

Capítulo 1. DESCRIPCION, REQUERIMIENTOS CLIMATICOS Y ECOFISIOLOGIA DE LA ESPECIE

Elizabeth Kehr M.
Ing. Agrónomo M.Sc.

El ajo (*Allium sativum* L.) pertenece a la familia Alliaceae, cuyo origen se identifica en la región montañosa de Asia Central, desde donde fue llevada a Egipto, y posteriormente introducido en América por los españoles, incorporándose como cultivo en México, Estados Unidos, Perú y posteriormente en Chile. Es una especie muy antigua bajo cultivo, siendo descrita en China cerca de 4.000 años a.c. En la actualidad, los principales países productores son China, India, Corea del Sur y España (Krarup y Moreira, 1998). Su cultivo se distribuye desde el Ecuador hasta los 40° LS, y desde el nivel del mar hasta los 3.700 m.s.n.m., demostrándose su amplia capacidad de adaptación (Burba, 1992). En Chile se reporta su cultivo desde tiempos de la Colonia, con embarques de exportación desde 1927.

En la década de los '80 Chile produjo 19 mil toneladas, lo que equivale al 5% de la producción de América Latina, mientras que Argentina produjo el 10%, con 40 mil toneladas de ajo blanco de gran tamaño, siendo éste nuestro principal competidor. En la temporada 1998/1999 (ODEPA, 2001), en Chile se cultivaron 3.142 hectáreas de ajo, concentradas especialmente en la V Región (32° a 34° LS), con una producción de alrededor de 22 mil toneladas, un tercio de las cuales se destina a la exportación. En la medida que se recuperen algunos mercados y se conquisten otros, las producciones de ajo podrán extenderse a zonas nuevas como la nuestra, con las favorables consecuencias de empleo y utilización de los recursos naturales.

Características de la especie

El ajo ($2n = 16$ cromosomas) es una especie perenne cultivada como anual a través de propagación agámica, ya que los clones cultivados no producen semilla verdadera.

Las raíces son numerosas, finas, superficiales, con escasas ramificaciones secundarias y sin pelos radicales, formadas a partir del tallo del bulbillo o diente semilla. El tallo es subterráneo, corto, comprimido y cubierto por la base de las hojas, formadas desde la yema apical. En algunos clones crece, pudiendo alcanzar una altura de un metro, en cuyo extremo se forma una inflorescencia. Las hojas son opuestas, enfundadas o tubulares en la base, con un poro que permite la emergencia de la lámina de las hojas siguientes. A partir del poro, la lámina es lanceolada y de sección angular, con cutícula muy cerosa. El conjunto de partes enfundadas de las hojas da origen al bulbo y a lo que se conoce como falso tallo del ajo. Los bulbos son estructuras formadas al final de la temporada, y corresponden al órgano de consumo (Krarup y Moreira, 1998).

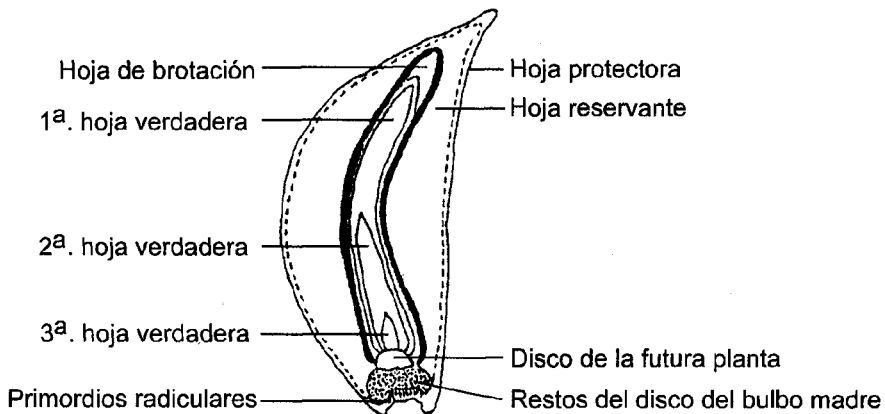


Figura 1. Corte longitudinal de un "diente" de ajo (Burba, 1992)

El bulbo está conformado por hojas secas, duras que contienen dientes en las axilas. Las hojas más externas del bulbo se secan y constituyen las túnicas protectoras de los bulbillos o dientes que se forman en la axila de las hojas más jóvenes o internas. A partir de la yema de estas hojas se pueden formar uno o más dientes (por división del ápice), que consisten en un ápice meristemático rodeado de 3 o 4 primordios foliares, una hoja más externa u hoja protectora, que es una vaina cilíndrica con un poro pequeño en la punta y una pequeña hoja abortiva. Esta hoja es delgada, seca, como papel, en el diente maduro. La siguiente es la hoja de almacenaje, de reserva de carbohidratos, gruesa y abarca gran parte del diente (Figura 1). El eje de brotación con el primordio foliar están contenidos en la hoja de almacenaje. El primordio foliar más viejo es la hoja de brotación que encierra las hojas del follaje. Estas hojas del follaje se desarrollan cuando las condiciones ambientales son adecuadas (Rabinovitch y Brewster, 1990; Krarup y Moreira, 1998).

La inflorescencia, cuando se forma, corresponde a una umbela protegida por una hoja modificada como bráctea o espátula y sustentada por un escape o tallo, de sección redonda, sólido, de 1 m de largo, resultante de la elongación del entrenudo entre la última hoja y la espátula. La umbela está compuesta de numerosas flores pequeñas de color lavanda a blanco-verdoso, que abortan en su mayoría sin llegar a formar semilla. En zonas meristemáticas de la umbela se generan bulbillos muy pequeños, que eventualmente podrían usarse para reproducir la planta (Krarup y Moreira, 1998).

Composición nutritiva

El ajo es reconocido mundialmente por sus propiedades medicinales y su utilización generalizada para adobar diferentes platos. Entre las hortalizas, destaca por su alto contenido de materia seca (30-50%), que en general en los ajos chilenos es de 37%. Posee un alto contenido

de compuestos azufrados que le dan el olor y sabor característicos de la familia. Estos compuestos, como el sulfóxido de alil cisteína que domina en ajo, son precursores de volátiles como la alicina, formada por acción de la enzima alinasa al romperse las células, dando parte del olor y sabor típicos, lo que explica su uso como saborizante en las comidas. También, desde muy antiguo se le reconocen efectos farmacológicos, como bactericida, acción anticoagulante y antiolesterol, y sus efectos benéficos en el tratamiento del asma, cáncer, diabetes, y otros. Así, el ajo se consume en fresco, deshidratado, sal de ajo, salsa, píldoras, extractos y cápsulas que contienen ajoína y otros compuestos activos (Krarup y Moreira, 1998).

Cuadro 1. Composición nutritiva de 100 g de parte comestible de ajo

Componente	Ajo Crudo
Agua	63,3%
Carbohidratos	27,7%
Proteína	6,7%
Lípidos	0,49
Calcio	42,0 mg
Fósforo	280 mg
Fierro	0,5 mg
Potasio	494,0 mg
Sodio	9,0 mg
Vitamina A (valor)	UI
Tiamina	0,21 mg
Riboflavina	0,11 mg
Niacina	0,9 mg
Ácido ascórbico	7,1 mg
Valor energético	126,0 cal

Fuente: Adaptado de Schmidt-Hebbel *et al.*, 1992, citado por Krarup y Moreira, 1998.

Tipos y variedades

El ajo tiene una gran variabilidad fenotípica debido a la influencia de las condiciones ambientales, además de una gran variabilidad genética originada por acumulación de aberraciones cromosomales y de mutaciones a través del tiempo, así como también en hibridaciones somáticas a nivel de cromosomas, lo que se ha traducido en una serie de cariotipos (Toyao *et al.*, 1993).

Ya que no existen variedades para cultivar en la zona sur, el ajo utilizado como "semilla" proviene de materiales que se han seleccionado por su adaptación a las condiciones agroecológicas de la zona, los que se han denominado "ecotipos regionales", tanto de *A. sativum* (Figura 2) como de *A. ampeloprasum* (blandino o chilote) (Figura 3), siendo esta última especie de gran relevancia en la X Región y en especial en la provincia de Chiloé, con una importante tradición de cultivo. Algunos ecotipos regionales han sido evaluados en INIA Carillanca, y de acuerdo a los resultados se puede indicar que ofrecen un alto potencial de rendimiento, factibles de ser utilizados para el mejoramiento y creación de variedades adaptadas a las condiciones agroclimáticas del sur.

Los principales tipos de ajo cultivados en la actualidad en Chile son el rosado y el Chino, siendo este último un tipo cuyo cultivo en el país se ha expandido en forma importante desde hace unos seis años, representando en la actualidad más del 50% de la superficie sembrada, a pesar de que fue introducido como ajo consumo.

Ajo rosado: es el de mayor demanda interna, siendo el típico ajo de guarda (Giaconi y Escaff, 1993), cuya duración en poscosecha en condiciones apropiadas, ya sea en la cocina de la casa o en una bodega, puede llegar a 8-9 meses. Son ajos tardíos, cosechados maduros entre

fines de noviembre y principios de diciembre en la zona central, y entre diciembre y enero en la zona sur. En Chile está representado por el cultivar Valenciano Rosado, con túnicas externas blancas, con 10 a 15 dientes o bulbillos violáceos a morados, y con un resto de escapo floral presente en medio del bulbo. Otros cultivares son Rosado Argentino, Rosado INIA y California Late (Krarup y Moreira, 1998).



Figura 2. Ajo común (*Allium sativum* L.)



Figura 3. Ajo blandino o chilote (*Allium ampeloprasum* L.)

Ajo blanco: es más rústico, de mayor productividad, de bulbos y dientes de mayor tamaño, achatados y desuniformes. Las túnicas externas son blancas, con bulbillos de color blanco-rosado a pardo claro, precoces o semi precoces, de cosecha temprana. Se cultiva principalmente orientado a la demanda del mercado interno, y también para exportación.

Destacan los cultivares Valenciano Blanco y Blanco Argentino (Krarup y Moreira, 1998).

Ajo chino: los bulbos son de un tamaño considerablemente mayor a los otros tipos, con rendimientos potenciales de 18-20 ton/ha, de corta vida en poscosecha. Su producción se destina a la exportación y al mercado interno, donde se comercializa principalmente en rama. Es el tipo de ajo que predomina hoy en explotaciones comerciales de la zona central.

También existe el ajo morado, el cual es menos cultivado en Chile. Este tipo es considerado de inferior calidad, y de una rusticidad que permite cultivarlo en condiciones extremas de suelo (salinidad, pH), y tiene bajo requerimiento de horas de frío para bulbificar; firmes para el desgrane y no se ramalean. Se cultiva principalmente en las zonas centro norte y norte (Escaff, 1991), e incluso se han encontrado en el extremo austral del país.

La reproducción del ajo es agámica (vegetativa), mediante bulbillos o dientes "semilla", lo que lleva a una tasa de multiplicación muy baja dado que cada planta forma un bulbo que puede contener entre 10 a 30 bulbillos dependiendo del cultivar, siendo de mayor tamaño los utilizados como "semilla". La reproducción vegetativa implica una constante acumulación de enfermedades sistémicas tales como, virus, micoplasmas y algunos nemátodos, lo que año tras año de cultivo va provocando disminuciones de rendimiento, que pueden llegar a 50% a través de varias generaciones, y a una costosa selección de material sano.

En general, una característica de los ecotipos regionales cultivados en el sur es que no apitonan, es decir, no emiten tallo floral (Escaff, 1991), a diferencia de los ajos cultivados en la zona central que producen un

porcentaje variado de floración, debiendo en algunos casos suprimirse el "pitón", lo cual implica un costo adicional en mano de obra. En nuestra zona el que más se cultiva es el ajo rosado, con "semilla" que los propios agricultores seleccionan, sin saneamiento, de bajo calibre, normalmente dejando para semilla aquellos bulbos que no pueden comercializar.

En relación a necesidades hídricas, la especie requiere 500 a 600 mm de agua durante su ciclo de cultivo, la que puede ser aportada por agua lluvia y complementada con riego. En regiones con buena distribución de precipitaciones es factible cultivar el ajo en secano (Burba, 1992).

Desde el punto de vista de producción de "semilla", los valles de altura o precordilleranos (1000-1800 m.s.n.m), ofrecen excelentes condiciones de aislamiento sanitario, debido a la dificultad que los áfidos vectores encuentran para su dispersión, debiendo estar ubicados al sur o al norte del paralelo 30° LS, según el ecotipo a multiplicar, o sustituir latitud con mayor altitud. La literatura señala que la mejor calidad se obtiene particularmente en zonas frías. En su primera etapa requiere de clima fresco a frío (8-16°C), tolerando incluso temperaturas bajo 0°C, pero necesita más de 4°C para el inicio de brotación (la temperatura base de brotación es cercana a 0°C, sólo en algunos clones sube a 2°C). Al final de esta etapa requiere temperaturas bajas (menos de 10°C) para que las plantas sean inducidas a formar dientes del nuevo bulbo (Burba, 1992).

El Departamento de Horticultura de la Universidad de Oregon (EUA), indica que para las variedades California Early y California Late, la "semilla" debe tener una exposición a una temperatura promedio inferior a 4,4°C durante un periodo de 6 a 8 semanas, a objeto de promover la bulbificación y el desarrollo de dientes. El ajo puede ser sensible a rangos de tratamiento frío entre 0,6°C y 9,9°C y es sensible incluso durante el crecimiento o mientras los bulbos están en almacenaje. El

fotoperiodo interactúa con la temperatura, por lo cual los dientes o bulbillos mantenidos en almacenaje en frío pueden bulbificar rápidamente cuando se plantan en primavera (época en la que aumenta el fotoperiodo), dando como resultado bulbos de menor tamaño.

El desarrollo vegetativo de la planta alcanzado previo al inicio de la bulbificación y diferenciación de dientes, está relacionado con el tamaño del bulbo y los dientes. Esto determina la temperatura óptima de almacenaje de los dientes, fecha de plantación y temperaturas asociadas al crecimiento y cambios del largo del día. Dientes expuestos a adecuados tratamientos de frío pueden tener una reversión en la vernalización bajo condiciones de estrés hídrico y altas temperaturas (sobre 29,4°C), por lo que no ocurre bulbificación normal. En tratamientos de frío muy largos, sin embargo, la mayor dificultad es desvernalizar las plantas (Burba, 1992; CORFO y U. Católica, 1987).

Después de la inducción de frío requiere clima con temperaturas de 18-20°C, junto a días luminosos y más largos. Desde brotación hasta el inicio de la bulbificación y para un crecimiento vigoroso, requiere temperaturas medias mensuales de 13-24°C y medias nocturnas inferiores a 16°C (Burba, 1992).

El bulbo comienza a formarse por un estímulo termo-fotoperiódico en dos etapas: la primera llamada inductiva en que el frío o los días largos serían factores imprescindibles, y la segunda etapa o "morfológica", en que las condiciones termo o fotoperiódicas sólo son capaces de modificar la velocidad del proceso de bulbificación. Ecotipos adaptados a zonas australes (40° LS) tienen mayores requerimientos de frío y fotoperiodo, recibiendo el estímulo fotoperiódico con alrededor de 14 horas de luz (septiembre-octubre), pudiendo ser cosechados en diciembre-enero. Estos son de mejor calidad, presentación comercial y características de conservación (Maroto, 1992).

Dormancia de los bulbillos (dientes)

Corresponde al estado de suspensión temporal del crecimiento visible, causado por factores internos, fisiológicos. Durante la formación y el crecimiento del bulbo, los fotosintatos se transportan desde las hojas al bulbo, fundamentalmente carbohidratos y sustancias inhibitoras que afectarán el comportamiento durante la dormancia. Una defoliación de la planta, deshidratación, o también la cosecha prematura pueden actuar negativamente en el almacenaje, debido a una menor síntesis de inhibidores, provocando una dormancia menos profunda y de menor duración, alterando así un proceso necesario para obtener un buen resultado final. La duración de esta etapa puede ser más o menos larga dependiendo del cultivar o clon, de 90 a más de 240 días, siendo los requerimientos de frío menores en los cultivares de dormancia corta, los que a su vez presentan menores rendimientos que los de dormancia larga (Burba, 1992).

Todos los dientes de un bulbo no maduran simultáneamente, es decir, no todos están aptos para sembrarse en el mismo momento, y tienen distinto peso y tamaño, por lo que no tienen el mismo estado de dormancia. Los dientes externos y más grandes superan más rápido esta etapa, y estos son justamente los más recomendados para "semilla" (Burba, 1992).

Brotación

La dormancia de los bulbillos puede romperse en forma natural o artificial, con una temperatura de 7°C por un tiempo variable según el cultivar, recomendándose mantener los bulbos destinados para semilla en almacenaje a 5 -10 °C, por unos 25 días previo a la siembra en campo. En países con clima tropical existen variedades que no necesitan romper la dormancia para brotar. Este rango de temperatura durante un periodo determinado es óptimo para obtener adecuada brotación y generar plantas capaces de desarrollar bulbos. En nuestra zona, esta capacidad de rompimiento de la dormancia puede alcanzarse perfectamente en

condiciones de almacenaje en campo, en un ambiente fresco y seco, evitando la contaminación por hongos como *Penicillium*.

Crecimiento y desarrollo

En esta etapa, los procesos metabólicos y fisiológicos de la planta están orientados a formar raíces y hojas, durante otoño e invierno, no existiendo desarrollo del bulbo. Depende fundamentalmente de las reservas nutricionales del diente semilla, las que son almacenadas y posteriormente liberadas por la hoja de reserva. Este aporte se mantiene por bastante tiempo, aun después que las plantas han emergido y se encuentran fotosintetizando. Dicha fase de desarrollo se realiza en condiciones de día corto y con temperatura en descenso.

Bulbificación

La inducción y desarrollo del bulbo requiere de un periodo de bajas temperaturas, denominando vernalización, posterior al cual es necesario fotoperiodos largos (Stahlschmidt y Cavagnaro, 1997). Esto implica que a medida que se avanza hacia el sur, demandan días más largos para bulbificar. Así, cultivares adaptados a zonas cálidas tienen un umbral de 11-12 horas, hasta 33° de LS entre 13 y 14 horas y los cultivados hasta los 44° LS entre 14,5 y 15 horas. A medida que los inviernos son más rigurosos, la inducción del bulbo se anticipa por efecto de bajas temperaturas. En caso de siembras tardías, donde es probable que la planta no haya recibido las horas de frío necesarias en forma completa, puede generarse una estructura bulbosa sin diferenciación de dientes denominada vulgarmente "aja". Estos bulbos imperfectos son muy parecidos a una cebolla, tunicados a base de capas concéntricas, y que no corresponden a una estructura normal del ajo. La duración del periodo vegetativo en general se estima entre 60 y 100 días (Burba, 1992).

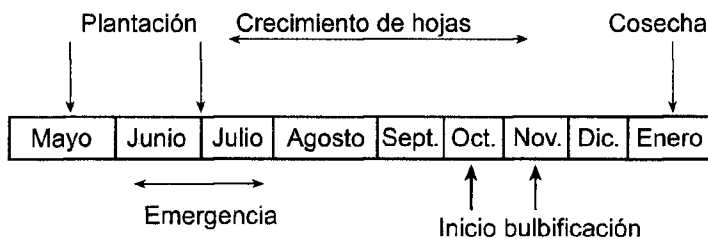


Figura 4. Estados fenológicos del ajo en la IX Región.

En relación con la fenología de los ecotipos en la región (Figura 4), la emergencia del cultivo tiene una duración aproximada de 20-30 días, iniciándose la bulbificación en torno a los 120-150 días después de la plantación. El inicio de la bulbificación está directamente relacionado con el frío que los bulbos semilla hayan recibido durante el almacenaje.

Mientras más frío en ese periodo, más temprano será el inicio de la bulbificación, acortándose el periodo vegetativo. Cuando los bulbos no han recibido frío en almacenaje, menor es la velocidad inicial de crecimiento de la planta, alargándose el ciclo vegetativo (Ledesma *et al.*, 1997). En cultivos que no han recibido tratamientos de frío previo a la plantación, en general la bulbificación se inicia entre septiembre y octubre, periodo que se prolonga por 70-90 días, luego de lo cual se inicia la senescencia del cultivo. Por lo anterior se puede señalar que la duración del ciclo de cultivo en la región varía de 210-240 días desde plantación a cosecha.

Es importante identificar especialmente el inicio de la bulbificación, periodo a partir del cual se produce la máxima absorción de nutrientes y de agua. El inicio de la bulbificación se puede identificar por el índice de bulbificación (Morabito *et al.*, 1993) definido como la relación entre el diámetro del cuello de la planta y el diámetro del bulbo. Cuando esta relación es menor a 0,5, la planta comienza a presentar bulbos definidos.

LITERATURA CITADA Y CONSULTADA

- BURBA, L. 1992. Producción, propagación y utilización del ajo. En: FAO, producción, postcosecha, procesamiento y comercialización de ajo, cebolla y tomate. Oficina Regional de FAO para América Latina y El Caribe. J. Izquierdo, G. Paltrinieri y C. Arias (Eds). Santiago (Chile) p: 63-126.
- CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION Y U. CATOLICA DE CHILE, 1987. El Ajo. En: Monografías Hortícolas. p: 9-33. Santiago, Chile.
- ESCAFF, M. 1991. Variedades de ajo cultivadas en Chile. En: Primer Curso - Taller de ajos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental La Platina. Serie La Platina Nº 28. pp: 55 - 74.
- FUNDACION CHILE. 1991. Cebollas y ajos. En: Manejo de cosecha y poscosecha de principales productos hortícolas. Departamento Agroindustrial. Santiago, Chile.
- GIACONI, V. y M. ESCAFF. 1993. Cultivo de hortalizas. Universitaria. Santiago, Chile. 332p.
- KEHR, E. 1996. Cultivo del ajo en la zona sur. En: Revista Tattersal 125:(4-6).
- KRARUP, C. e I. MOREIRA. 1998. Hortalizas de estación fría. Biología y diversidad cultural. P. Universidad Católica de Chile, VRA, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Santiago, Chile. <http://www.puc.ci/sweduc/hortO498>.
- LEDESMA, A., S. NUÑEZ, y J. ARGÜELLO. 1997. Almacenamiento de semillas a bajas temperaturas, uso de reguladores y fertilizantes para la producción de ajos tempranos. Una propuesta. En: 50 Temas sobre producción de ajo. 3. Ingeniería del cultivo. (Ed. Luis Burba). INTA, E.E. Agropecuaria La Consulta. pp. 39-45. Mendoza, Argentina.
- MAROTO, J. 1992. Hortalizas aprovechables por sus bulbos. En: Horticultura herbácea especial. Mundiprensa. Madrid - España. pp.136-143.
- MORABITO, J., D. AHUMADA y A. PETERS. 1993. Caracterización del crecimiento del cultivo de ajo para la calibración de un modelo de riego. En: III Curso/Taller Producción, comercialización e industrialización de ajo. INTA La Consulta. Mendoza, Argentina. pp. 289-309.
- ODEPA, 2001. Mercados Agropecuarios Nº 101. Santiago, Chile. 64p.

RABINOWITCH, H. y J. BREWSTER. 1990. Onions and allied crops. Volume I: Botany, Physiology, and Genetics. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. EUA. 273p.

STAHLSCHMIDT, O. y J. CAVAGNARO. 1997. Aspectos ecofisiológicos del cultivo del ajo. En: 50 Temas sobre producción de ajo. (Ed. Luis Burba). INTA, Estación Experimental Agropecuaria La Consulta. Mendoza, Argentina. 3: (20-38).

TOYAO, T., M. ESCAFF y C. MUÑOZ, 1993. Caracterización cariotípica de 34 clones de ajo (*Allium sativum* L.). Agricultura Técnica (Chile) 53(1): 30- 35.