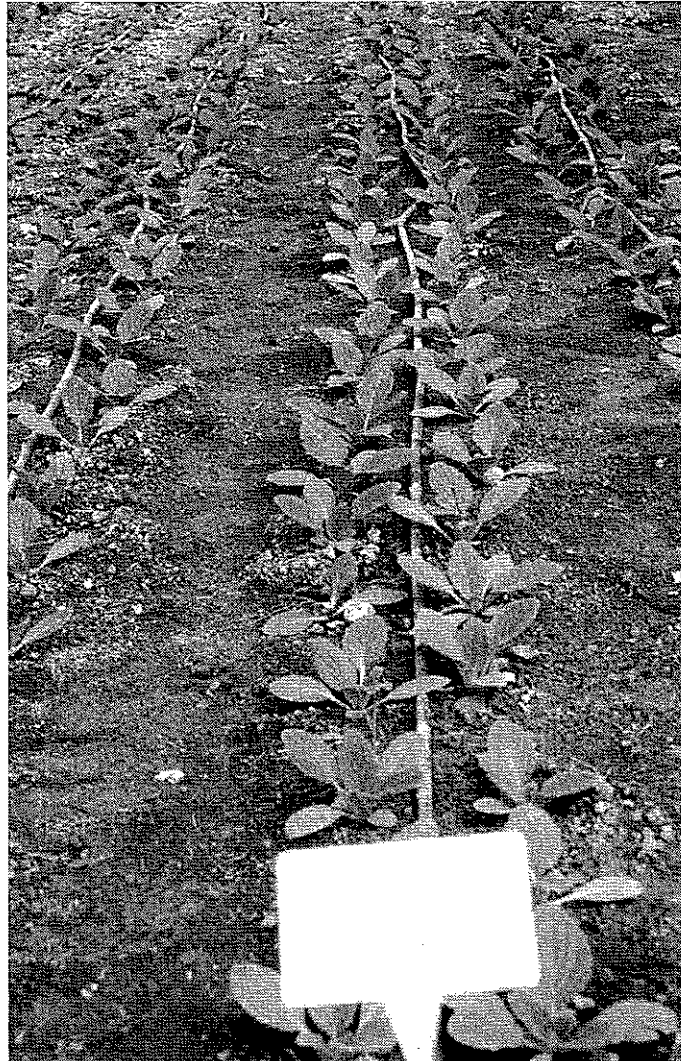


Figura 82. Plantación de las parcelas en el segundo año de selección.

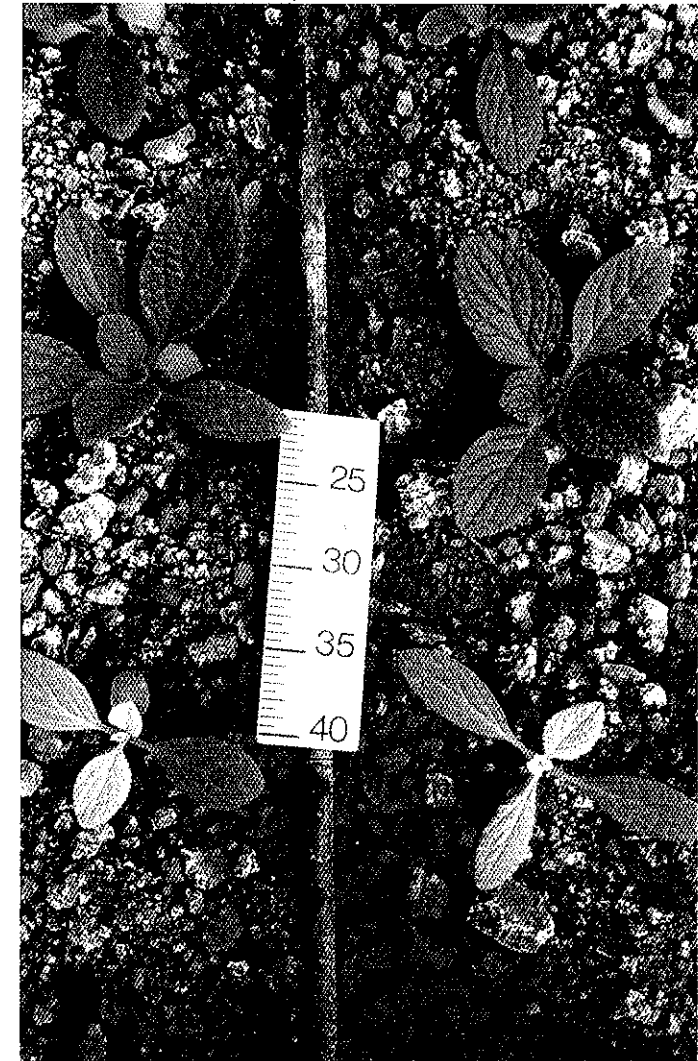


Figura 83. Deficiencias clorofilicas.



Figura 84. Borraja 'Movera' sin subirse, junto a una comercial subida a flor.

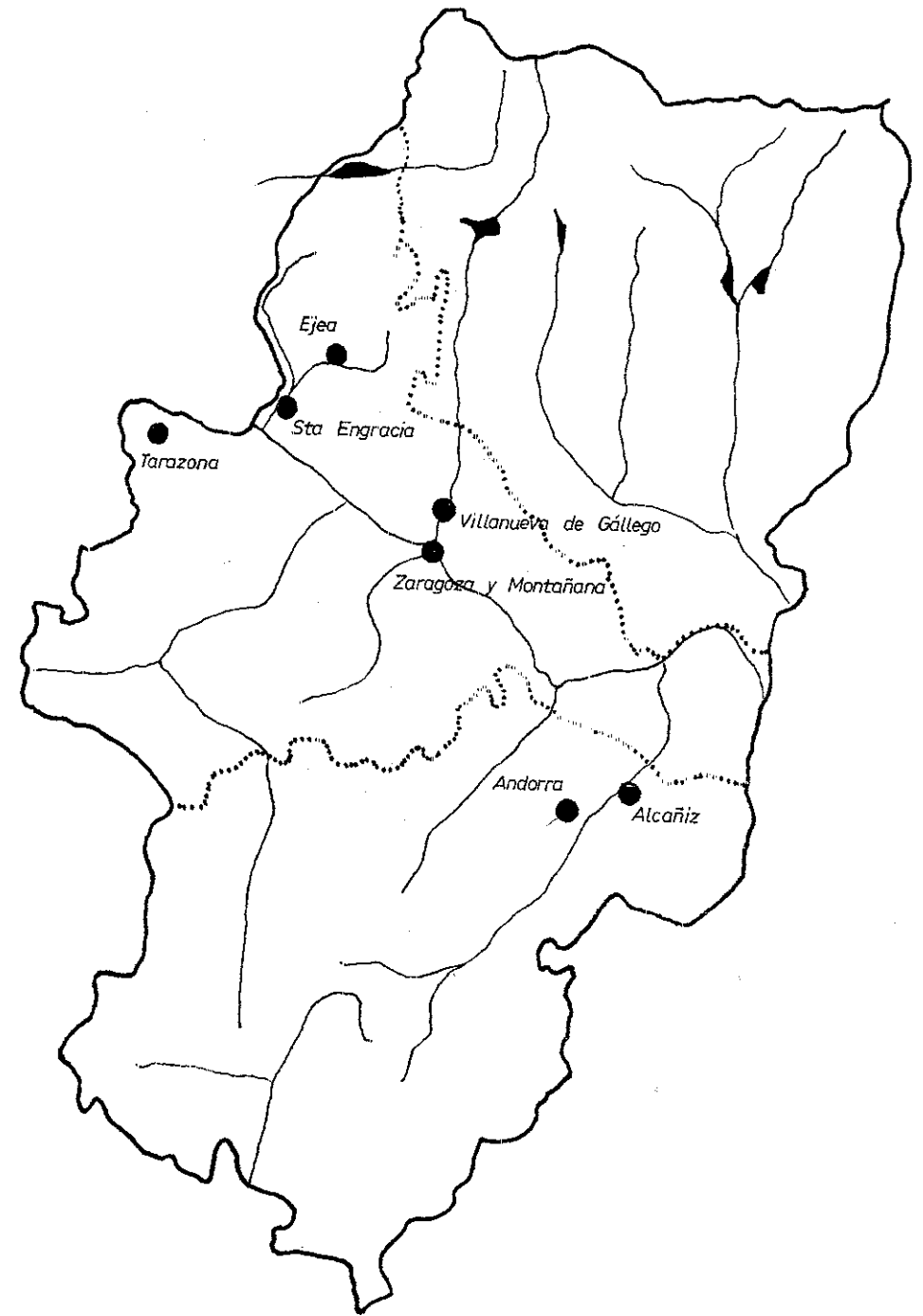


Figura 85. Localización geográfica de los ensayos comparativos realizados con la línea seleccionada 'Movera'.