

Tecnología para cultivar

ajo

en Zacatecas

inifap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



Manuel REVELES-HERNÁNDEZ
Rodolfo VELÁSQUEZ-VALLE
Ángel G. BRAVO-LOZANO

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS
CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO
CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

Calera, Zac., México, Diciembre de 2009

Libro Técnico No.11

ISBN:978-607-425-248-4

TECNOLOGÍA PARA CULTIVAR AJO EN ZACATECAS

Manuel Reveles-Hernández

Ing. Investigador del Programa de Hortalizas.
Campo Experimental Zacatecas, INIFAP.

Rodolfo Velásquez-Valle

Ph. D. Investigador del Programa de Fitopatología.
Campo Experimental Zacatecas, INIFAP.

Ángel G. Bravo-Lozano

Dr. Investigador del Programa de Uso y Manejo del Agua Campo
Experimental Zacatecas, INIFAP, hasta diciembre de 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES,
AGRICOLAS Y PECUARIAS
CENTRO DE INVESTIGACION REGIONAL NORTE CENTRO
CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS
CALERA, ZAC., MÉXICO

Libro Técnico N° 11

Diciembre de 2009

Tecnología para Cultivar Ajo en Zacatecas

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias
Progreso No. 5,
Barrio de Santa Catarina
Delegación Coyoacán,
C.P. 04010 México, D.F.
Teléfono (55) 3871-7800

ISBN: 978-607-425-248-4

Primera Edición 2009

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la Institución.

Cita correcta:

Reveles-Hernández, M.; Velásquez-Valle, R. y Bravo-Lozano, A. G. 2009. Tecnología para cultivar ajo en Zacatecas. Libro Técnico No. 11. Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP. 272 p.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Produce Zacatecas, A. C. por su apoyo financiero a los proyectos de Investigación de los cuales se ha obtenido gran parte de los datos e información de esta publicación.

Al Consejo Estatal de Productores de Ajo de Zacatecas, A. C. por su apoyo en la gestión de recursos, en el suministro en materiales e insumos, y por la facilidad que ha brindado al proporcionar parcelas para la realización de experimentación y validación en el cultivo de ajo.

CONTENIDO

TEMA	PAGINA
ORIGEN USOS Y BOTANICA DEL AJO	3
Origen, Historia y Distribución del Ajo.	3
Usos del Ajo	4
El Ajo y la Salud Humana	7
Uso del Ajo en la Protección de los Cultivos	9
Composición Química del Ajo	13
Taxonomía del Ajo	14
Descripción Morfológica	16
ESTADISTICAS Y ECONOMIA DEL AJO	23
Producción Mundial de Ajo	23
Principales Países Productores de Ajo en el Mundo	25
Comercio Mundial del Ajo.	26
Producción Nacional de Ajo	31
Estados Productores de Ajo en México	34
Precios del Ajo en el Mercado Nacional.	36
Situación Estatal del Ajo en Zacatecas	37
OBTENCIÓN Y MANEJO DE SEMILLA	41
Selección de Bulbos para Semilla	44
Sanidad	45

Tamaño del Bulbo	47
Peso del Bulbo	47
Forma del Bulbo	48
Color del Bulbo	49
Número de Dientes	50
Firmeza	50
Permanencia de Catáfilas	51
Tamaño del Diente	51
Almacenamiento y Conservación de Semilla de Ajo	53
Tratamiento de la Semilla	54
ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE AJO	57
Selección de la parcela	57
Preparación del Suelo	57
Marcado del Terreno para la Siembra	59
Siembra en surcos	59
Siembra en Camas	61
Densidad de Población	66
Variedades	68
Fecha de Siembra	71
FERTILIZACIÓN	75
Importancia de la nutrición balanceada	75

Nitrógeno	77
Fósforo	79
Potasio	79
Azufre	80
Magnesio	81
Deficiencia y suficiencia de nutrientes en el cultivo de ajo.	82
Interacción Nutrición y Escobeteado del Ajo	85
RIEGO POR GOTEO Y FERTIRRIGACIÓN	89
Manejo del Riego por Goteo	91
Siembra en Surcos.	92
Siembra en Camas.	92
Cálculo del Volumen de Agua y el Tiempo de Riego	94
Manejo de la Fertirrigación	97
Fertilizantes Utilizados en Fertirrigación	99
Necesidades de Fertilizante.	103
CONTROL DE PLAGAS	111
Trips	111
Trips de la Cebolla (<i>Thrips tabaci</i> Lindeman)	111
Trips Occidental de las Flores (<i>Frankliniella occidentalis</i> Pergande)	113
Ácaros	116

CONTROL DE ENFERMEDADES	121
Pudrición Blanca	121
Manejo de la Enfermedad	123
Recomendaciones Generales	124
Pudrición por Fusarium	127
Manejo de la Enfermedad	128
Pudrición por Penicillium	129
Manejo de la Enfermedad	129
Pudrición por Nematodos	130
Manejo de la Enfermedad	131
Marchitez por Sclerotium	132
Manejo de la Enfermedad	133
Mancha Púrpura	134
Manejo de la Enfermedad	135
Enfermedades Provocadas por Virus	136
FISIOPATÍAS COMUNES DEL AJO	141
“Ajo Pera” y “Ajo de Dos Pisos”	141
“Ajo Macho”	142
Ajo Martillo”	142
“Ajo Rebrotado”	143

MALEZAS	153
Control de Malezas en Cultivo de Ajo	153
Métodos para el control de Malezas en Ajo	155
Manejo Integrado de malezas	156
Control cultural	156
Control de Malezas en Presiembra	157
Solarización	157
Acolchados en el Control de Malezas	157
Control Químico de Malezas en Ajo	158
Eficiencia del Control Químico	161
Malezas más Comunes del Ajo	162
COSECHA DE AJO	185
Determinación del Momento Oportuno de Cosecha	186
Índices de Madurez y Momento Oportuno de Cosecha	189
Índices de Madurez Determinados en Campo	189
Índices de Madurez Determinados en Laboratorio	194
Suspensión de Riegos	195
Aflojado de Plantas	196
Curado o Acondicionamiento del ajo	198
Secado Forzado	202
Corte	203

LIMPIEZA, SELECCIÓN Y EMPAQUE	205
Limpieza.	205
Selección	209
Empaque	213
Empaque en Cajas	214
Empaque en Mallas	214
Trenzas o Ristras	216
ALMACENAMIENTO	219
Factores que Afectan Almacenamiento de los Productos	219
Control de la Brotación en Almacén	223
Manejo de la Temperatura y Humedad Relativa	225
Irradiación	227
Hidracida Maleica	229
Almacenamiento en Frío	232
LITERATURA CITADA	234

INDICE DE FIGURAS

NO. DE FIGURA	PAGINA
1. Cultivo de ajo en donde se aprecia la altura de las plantas en ajo de la variedad <i>California Early</i> .	16
2. Plantas de ajo en donde se aprecia la abundancia de raíces (izquierda) y su profundidad de exploración en el suelo (derecha).	17
3. Diagrama del bulbo de ajo en donde se aprecia disco basal (tallo verdadero), las hojas envolventes (catáfilas), el cuello de la planta y el tallo floral.	18
4. Corte transversal de un bulbo de ajo en donde se aprecia el arreglo de los bulbillos o dientes.	19
5. Coloración típica en las catáfilas de los bulbos y túnicas de los bulbillos de la variedad Jaspeado Calera	19
6. Escapo floral e inflorescencia en plantas con cuello duro.	20
7. Inflorescencia de ajo con presencia de bulbillos aéreos.	21
8. Tendencia de la superficie mundial cosechada de ajo (en línea verde) determinada con la producción reportada (en línea azul) durante el periodo de 1961 a 2007.	24
9. Producción anual de ajo a nivel mundial (graficas de barras) para el periodo comprendido entre el año 1961 y 2007, así como su curva de tendencia (en línea verde).	24

10. Superficie de ajo sembrada en México (línea en color azul) y su tendencia (línea en verde) para el periodo 1961 a 2007.	33
11. Producción nacional de ajo (barras) y su tendencia (línea) durante el periodo de 1961 a 2007.	34
12. Distribución de la producción de ajo por estados de la República mexicana para 2007.	35
13. Comportamiento de los precios para Ajo Morado de primera calidad D F: Central de Abasto de Iztapalapa D. F.	36
14. Comportamiento de la superficie sembrada con ajo en el estado de Zacatecas.	38
15. El cultivo del ajo es importante por la gran cantidad de mano de obra que requiere.	39
16. Bulbos de ajo dañados por nematodos	46
17. El tamaño del bulbo es importante en la calidad de la semilla.	
18. Bulbo de ajo con deformaciones	47
19. Bulbo con deformaciones que deberá ser eliminado durante el proceso de selección de semilla.	48
20. Entre los bulbos que se cosechan existen variaciones en coloración, se recomienda seleccionar bulbos del mismo color para su uso como semilla.	49

21. Los bulbos que han perdido las catáfilas o parte de ellas no deben seleccionarse como semilla.	50
22. Diversidad de tamaño dentro de un mismo bulbo, cada hilera de bulbillos o dientes provenientes de bulbos diferentes.	51
23. Selección de dientes por tamaño en cribas de una desgranadora de ajo.	52
24. Implemento usado para colocación de cintilla, fertilización de fondo y marcado para siembra.	53
25. Cultivo de ajo establecido en surcos a doble hilera con riego por gravedad.	59
26. Cultivo de ajo establecido en surcos a doble hilera con riego por goteo.	60
27. Camas con seis hileras de plantas de ajo.	61
28. Plántula de ajo proveniente de un diente sembrado en posición invertida (con el pie hacia arriba).	62
29. Bulbillos o dientes de ajo insertados parcialmente en suelo húmedo.	64
30. Plantas de ajo en proceso de germinación en una siembra de bulbillos parcialmente insertados en el suelo.	65
31. Ajo en camas con cuatro hileras de plantas.	65
32. Bulbos de la variedad Jaspeado Calera, en proceso	67

registro y liberación por el Campo Experimental Zacatecas del INIFAP.

- | | |
|--|-----|
| 33. Riego por goteo en ajos, sembrados en camas de 152 centímetros de ancho. | 70 |
| 34. Curvas de aplicación de nitrógeno (N), potasio (K) y calcio (Ca), en base a la absorción de estos nutrientes durante el ciclo del cultivo del ajo. | 93 |
| 35. Adultos y ninfa (ángulo inferior izquierdo) de trips. | 104 |
| 36. Plantas de ajo con síntomas de pudrición blanca. | 112 |
| 37. Empleo de un tapete fitosanitario individual para impedir la dispersión de enfermedades como la pudrición blanca. | 123 |
| 38. Planta de ajo mostrando síntomas de pudrición por Fusarium. | 127 |
| 39. Plántula de ajo con el resto de la semilla invadida por Penicillium spp. | 128 |
| 40. Bulbo de ajo con deformaciones y raíces destruidas por ataque de Ditylenchus spp. | 130 |
| 41. Dientes de ajo mostrando algodoncillo característico de Sclerotium rolfsii. | 131 |
| 42. Lesión de mancha púrpura en el “tallo” de una planta de ajo. | 132 |
| 43. Planta de ajo con probables síntomas virales | 135 |

- (achaparramiento y deformación foliar)
44. Planta de ajo con deformación foliar (ondulado, grosor excesivo y venación prominente) de probable origen viral. 137
 45. Bulbo de ajo macho. 137
 46. Plantas de ajo mostrando síntomas de escobeteado (brotación anticipada y engrosamiento de bulbos). 143
 47. Planta de ajo mostrando brotación de dientes antes de la cosecha (escobeteado). 145
 48. Efecto del escobeteado (derecha) sobre la diferenciación de dientes en bulbos de la variedad Jaspeado Calera. 145
 49. Cultivo de ajo en sus primeras etapas de crecimiento con malezas. 147
 50. Planta de ajo con la punta de las hojas decoloradas y muertas causadas por la aplicación deficiente de herbicida. 155
 51. Planta adulta de Aceitilla (*Bidens odorata Cav.*) 161
 52. Plántula de aceitilla (*Bidens odorata Cav.*) 163
 53. Planta de mostacilla (*Brassica campestris L.*), con pulgones. 163
 54. Mostaza silvestre (*Brassica campestris L.*) creciendo en cultivo de ajo. 164

55. Planta de Cadillo con frutos	164
56. Plántula de cadillo	165
57. Planta adulta (izquierda) y plántula (derecha) de Malva o malvilla (<i>Malva parviflora L.</i>).	166
58. Planta de Chicalota (<i>Argemone ochroleuca Sweet</i>) en cultivo de ajo.	166
59. Plántulas de chicalota (<i>Argemone ochroleuca Sweet</i>) en cultivo de ajo	167
60. Inflorescencia de quelite (<i>Amarantus palmeri S. Wats.</i>)	168
61. Plántula (izquierda) y planta adulta de quelite (<i>Amarantus palmeri S. Wats.</i>).	168
62. Plántula de quelite de perro o quelite cenizo (<i>Chenopodium album L.</i>)	169
63. Quelite de perro o quelite cenizo (<i>Chenopodium album L.</i>)	170
64. Planta adulta de coquillo (<i>Cyperum esculentus L.</i>) con inflorescencia.	170
65. Plántula de coquillo emergiendo.	171
66. Bulbo de ajo dañado por un rizoma de coquillo.	172
67. Rodadora o cardo ruso (<i>Salsola tragus L.</i>)	172
68. Lampote (<i>Simpsia amplexicaulis (Cav.) Pers</i>)	173
69. Gordolobo (<i>Heliantus petiolaris L.</i>)	174
70. Plántula de gordolobo	174

71. Planta de Correhuela (<i>Convolvulus arvensis</i> L.).	175
72. Planta de alfilerillo (<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér)	176
73. Verdolaga (<i>Portulaca oleracea</i> L.)	176
74. Mostaza asiática (<i>Brassica tournefortii</i> Gouan)	177
75. Planta de hiedra (<i>Ipomea purpurea</i> (L.) Roth) con flor.	177
76. Plántula de hiedra (<i>Ipomea purpurea</i> (L.) Roth) creciendo junto a la de ajo.	178
77. Malva china (<i>Anoda cristata</i> (L.) Schitdl).	179
78. Galinsoga sp	179
79. Toloache o toritos (<i>Datura</i> sp)	180
80. Gualdra o acocote (<i>Reseda luteola</i> L.)	180
81. Plántula de mancamula o mala mujer (<i>Solanum rostratum</i> Dunal)	181
82. Mancamula o mala mujer (<i>Solanum rostratum</i> Dunal).	182
83. Coquia (<i>Kochia Scoparia</i> L. Schrad).	186
84. Escapos florales en etapa de ser recolectados	191
84. Ajos cuyo tallo se inicia a deshidratar y adelgazar provocando el acamado de las plantas.	192
86. Plantas de ajo mostrando los escapos florales totalmente extendidos y la inflorescencia aun cerrada.	193
87. Diámetros del cuello (línea negra) y ecuatorial (línea verde) del bulbo empleados para determinar momento oportuno de cosecha.	194

88. Corte transversal de un bulbo inmaduro en donde se señalan el diámetro total (en verde) y el diámetro ocupado por los dientes o bulbillos (en rojizo). 195
89. Tractor con cuchilla acoplada a cultivadora para aflojado de plantas de ajo. 195
90. Implemento para aflojar ajos con barra rotativa conectada a la toma de fuerza del tractor. 194
91. Ajos en proceso de curado engavillados en campo. 195
92. Gavillas de ajo en campo protegidas contra lluvia. 199
93. Seleccionadora mecánica de ajos. 200
94. Ajos clasificados y empacados en cajas de cartón. 213
95. Ajos empacados en mallas. 214
96. Ajo empacado individualmente en malla. 215
97. Ajos en ristras elaboradas artesanalmente. 215
98. Dientes tratados con hidracida maleica (derecha) y dientes sin tratamiento (izquierda). 216
99. Dientes tratados con hidracida que cuando llegan a emitir raíces, estas son pocas o nulas. 231

INDICE DE CUADROS

CUADRO NO.	PAGINA
1. Principales compuestos azufrados del extracto de ajo añejado y sus propiedades.	9
2. Principales componentes en 100 g de porción comestible del ajo fresco según diferentes fuentes de información.	13
3. Contenido de vitaminas de 100 gramos de ajo fresco de acuerdo con diferentes fuentes publicadas.	4
4. Contenido de minerales en 100 gramos de ajo fresco de acuerdo con diferentes autores.	14
5. Superficie, producción mundial y rendimiento de ajo durante el periodo de 1961 a 2007.	23
6. Producción en toneladas anuales de los veinte principales países productores de ajo en el mundo.	
7. Principales países exportadores de ajo para el año 2006.	29
8. Principales países importadores de ajo para el año 2006.	30
9. Comportamiento de la superficie, producción nacional y rendimiento de ajo durante el periodo 1961 a 2007.	32
10. Estados productores de ajo en la República Mexicana 2004-2005.	35
11. Estadísticas de producción de ajo en el estado de Zacatecas.	37
12. Estadística de la producción de ajo por municipio en el	39

estado de Zacatecas durante el ciclo 2005-2006.

13. Densidad de población por ha de acuerdo a los arreglos y distancias de siembra considerando una distancia entre plantas de 10 centímetros (cm). 66
14. Kilogramos de semilla de ajo requerida para sembrar una hectárea de acuerdo al calibre de bulbo usando dientes con 8 ó más milímetros de diámetro ecuatorial. 67
15. Fechas de siembra para las variedades de ajo que se cultivan en el estado de Zacatecas. 72
16. Extracción de nutrientes (en kilogramos de elemento nutritivo) para obtener un rendimiento de 10 toneladas de ajo por hectárea. 84
17. Diagnostico de contenido de nutrientes en hojas de ajo. 84
18. Efecto de dosis crecientes de nitrógeno (N) en la presencia de plantas con escobeteado del ajo. 86
19. Coeficiente de cultivo “kc” en el altiplano de Zacatecas para diferentes etapas fenológicas del cultivo de ajo. 97
20. Principales materiales fertilizantes para su uso en fertirrigación. 100
21. Orientación sobre la compatibilidad de mezclas de los principales fertilizantes para uso en fertirrigación. 102
22. Aplicación del N-P-K-Ca en porcentaje, de acuerdo a la absorción de estos nutrientes por el ajo durante su ciclo de 105

cultivo.	
23. Aplicación en kilogramos cada 10 días del N-P-K y Ca, en base a la absorción de estos durante el ciclo de cultivo del ajo.	107
24. Insecticidas recomendados para el control de trips, dosis, límite máximo de residuos e intervalo de seguridad en días.	116
25. Variedades de ajo y virus detectados durante los ciclos de cultivo 2007 – 2008 y 2008 – 2009 en Zacatecas.	138
26. Parcelas muestreadas, localización, variedad de ajo, sistema de siembra e incidencia de escobeteado de ajo en Zacatecas.	150
27. Control químico de malezas en el cultivo de ajo.	160
28. Dimensiones del falso tallo en proporción al tamaño del bulbo de acuerdo con la norma NMX-FF-018-SCFI-2006.	208
29. Clasificación de los ajos por tamaño de bulbo o cabeza de acuerdo con la norma NMX-FF-018-SCFI-2006.	210
30. Tolerancia de las especificaciones de grados de calidad en ajos de acuerdo a la norma NMX-FF-018-SCFI-2006.	212
31. Pérdidas de peso (%) en bulbos de diferentes variedades de ajo en dos condiciones de almacenamiento después de 60 días.	222

PRESENTACION

En México, se siembran más de 5,000 hectáreas de ajo al año, de las cuales cerca del 40% se cultivan en Zacatecas. Así esta hortaliza es considerada un cultivo importante para el Estado, tanto por la derrama económica que aporta el producto cosechado como por la cantidad de mano de obra que se ocupa para su cultivo, cosecha y empaque.

El constante crecimiento de la población y por ende el crecimiento de la demanda de productos alimenticios, tanto en volumen como en calidad, sin duda constituye un reto para la producción agropecuaria. Además, los sistemas de producción enfrentan el reto de usar procesos productivos cada vez más eficientes, de tal manera que se garantice la rentabilidad, competitividad y sustentabilidad de las cadenas productivas.

La información técnica escrita sobre el manejo del cultivo del ajo es relativamente escasa, por lo que el esfuerzo que se realiza por plasmar las experiencias de investigadores en este tema, conjugadas con una exhaustiva revisión de literatura de actualidad, resultan de gran utilidad. Esta obra posee una estructura y lenguaje sencillos que se convierte en un elemento esencial para los investigadores de este cultivo, para los técnicos que se dedican a prestar servicios profesionales y para los productores que han encontrado en el cultivo una oportunidad productiva, competitiva y de negocio en el sector.

ATENTAMENTE

M. Sc. Agustín Rumayor Rodríguez
Director de Coordinación y Vinculación de INIFAP en Zacatecas



ORIGEN, USOS Y BOTÁNICA DEL AJO

Origen, Historia y Distribución del Ajo.

El ajo (*Allium sativum* L.), al igual que la cebolla (*Allium cepa* L.), es una planta que tuvo su origen el Asia central donde el antecesor directo del ajo *Allium longicuspis* Regel, es una especie endémica; sus propiedades terapéuticas y usos se conocen desde hace mas de 3000 años, aunque algunos autores remiten su uso desde 4000 años antes de Cristo. En la actualidad este producto es valorado por su sabor y su uso en la preparación de una infinidad de platillos, mientras que la investigación continúa para descubrir y afinar su utilidad con fines medicinales (Boriss, 2006; Lucier and Biing-Hwan, 2000).

No se sabe con exactitud cuando fue descubierto el ajo por el hombre, De Candolle en su libro “Origen de las Plantas Cultivadas” afirma que posiblemente las tribus nómadas difundieron su uso hace miles de años las cuales lo llevaron de Asia Menor a Egipto y de allí a Mesopotamia , La India y Europa. En el siglo VIII A. de C. el ajo crecía en el jardín del rey de Babilonia; el ajo es mencionado por los eruditos chinos en las escrituras en sánscrito en el año 3000 A de C.; los sumerios incluían al ajo en su dieta como un ingrediente básico hacia el año 4000 A. de C., es mencionado en el Shih Ching (Libro poético) escrito en la época de Confucio en China; los antiguos egipcios le rendían adoración como un dios siendo su nombre invocado a menudo

en los juramentos oficiales; se llegó a utilizar para comprar esclavos pagando 15 libras (cerca de 5 kilogramos) para comprar un esclavo sano.

Durante la construcción de las pirámides egipcias los trabajadores consumían dietas basadas principalmente en cebolla y ajo del que se decía proporcionaba energía para resistir la dura faena (Peña-Iglesias, 1988; Ajo directo, 2006).

Como un testimonio del valor adquirido por esta hortaliza cabe mencionar al Antiguo Testamento de la Biblia, en el Libro de los Números 11:5 se cita “¡Ojala nos dieran carne para comer! ¡Como nos acordamos de aquel pescado que comíamos en Egipto sin costarnos nada, de aquellos pepinos, melones, puerros, cebollas y ajos!”

Usos del Ajo

Después de la cebolla, de la familia botánica de las Alliaceae, el ajo es el segundo producto más importante por su uso en la alimentación. El principal uso del ajo es como saborizante o condimento en la cocina para preparar diversos platillos alrededor del mundo, su principal consumo es en fresco al utilizar los dientes o bulbillos, además se usa deshidratado o procesado de diversas maneras (Zepp *et al.*, 1996).

A través de la historia de la humanidad el ajo ha sido motivo de creencias sobre sus propiedades medicinales, además de sus atributos mágico religiosos llegando a convertirse en uno de los recursos más empleados en la herbolaria alrededor del mundo. Se citan referencias con relación a su uso mágico religioso tales como los hallazgos de indicios de ajos entre los objetos que acompañaban al faraón Tutankamon en su tumba asumiendo la posibilidad de que se depositaran con la finalidad de que alejaran los malos espíritus (Baptista-González, 2005).

Los fenicios y los vikingos solían incluir el ajo en sus provisiones al emprender cualquier viaje, lo mismo hacían los Cruzados que regresaban a Europa después de las batallas trayendo ajos con ellos. Las virtudes del ajo eran alabadas por filósofos y eruditos, así Aristofanes sugería a los atletas y soldados consumir ajo antes de entrar en batalla para incrementar su valor y coraje; Plinio escribió sobre la capacidad del ajo para curar la tisis; Virgilio comentó que el ajo realzaba y mantenía la fuerza de los trabajadores agrícolas; Celso recomendó el consumo de ajo para curar la fiebre; Hipócrates argumentó que el ajo era una buena medicina para la cura de muchos problemas de salud; el profeta Mahoma proclamó los beneficios del ajo al ser aplicado directamente sobre una picadura o mordedura para facilitar la curación de esas heridas (Ajodirecto, 2006).

Los usos del ajo tienen una gran variación, desde los relacionados con la preparación de alimentos, en donde su uso como condimento es insustituible, hasta los curativos relacionándolo desde tiempos ancestrales con un sinnúmero de enfermedades en las que se ha probado y comprobado su eficiencia desde el punto de vista empírico y científico, como antiséptico, como estimulante, en el tratamiento de la presión arterial y otras enfermedades cardiovasculares, ha sido usado como antibiótico, antioxidante, reductor del colesterol y triglicéridos, en la prevención del cáncer de estómago y colon, también se le atribuyen propiedades preventivas en el caso de enfermedades coronarias , anticoagulante, y con éxito en infecciones de la piel, se ha usado en el tratamiento de alergias, bronquitis, diabetes mellitus, llegándosele a considerar un elemento “curalotodo” .

Se ha usado también en la medicina veterinaria en cicatrización de heridas (Cocco *et al.*, 2005, Roy and Lundy, 2005). Los beneficios del ajo, que lo han caracterizado como un producto útil para el tratamiento de múltiples problemas de salud tanto en humanos como en animales se le atribuyen a que contiene alicina, sustancia también responsable en parte al olor y sabor característico del ajo (Eagling and Sterling, 2000).

El Ajo y la Salud Humana

Esta especie ha sido considerada valiosa por su capacidad curativa y entre sus aportaciones a la salud se encuentran su poder bactericida y anti coagulante, se le reconoce por su poder para reducir las concentraciones de colesterol. Además posee efectos benéficos sobre padecimientos como el asma, la diabetes y el cáncer, se sabe también que estimula la motilidad gástrica. Ayuda a combatir el estrés, aumenta las defensas del organismo, es útil en situaciones de convalecencia de enfermedades, ayuda a normalizar la tensión arterial y es una excelente fuente de vitamina *B1*. El ajo contiene también minerales y vitaminas necesarias para el adecuado funcionamiento del cuerpo humano (Thompson *et al.*, 2006; Barak *et al.*, 2007).

Roy and Lundy (2005), reportan la existencia de más de 3000 publicaciones alrededor del mundo en las que se confirman los reconocidos beneficios del ajo en la salud, al usarse en diversos modos y preparaciones. Al realizar una revisión de 335 artículos publicados con relación a los usos del ajo en la medicina humana, Kemper (2000) establece que los activos químicos del ajo son los siguientes:

Componentes azufrados: alina, alicina, ajoene, disulfuro de allypropyl, trisulfuro de alilo, s-allylcysteina, vinilditinas, S-alilmercaptocisteina y otros.

Enzimas: Alinasa, peroxidasas, mirosinasa y otras.

Aminoácidos y sus glucósidos: Arginina y otras.

Selenio, Germanio, Tellerium y otros elementos traza.

Determinando que contiene 33 componentes sulfurados (que son los responsables del sabor y el olor característico, además de los efectos medicinales), algunas enzimas, 17 aminoácidos y minerales como el selenio. Los estudios experimentales revisados determinan que el ajo tiene un beneficio clínico potencial para problemas cardiovasculares como antihipertensivo, antilipemico (disminuyendo el colesterol), anti-therioesclerotico; en problemas gastrointestinales hepáticos como espasmolítico y hepatoprotector; en el sistema endocrino actúa como hipoglicemico; y desde el punto de vista hematológico se le atribuyen efectos como antitrombotico/antiplateletico; en el sistema reproductivo como emenogogo/abortivo; en la modulación inmunológica actúa como inmunoestimulante; tiene efectos antivirales, antibacteriales, antifungicos y antiparasiticos, también tiene actividad antineoplastica ya que se le han encontrado propiedades en la quimioprevención de tumores cancerigenos y como antioxidante (Kemper, 2000; Hall *et al.*, 2002).

En el cuadro 1 se enlistan los componentes azufrados del extracto, así como las propiedades o efectos en la prevención y tratamiento de algunos problemas en la salud humana.

Cuadro 1. Principales compuestos azufrados del extracto de ajo añejado y sus propiedades (Rico, 2007)

COMPUESTO AZUFRADO	PROPIEDADES
Aliína	Disminuye la tensión arterial Disminuye los niveles de azúcar en sangre
Ajoeno	Previene la formación de coágulos y ayuda a disolverlos
Alicina y tiosulfatos	Propiedades antibióticas, antivirales y antifúngicas
S-alil mercaptocisteína (SAMC) (sólo presente en el ajo añejado no en el crudo)	Ayuda a reducir los niveles de colesterol Previene la arterosclerosis Antitumoral Antidiabética Protectora hepática Estimuladora del crecimiento de bifidobacterias
Sulfuro de dialilo y afines	Ayudan a reducir los niveles de colesterol. Antioxidantes Antitumorales
S-alil cisteína (SAC)	Ayuda a reducir los niveles de colesterol. Protege frente a tratamientos de quimioterapia. Ayuda a desintoxicar el hígado Protectora frente a agentes oxidantes

Uso del Ajo en la Protección de los Cultivos

Según la Agencia de Protección al Ambiente (EPA por sus siglas en inglés), los extractos y polvos a base de ajo se han usado primero como repelentes de pájaros y después como repelentes de insectos, aún cuando no es considerado un insecticida dado que es un alimento para los humanos (EPA, 1992). Dentro de sus cualidades destacan, el hecho de ser natural, ecológico, biodegradable, efectivo en presencia

de materia orgánica, amplio efecto de larga duración, estable en aguas duras, no es tóxico, se puede utilizar en presencia de seres vivos, no altera ni el sabor ni el olor de los productos tratados y es altamente soluble al agua.

Existe una gran variedad de insecticidas comerciales cuya efectividad está basada en los extractos de plantas que contienen diversos ingredientes activos, dentro de las plantas comunes que se pueden usar como insecticidas se menciona al ajo por sus propiedades como repelente, insecticida, bactericida y nematocida (Castro *et al.*, 1996).

El uso de extracto de ajo en combinación con otros extractos favorecieron el retraso en la aparición de *Phytophthora infestans* De Bary, en tomate producido orgánicamente, atribuyéndose su eficiencia en la inhibición de la formación de zoosporas y de colonias del hongo. (Diniz *et al.*, 2006).

Prabu (2008) reporta el uso de extracto de ajo en combinación con ginger, chile y orina de ganado bovino como efectivos en el control de enrollador de la hoja, trips, chinche harinosa, barrenador de la corteza, fruto y tallo, gusano peludo y áfidos.

Reuben *et al.* (2006) encontraron efecto del extracto de ajo sobre el control de palomilla dorso de diamante en el cultivo de col china al

usarlo en combinación con extractos de chile; también reportan en su revisión de literatura el efecto del extracto de ajo para controlar áfidos y gusanos en crucíferas como lechuga.

Mendham (2006) recomienda el uso de cultivos intercalados con ajo para obtener huertos con plantas saludables, recomendándolo especialmente en cultivos de lechuga y repollo.

La mosca de la zanahoria es controlada con extracto de ajo (Roselló, 2003); también Salas (2001) encontró que al usar el extracto de ajo como repelente se disminuyeron las poblaciones de huevecillos de mosca blanca lo que demostró que más que repelente, en este caso, actuó como disuasivo o supresor de la oviposición de la especie *Bemisia tabaci*, (Gennadius) insecto que actúa como vector de geminivirus en tomate y frijol entre otros cultivos.

Ahmed *et al.* (2002) encontraron que el extracto de ajo es útil en el control de la mancha café del arroz, provocada por *Bipolaris oryzae* Shoem en evaluaciones realizadas *in vitro*, por lo que se sugiere su uso en el control del patógeno.

Los extractos de ajo son recomendados para reducir poblaciones de áfidos, mosca blanca, salta hojas y lepidópteros; son útiles para el control de plagas del maíz como: barrenador del tallo (*Diatraea sp.*),

gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith), gusano cortador (*Agrotis ypsilon* Hufnagel) y trips (*Hercythrips insularis* Hood); en plagas del cacahuate como áfidos (*Aphis* sp.) o para la mancha foliar temprana (*Cercospora arichidicola* Hori); también se han comprobado sus beneficios en el control de áfidos en frijol (Bahar *et al.*, 2007; Lardizabal, 2002; Ramón y Rodas, 2007; Solorzano, 2000).

En la producción orgánica de aguacate se recomienda el uso de extractos de ajo en combinación con otros productos como parte del paquete tecnológico para el control de *Colletotrichum gloeosporioides* Penz ya que ha demostrado puede ser una alternativa viable en el control de la antracnosis provocada por el patógeno citado (Reyes, 1996).

Ferrada y Farías (2008) encontraron que aplicaciones de extracto de ajo en el cultivo orgánico de papas resultaban útiles en el control de áfidos. La aplicación de extracto de ajo se reporta como eficiente en la inhibición de los hongos *Bipolaris sorokiniana* Sacc., *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. y *Rhizopus* sp. En semillas de trigo el hongo *Penicillium* spp fue inhibido por extractos de ajo (Hasan *et al.*, 2005; Montes *et al.*, 2000).

Los extractos de ajo también se han usado eficientemente en la promoción de la brotación de cultivos como la vid, lo que se ha

comprobado al utilizarse como compensadores de frío en el cultivo de uva de mesa producida orgánicamente en el estado mexicano de Sonora (Vargas-Aispuro *et al.*, 2008).

Composición Química del Ajo.

Al revisar la composición química del ajo se puede notar que contiene una gran cantidad de agua (cerca del 60%), por lo que la cantidad de materia seca variará entre el 30 y 40% del ajo fresco; con un contenido alto de carbohidratos que varía de 23 a 33%, y su contenido de proteína de 5.3 a 6.6% (Cuadro 2).

Cuadro 2. Principales componentes en 100 g de porción comestible del ajo fresco según diferentes fuentes de información.

COMPONENTE	Maynard and Hochmuth (2007)	Nutritiondata (2009)	Rubatzky and Yamaguchi (1999)	Rico (2007)	CONAJO (2009)
AGUA (%)	59	58.6	64	-	61
ENERGIA (Kcal)	149	151.9	-	-	98-139
PROTEINA (g)	6.4	6.61	6.2	5.3	4-6.4
GRASA (g)	0.5	.51	.35	.3	0.5
CARBOHIDRATOS (g)	33.1	33	27.9	23	-
FIBRA (g)	2.1	2.2	1	1.1	-

El ajo es una fuente importante de vitaminas y minerales para la nutrición y salud humana, ya que hace importantes aportaciones de estos compuestos como lo demuestran los análisis realizados por diferentes autores (Cuadros 3 y 4).

Cuadro 3. Contenido de vitaminas de 100 gramos de ajo fresco de acuerdo con diferentes fuentes publicadas.

COMPONENTE	Nutritiondata (2009)	Maynard and Hochmuth (2007)	CONAJO (2009)	Senser and Scherz (1999)
VITAMINA B1			0.2mg	200 mcg
VITAMINA B2			0.11mg	80 mcg
VITAMINA B6	1.25 mg	1.20 mg		
VITAMINA C	30.88 mg	31.20 mg	9-18 mg	14 mg
VITAMINA E	0.07 mg			11 mcg
VITAMINA K	1.69 mcg			
TIAMINA	0.22 mg	.20 mg		
RIBOFLAVINA	0.07mg	.11 mg		
NIACINA	0.73 mg	0.7 mg	0.7 mg	
FOLATO	3.01 mcg			
ACIDO PANTOTENICO	0.58 mg			
COLINA	23.23 mg			

Cuadro 4. Contenido de minerales en 100 gramos de ajo fresco de acuerdo con diferentes autores.

MINERAL	Nutritiondata (2009)	Senser and Scherz (1999)	CONAJO (2009)
CALCIO	180.88 mg	40 mg	10-24 mg
FIERRO	1.69 mg	1400 mcg	1.7-2.3 mg
MAGNESIO	25 mg	35 mg	
FOSFORO	152.94 mg	135 mg	40-195 mg
POTACIO	400.73 mg	530 mg	540 mg
SODIO	16.98 mg	19 mg	
ZINC	1.17 mg	1 mg	
COBRE	0.29 mg	260 mcg	
MANGANESO	1.69 mg	460 mcg	
SELENIO	14.19 mcg	20 mcg	

Taxonomía del Ajo

Del ajo, cuyo nombre científico es *Allium sativum* L., se relacionan los siguientes acontecimientos con relación a su clasificación taxonómica de las angiospermas realizada por Melchior en 1964 ubicó al género

Allium en la familia Liliaceae; clasificaciones realizadas posteriormente, lo ubicaron en la familia Amarillidaceae con base en la estructura de la inflorescencia, en la más reciente clasificación de las monocotiledoneas se ha aceptado a las Alliaceae como una familia, con lo que Takhtajan en 1997 propone la siguiente clasificación taxonómica (Fritsch and Friesen, 2002):

Clase: *Liliopsida*

Subclase: *Liliidae*

Superorden: *Lilianae*

Orden: *Amaryllidales*

Familia: *Alliaceae*

Subfamilia: *Allioideae*

Tribu: *Allieae*

Género: *Allium*

Es importante conocer a las especies miembros de la familia, ya que para fines orgánicos prácticos, son ellos los posibles huéspedes de los mismos organismos dañinos como plagas o enfermedades y por lo tanto dignos de tomar en cuenta en actividades de manejo integrado de estos organismos. Dentro de la misma familia del ajo se encuentran especies cultivadas como la cebolla *Allium cepa* L., el puerro *Allium ampeloprasum* L., el cebollino español *Allium fistulosum* L., el cebollino francés, *Allium schoenoprasum* L. y el cebollino chino *Allium tuberosum* Rottler ex Spreng (Peña-Iglesias, 1988).

Descripción Morfológica

La planta del ajo llega a medir desde 30 hasta cerca de 90 centímetros de altura, es una planta herbácea, bulbosa perenne, sus bulbos son odoríferos, sus raíces son adventicias que se localizan entre 5 y 45 centímetros de profundidad, aunque llegan a medir hasta 70 y 80 centímetros de longitud (Figura 1 y 2).



Figura 1. Cultivo de ajo en donde se aprecia la altura de las plantas en ajo de la variedad California Early.



Figura 2. Plantas de ajo en donde se aprecia la abundancia de raíces (izquierda) y su profundidad de exploración en el suelo (derecha).

El verdadero tallo mide cerca de 30 milímetros de diámetro y 5 milímetros de altura y tiene forma de plato, del cual nacen las hojas y raíces, las hojas miden de uno a tres centímetros de ancho y de 20 a 50 centímetros de largo, están formadas por una vaina y un limbo aplanado, estrecho, largo y fistuloso, con una nervadura central bien desarrollada y con terminación en punta; el falso tallo es corto y erecto y está constituido por las vainas de las hojas. En la base de las vainas de las hojas no se acumulan sustancias nutritivas y al morir se convierten en túnicas protectoras (llamadas catáfilas) del bulbo (Figura 3).



Figura 3. Diagrama del bulbo de ajo en donde se aprecia disco basal (tallo verdadero), las hojas envolventes (catáfilas), el cuello de la planta y el tallo floral.

El bulbo está compuesto de varios bulbillos o dientes unidos en su base que se forman en las axilas de las hojas en número de seis o siete en adelante, por lo que se les considera hojas transformadas que sirven para almacenar reservas de la planta; los bulbillos son envueltos de manera individual por túnicas interiores, mientras que el bulbo completo es envuelto por túnicas exteriores transparentes membranosas de coloraciones que van del blanco al rojizo o púrpura y

que se forman en el interior de las hojas envainadas (Kamenetsky and Rabinowich, 2006).



Figura 4. Corte transversal de un bulbo de ajo en donde se aprecia el arreglo de los bulbillos o dientes.



Figura 5. Coloración típica en las catáfilas de los bulbos y túnicas de los bulbillos de la variedad Jaspeado Calera.

El numero de dientes puede variar desde seis hasta 20 en la mayoría de los casos, aunque se llegan a encontrar bulbos con 40 ó más

dientes, como es el caso de algunos materiales criollos de los estados de San Luis Potosí o Nuevo León.

La planta de ajo puede producir un tallo o escapo floral en cuya parte superior aparece la inflorescencia en forma de umbela esferoidal cubierta por una bráctea grande, membranosa y caduca. La umbela está constituida por flores pequeñas con seis sépalos y pétalos de color blanco o rosado así como seis estambres y un pistilo que al madurar dan origen a un fruto con tres cavidades, cada una con dos semillas, que rara vez se producen (Sarita, 1995; Peña-Iglesias; 1988, Kemper, 2000), (Figura 6 y 7).



Figura 6. Escapo floral e inflorescencia en plantas con cuello duro.



Figura 7. Inflorescencia de ajo con presencia de bulbillos aéreos.



ESTADÍSTICAS Y ECONOMÍA DEL AJO

Producción Mundial de Ajo

La superficie cosechada de ajo a nivel mundial para el año 2007 fue de 1`204,711 hectáreas, mientras que hace 47 años, en 1961, era de tan solo 771,206 hectáreas, teniendo en general una tendencia al incremento de la superficie como se expresa en el Cuadro 5 y Figura 8 en donde se aprecia que aunque en las décadas de los 70's y 80's disminuyó tanto la superficie como la producción.

Cuadro 5. Superficie, producción mundial y rendimiento de ajo durante el periodo de 1961 a 2007. (FAO, 2009).

AÑO	SUPERFICIE	PRODUCCION	RENDIMIENTO
	ha	Ton	Ton/ha
1961	771206	4300697	5.6
1970	416385	2854876	6.9
1980	619410	4251797	6.9
1990	770460	6460645	8.4
1997	927350	8934698	9.6
1998	958876	9139488	9.5
1999	994751	9720276	9.8
2000	1087878	11088888	10.2
2001	1101610	11467767	10.4
2002	1130482	12531234	11.1
2003	1140631	13629493	11.9
2004	1154107	14353025	12.4
2005	1179101	14869768	12.6
2006	1165153	15168899	13
2007	1204711	15686310	13

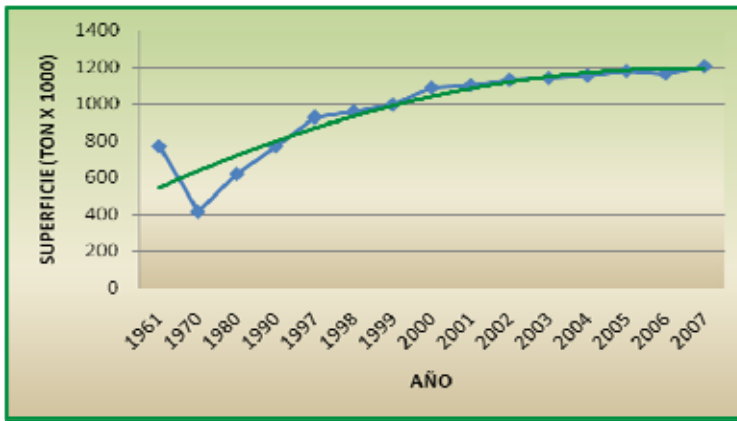


Figura 8. Tendencia de la superficie mundial cosechada de ajo (en línea verde) determinada con la producción reportada (en línea azul) durante el periodo de 1961 a 2007.

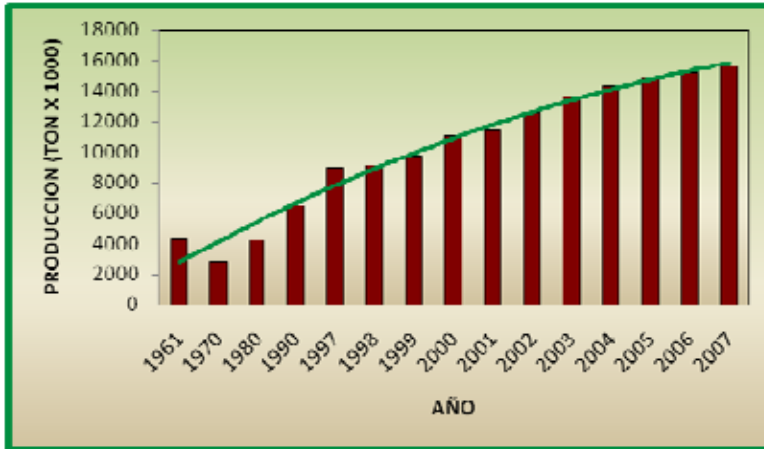


Figura 9. Producción anual de ajo a nivel mundial (graficas de barras) para el periodo comprendido entre el año 1961 y 2007, así como su curva de tendencia (en línea verde).

Durante la década de los 90's se recuperaron estos indicadores para que en años posteriores se registrara un incremento notorio cada año, hasta alcanzar un 56% en cuanto a superficie en 2007 con relación a 1990; comportamiento similar tuvo la producción mundial de ajo (Figura 9).

Al relacionar la superficie sembrada con la producción se observa que el rendimiento promedio mundial era para 1961 de 5.6 tonelada por hectárea, pasando a 8.4 en 1990, para situarse en 13 toneladas por hectárea en el 2007, expresando una clara tendencia al incremento de los rendimientos (FAO, 2009).

Principales Países Productores de Ajo en el Mundo.

El principal país productor de ajo en el mundo es China, seguido por India y la República de Corea, desplazando a países como España que pasó de ser el segundo lugar en producción en el año de 1961 al lugar 7 en el año 2005, mientras que en América, Estados Unidos pasó del lugar 19 al 4 en el mismo periodo, por su parte Argentina pasó del lugar 12 en el año de 1961 al lugar 8 en el año 1980 en donde se ha mantenido hasta el año 2005; Brasil se ha mantenido entre los lugares 12 y 14 durante el mismo periodo, mientras que Cuba, que no figuraba dentro de los principales 20 países productores de ajo, aparece en el lugar 19 a partir del año 2004.

El comportamiento de la producción de ajo en México lo ubicó en el lugar 17 en el año de 1961, pero llegó a ocupar el lugar 13 en 1980, sin embargo a partir de ese año aun cuando incremento su producción pasó a ocupar el lugar 18 en el año 2000 y para el año 2003 ocupaba el lugar 20 como se aprecia en el Cuadro 6, sin embargo su aporte a la producción mundial ha seguido decreciendo para ubicarse en el lugar 22 de la producción mundial para el año del 2005 (FAO, 2009).

Comercio Mundial del Ajo.

Países exportadores. China aparece como el principal productor de ajo a nivel mundial, pero además es el principal exportador de este producto ya que el 81 % del las exportaciones mundiales del producto proviene de este país asiático, seguido por Argentina, España, y Malasia, de acuerdo con datos del Comité Nacional de Sistema Producto Ajo (CONAJO).

México ocupa el séptimo lugar como exportador del producto para el año 2006 logrando comercializar en otros países 10,565 toneladas (tan solo el 0.75% del producto que se comercializa a nivel mundial) con un valor de 10'357, 000 dólares, siendo junto con Argentina, Chile y

Cuadro 6. Producción en toneladas anuales de los veinte principales países productores de ajo en el mundo.

POSICION	PAIS	1961	PAIS	1970	PAIS	1980
1	China	3'455,337	China	1'711,417	China	2'379,640
2	España	135,800	Egipto	147,000	Corea del Sur	252,768
3	India	130,000	España	128,000	India	216,000
4	Egipto	61,000	India	100,000	España	211,500
5	Italia	57,400	Corea, Rep.	78,009	Egipto	199,111
6	Francia	37,050	Italia	67,800	Tailandia	124,100
7	Turkía	35,800	Tailandia	63,400	Turkía	97,500
8	Yugoslavia	35,300	Turkía	57,600	Argentina	95,000
9	Tailandia	33,900	Yugoslavia	55,897	Estados Unidos	89,629
10	Bangladesh	33,600	Bangladesh	54,900	Yugoslavia	59,000
11	Corea del Sur	32,608	Argentina	49,200	Italia	52,400
12	Argentina	31,800	Francia	41,170	Francia	47,342
13	Brazil	27,321	Brazil	36,377	México	46,637
14	Romania	18,800	Estados Unidos	33,021	Brazil	40,303
15	Myanmar	16,000	México	28,998	Pakistan	38,801
16	Bulgaria	15,102	Bulgaria	21,043	Bangladesh	37,484
17	Mexico	14,219	Pakistan	19,061	Corea del Norte	30,000
18	Corea, del Norte	14,000	Corea del Norte	19,000	Myanmar	26,010
19	Estados Unidos	13,063	Myanmar	17,088	URSS	25,000
20	Grécia	12,749	Grécia	16,001	Romania	20,500

Cuadro 6. Producción en toneladas anuales de los veinte principales países productores de ajo en el mundo (Continuación).

POSICION	PAIS	2000	PAIS	2005
1	China	7'486,112	China	11'093,500
2	India	524,600	India	500,000
3	Corea del Sur	474,388	Corea, del Sur	350,000
4	Egipto	266,555	Estados Unidos	236,960
5	Estados Unidos	253,150	Federación Rusa	230,000
6	Federación Rusa	195,110	Egipto	162,077
7	España	162,833	España	145,300
8	Argentina	149,186	Argentina	142,735
9	Tailandia	132,000	Ukrania	137,000
10	Ukrania	127,000	Myanmar	121,000
11	Turkía	102,000	Tailandia	110,000
12	Brazil	84,215	Turkía	99,500
13	Corea del Norte	80,000	Corea del Norte	95,000
14	Pakistan	76,280	Brazil	88,471
15	Romania	68,300	Romania	76,172
16	Myanmar	67,011	Bangladesh	73,000
17	Indonesia	59,008	Etiopía	71,000
18	México	55,432	Irán	70,000
19	Irán	50,000	Cuba	60,000
20	Perú	49,467	Pakistan	55,900

Cuadro 7. Principales países exportadores de ajo para el año 2006 (CONAJA, 2006).

PAIS	EXPORTACION		
	CANTIDAD (ton)	%	VALOR (1000 USd)
China	1.142.237	81,00	354.903
Argentina	86.709	6,15	57.335
España	57.870	4,10	83.723
Malasia	34.496	2,45	7.374
Francia	13.826	0,98	28.171
Chile	11.436	0,81	10.393
México	10.565	0,75	10.357
Holanda	9.457	0,67	12.494
Italia	9.426	0,67	18.111
Emiratos Árabes	9.254	0,66	2.921
Egipto	7.136	0,51	3.349
EUA	6.127	0,43	8.875
Filipinas	5.399	0,38	3.611
Reino Unido	4.092	0,29	3.52
Pakistán	2.161	0,15	846

Países importadores. En 2006 los principales países importadores de ajo a nivel mundial fueron Indonesia, Viet Nam y Brasil; en el continente americano los principales países importadores de ajo son Brasil, Estados Unidos de América y Colombia (Cuadro 8).

Cuadro 8. Principales países importadores de ajo para el año 2006 (CONAJO, 2006).

PAIS IMPORTADOR	CANTIDAD (ton)	VALOR (1000 usd)
Indonesia	218.538	48.9
Viet Nam	91.614	19.981
Brasil	91.565	43.229
Malasia	76.345	20.751
Pakistán	49.284	10.996
Federación de Rusia	49.097	16.264
Estados Unidos de América	45.786	49.958
Tailandia	44.723	6.363
Bangladesh	40.114	10.96
Italia	31.79	37.475
Emiratos Arabes Unidos	30.036	11.311
Francia	28.525	42.828
Japón	27.639	18.609
Arabia Saudita	25.527	10.158
Colombia	23.053	6.544

Las temporadas de cultivo de ajo dependen en gran medida de la latitud de los lugares en donde se establece, lo que define su presencia en los mercados, por ejemplo en Argentina y Chile el cultivo se establece en marzo y se cosecha en noviembre y diciembre, mientras que en Estados Unidos y México se establece de septiembre a noviembre y es cosechado durante la primavera siguiente (abril a junio), al igual que en China, aunque en este país asiático se llega a cosechar antes que en México sin embargo, en California que es la

región con mayor producción de los Estados Unidos se cosecha en los meses de junio y agosto (Alliance for American Manufacturing, 2007).

En Estados Unidos el 22% del ajo se comercializa en fresco, mientras que el resto se destina para su comercialización deshidratado o como semilla para el ciclo siguiente.

El producto es comercializado en fresco, deshidratado, en productos farmacéuticos, en salmuera, en aceite, en encurtidos, etc.

Producción Nacional de Ajo

México ocupó para el año 2007 el lugar número 22 dentro de los 94 países productores que reporta la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en ingles), la superficie cosechada de ajo a nivel nacional hace 47 años, en el 1961 era de 5,315 hectáreas; a partir de los años 70's se registra un incremento en la superficie para caer levemente en las décadas de 1980 y 1990, aunque se registra un incremento considerable para el año 1997 llegando a 9,304 hectáreas, en 1998 empieza a disminuir la superficie hasta el 2002 llegando a 4,484 y prácticamente mantenerse hasta 2007 con una superficie de 5,200 hectáreas, lo anterior se puede apreciar en el Cuadro 9 (FAO, 2009). Este comportamiento lo atribuye el Comité Nacional de Sistema Producto Ajo (CONAJO) al estancamiento del comercio del producto nacional debido a la

introducción ilegal de ajo de otros países, principalmente de China, aun cuando la calidad, sabor y condiciones sanitarias de ese producto son inferiores a las del producto nacional (CONAJO, 2009).

Cuadro 9. Comportamiento de la superficie, producción nacional y rendimiento de ajo durante el periodo 1961 a 2007, de acuerdo con los datos de la FAO, 2009.

AÑO	SUPERFICIE	PRODUCCION	RENDIMIENTO
	ha	Ton	Ton/ha
1961	5315	14219	2.7
1970	6585	28998	4.4
1980	6423	46637	7.3
1990	5511	41236	7.5
1997	9304	74649	8
1998	9139	66902	7.3
1999	8106	60035	7.4
2000	7469	55432	7.4
2001	6695	55766	8.3
2002	4784	41300	8.6
2003	5425	44920	8.3
2004	5608	48025	8.6
2005	4884	46303	9.5
2006	5101	43724	8.6
2007	5200	45000	8.7

Al relacionar la superficie sembrada con la producción se observa que el rendimiento promedio nacional era para 1961 de tan solo 2.7 toneladas por hectárea, pasando a 7.3 toneladas por hectárea en 1980 para posteriormente situarse en 9.5 toneladas por hectárea en el 2005

y en 8.7 toneladas por hectárea para el año 2007, expresando una clara tendencia al incremento de los rendimientos durante las décadas de los 80's y 90's, así como a partir del año 2001.

Es importante resaltar que cuando la tendencia de la superficie y producción mundial de ajo en los últimos años es a la alta, en México la tendencia no es similar, ya que se expresa una tendencia a la baja en el año 2000 y después tiende a mantenerse (Figuras 8, 9,10 y 11).

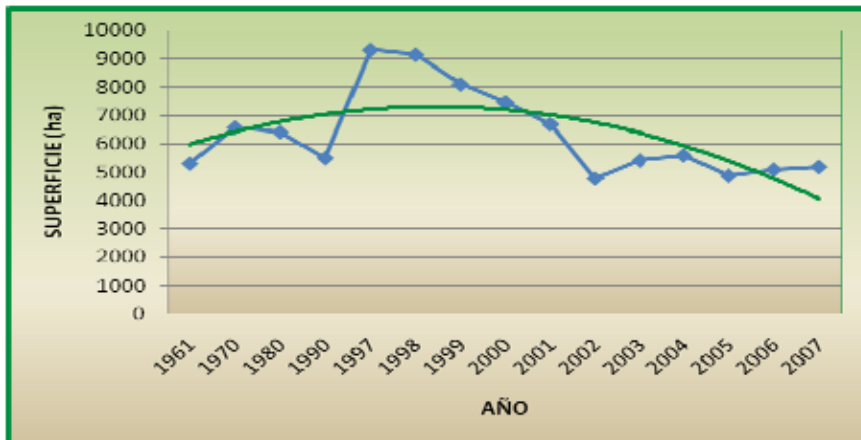


Figura 10. Superficie de ajo sembrada en México (línea en color azul) y su tendencia (línea en verde) para el periodo 1961 a 2007.

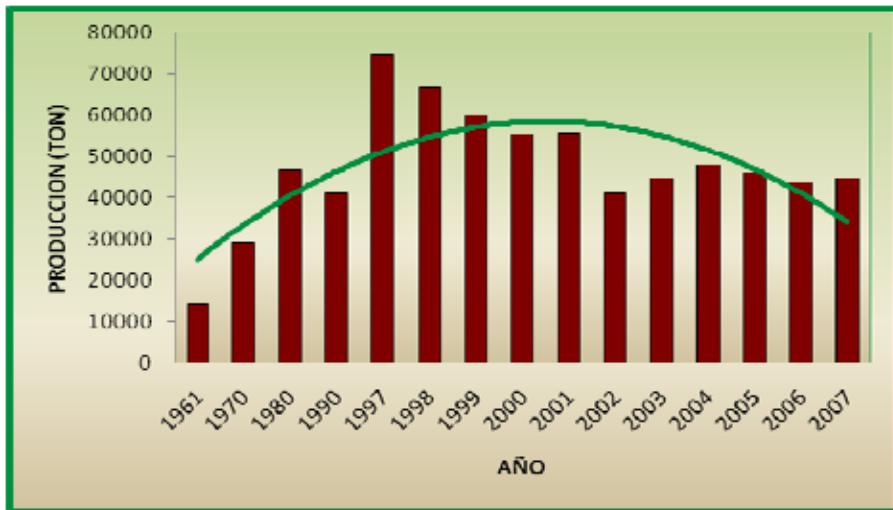


Figura 11. Producción nacional de ajo (barras) y su tendencia (línea) durante el periodo de 1961 a 2007.

Estados Productores de Ajo en México.

De acuerdo con el CONAJA los principales estados productores de ajo en Mexico para 2007 son Zacatecas, Guanajuato, Aguascaliente, Baja California y Sonora, en los cuales se concentra el 83 % de la producción nacional (Figura 12).

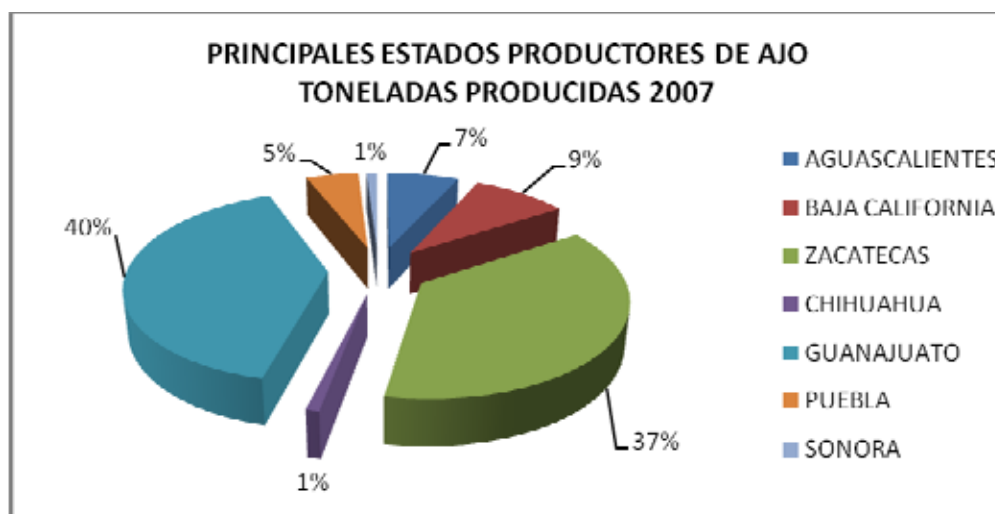


Figura 12. Distribución de la producción de ajo por estados de la República mexicana para 2007.

Cuadro 10: Estados productores de ajo en la República Mexicana 2004-2005 (CONAJO, 2009).

ESTADO	SUPERFICIE ha	%
AGUASCALIENTES	340	6,8
BAJA CALIFORNIA	450	9,0
ZACATECAS	1,850	37,1
CHIHUAHUA	45	0,9
GUANAJUATO	2,000	40,1
PUEBLA	250	5,0
SONORA	50	1,0
TOTAL	4,985	
PRODUCCION	44,431	
RENDIMIENTO PROMEDIO	8,912	
EXPORTACION	10,565	
% EXPORTACION	23,778,443	
VALOR EXPORTACION	US\$10357	

Precios del Ajo en el Mercado Nacional.

De acuerdo con los datos proporcionados por La Secretaria de Economía, la variación de los precios promedios, del ajo morado de primera calidad en La Central de Abastos de Iztapalapa D. F., tiene un comportamiento muy variable con tendencia a la baja durante la temporada de cosecha de los estados productores del país, por lo que desde la segunda quincena de abril y hasta septiembre los precios tiendan a mantenerse bajos, siendo hasta el mes de octubre cuando llegan a registrar una tendencia a incrementarse llegando a registrarse los precios mas altos, para los últimos cinco años, de diciembre a marzo (Figura 13).

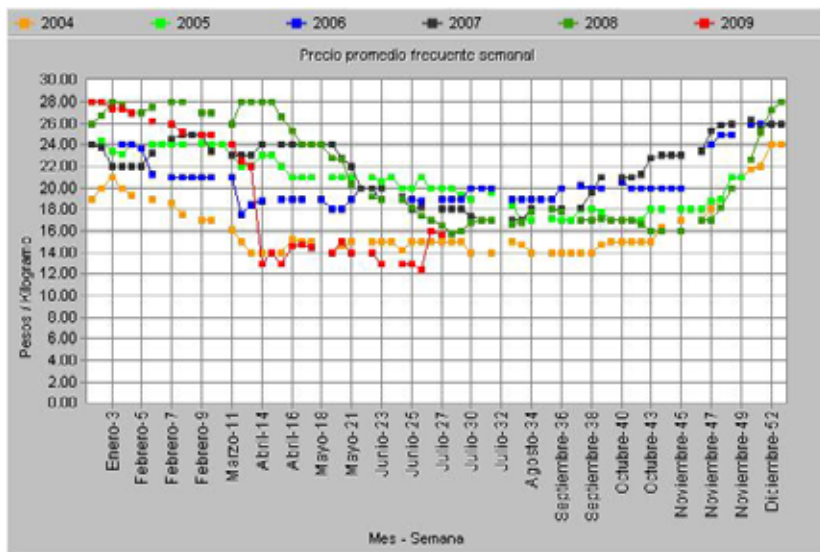


Figura 13. Comportamiento de los precios para Ajo Morado de primera calidad D F: Central de Abasto de Iztapalapa D. F. (FUENTE: www.economia-sniim.gob.mx).

Situación Estatal del Ajo en Zacatecas

De acuerdo con las estadísticas de producción de ajo para el periodo de 1999 a 2006 la superficie en el estado de Zacatecas ha mostrado una tendencia a la baja ya que para 1999 se sembraban 2,260 hectáreas y disminuyó paulatinamente en los siguientes cuatro años hasta llegar a las 1,396 hectáreas en el año 2002, volviendo a crecer a 1,714 hectáreas en 2004, sin embargo nuevamente se registra una tendencia a la baja en 2005 y 2006.

En el Cuadro 11 se puede observar como el rendimiento por hectárea en el estado ha crecido durante el periodo 2001 a 2006 registrándose en los últimos tres años un rendimiento superior a las 10 toneladas por hectárea y llegando a obtenerse un rendimiento promedio record de 13.3 toneladas por hectárea para el año 2005.

Cuadro 11. Estadísticas de producción de ajo en el estado de Zacatecas (Fuente: OEIDRUS, 2009).

AÑO	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Producción	Rendimiento	PMR	Valor Producción
	(Ha)	(Ha)	(Ton)	(Ton/Ha)	(\$/Ton)	(Miles de Pesos)
1999	2,260.00	2,260.00	20,012.00	8.86	8,371.18	167,524.07
2000	1,878.00	1,878.00	15,549.00	8.28	4,350.87	67,651.68
2001	1,776.00	1,776.00	18,142.00	10.22	6,742.16	122,316.23
2002	1,396.00	1,396.00	15,319.00	10.97	7,540.39	115,511.27
2003	1,714.00	1,682.00	16,343.00	9.72	5,357.03	87,549.90
2004	1,619.00	1,619.00	16,797.00	10.38	6,033.16	101,339.00
2005	1,405.00	1,405.00	18,691.10	13.3	3,666.90	68,538.45
2006	1,416.00	1,416.00	15,329.10	10.83	7,262.96	111,334.62

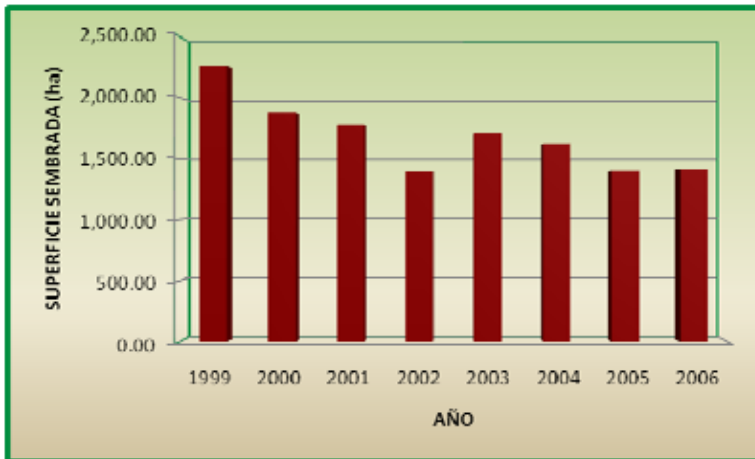


Figura 14. Comportamiento de la superficie sembrada con ajo en el estado de Zacatecas (Fuentes: OEIDRUS, 2009).

El estado de Zacatecas, hasta el ciclo 2004-2005 ocupaba el segundo lugar nacional en cuanto a superficie cultivada con ajo, sin embargo a partir del ciclo 2005-2006 de acuerdo con el Consejo Estatal de Productores de Ajo de Zacatecas, ya ocupó el primer lugar en cuanto a superficie establecida con la especie, con 2,185 hectáreas. La producción de la hortaliza se concentra en doce municipios dentro de los que destacan los de Calera, Villa de Cos, Pánuco y Guadalupe donde se cultiva cerca del 75% de la superficie estatal como se aprecia en el Cuadro 12.



Figura 15. El cultivo del ajo es importante por la gran cantidad de mano de obra que requiere.

Cuadro 12. Estadística de la producción de ajo por municipio en el estado de Zacatecas durante el ciclo 2005-2006. (Reveles y Rubio, 2006).

MUNICIPIO	SUPERFICIE EN HECTAREAS	% DE SUPERFICIE	NÚMERO DE PRODUCTORES	% DE PRODUCTORES
CALERA	698	31,9	45	25,4
FRESNILLO	160	7,3	14	7,9
GUADALUPE	257	11,8	32	18,1
JEREZ	28	1,3	2	1,1
LORETO	153	7,0	9	5,1
MORELOS	53	2,4	3	1,7
OJOCALIENTE	91	4,2	6	3,4
PANUCO	273	12,5	34	19,2
SAIN ALTO	10	0,5	3	1,7
TRANCOSO	32	1,5	5	2,8
VETA GRANDE	15	0,7	2	1,1
VILLA DE COS	415	19,0	22	12,4
ESTATAL	2185	100	177	100,0



OBTENCIÓN Y MANEJO DE SEMILLA

La ausencia de un programa de producción de semillas de amplia cobertura ha ocasionado que los materiales de siembra utilizados provengan de áreas diversas, sin la certeza de que hayan sido producidos en parcelas bajo excelentes condiciones fitosanitarias. Lo anterior ha provocado la diseminación de problemas de plagas y enfermedades, siendo la más evidente la dispersión del hongo *Sclerotium cepivorum* Berk que causa la enfermedad conocida como pudrición blanca, responsable de fuertes pérdidas directas y de elevados costos de producción (Ramos, 1988; Velásquez, 1992; Velásquez *et al.*, 2002).

Es común que los productores de ajo comercialicen los bulbos más grandes dejando para semilla aquellos cuyo tamaño es por debajo del promedio cosechado, debido a que estos últimos tienen menor valor comercial, ya que al usarlos como semilla se requiere de menor cantidad de kilogramos por hectárea, sin embargo, lo anterior ha provocado que se emplee semilla con menor potencial productivo, ocasionando lo que se conoce como disminución progresiva del rendimiento (Macías *et al.*, 2000; Macías y Maciel, 2007).

Lo ideal sería que cada productor de ajo produjera su propia semilla y que para ello destinara una parcela o parte de ella exclusiva para ese fin, en el mejor sitio, con las mejores condiciones de terreno, con buen manejo y utilizando la mejor semilla disponible.

Se debe asegurar la sanidad rigurosa del sitio donde se ubicará la parcela de producción de semilla; no deberá tener antecedentes de enfermedades como pudrición blanca o nemátodos. Para tener la seguridad de esto, se recomienda tomar una o varias muestras del suelo previo a la siembra, para que se determine la presencia de hongos o nemátodos en un laboratorio de Fitopatología (Velásquez y Medina, 2007).

Si no se cuenta con una parcela de producción de semilla se pueden marcar en la parcela comercial aquellas plantas que presenten buena sanidad (que no estén cercanas a plantas enfermas), de buen vigor y porte, y que tengan uniformidad en tamaño y color de bulbo. Se pueden considerar otras características deseables en una planta de ajo, de acuerdo con las necesidades específicas de cada productor, como por ejemplo, longitud del ciclo vegetativo o tolerancia a deformaciones y ausencia o presencia de inflorescencia. Lo anterior permitirá obtener una semilla mejorada para el ciclo siguiente. Para marcar estas plantas pueden utilizarse etiquetas, listones, estacas o alambres que permitan ubicarlas fácilmente. Estas plantas madre se deberán cosechar por separado del resto y se manejarán y almacenarán por separado para el establecimiento de la nueva parcela de producción o incremento de semilla en el ciclo siguiente.

La precocidad es una de las características de la planta más deseadas por los productores de ajo de Zacatecas. Desde un punto de vista agronómico, es importante conocer el comportamiento del material en la zona donde se vaya a establecer, por lo que se recomienda realizar varias visitas al predio de producción para conocer las fechas de siembra y de cosecha del material, lo que indicará con mayor precisión la duración del ciclo y si el material de interés es un material precoz, intermedio o tardío. En Guanajuato existen variedades de ajo precoces (Criollo de Nacajuca, Criollo de Guatemala, Criollo de Nicaragua), intermedios (Chileno San Javier, Pocitas, Hermosillo) y tardíos (Cristal, chileno, Taiwan) (Pérez, *et al.*, 2003) que se han usado para sortear con éxito las variaciones de los precios en el mercado.

Si no se estableció una parcela de producción de semilla o no se marcaron plantas en la parcela comercial, entonces se puede seleccionar la semilla, cuando la cosecha ya esté en la bodega y antes de venderla. Esto tiene el inconveniente de que los bulbos seleccionados puedan provenir de plantas enfermas o con características indeseables, por lo que la semilla pudiera ser de baja calidad.

Se debe conocer el origen del material, si es posible visitar la parcela de producción de semilla varias veces durante el ciclo o investigar si la parcela de producción tuvo problemas de sanidad son aspectos útiles

que ayudarán para prevenir o evitar la siembra de semilla contaminada. Para mayor seguridad debe evitarse la compra de semilla producida en parcelas con problemas de pudrición blanca o nematodos. El material para semilla deberá estar en cabeza, sin desgranar, para observar sus características y decidir sobre la conveniencia de su compra (García, y Bima, 2003; Lara, 2008).

En ningún caso, la semilla deberá adquirirse en las bodegas de los mercados de abasto, supermercados, fruterías o establecimientos similares, debido al desconocimiento de su origen, sanidad, tratamientos de conservación y manejo, tales como hormonas inhibitoras de la brotación, irradiaciones con rayos gama o almacenamiento a temperaturas bajas (Bachman, 2001).

Selección de Bulbos para Semilla.

Debido a que el ajo es una especie que se reproduce vegetativamente, se debe tener especial cuidado al seleccionar los dientes o "semilla", ya que los tamaños del bulbo y diente influyen directamente sobre el rendimiento y calidad de la cosecha. Al momento de cosechar, se deben escoger los bulbos que tengan la mejor forma, que sean sanos y de buen tamaño porque si se eligen bulbos pequeños, deformes o escobeteados, entonces se reducirá notablemente el rendimiento.

Los criterios que deben considerarse para hacer una buena selección de semilla en la bodega se basan en la elección de las mejores cabezas o bulbos antes de desgranar. En esta etapa también se eliminan bulbos que presenten deformaciones tales como escobeteado o acebollado. Entre los criterios más importantes para lograr una buena selección de bulbos para semilla se pueden señalar los siguientes: sanidad, tamaño, peso, forma, color, firmeza y permanencia de catáfilas del bulbo.

Sanidad

Definitivamente éste es el criterio más importante en la selección de semilla puesto que patógenos como los que causan la pudrición blanca y otras enfermedades se transmiten a través de la semilla. Probablemente el uso de semilla proveniente de parcelas con problemas sanitarios, ha sido la vía de diseminación importante de enfermedades.

Los bulbos sanos suelen ser firmes a la presión de la mano, se deben eliminar bulbos cuyas raíces presenten coloraciones rosáceas, moradas o de tonalidades café oscuro, prefiriendo aquellos de color café claro en el área de las raíces, también, se deben eliminar aquellos que despidan un mal olor que podría indicar la presencia de bacterias. La presencia de esclerocios (de color negro o café) o micelio (algodoncillo blanco o grisáceo) en las catáfilas de la parte exterior, indicaría que se trata de semilla contaminada, de ser así, debe evitarse su uso, ya que llevaría la enfermedad a las parcelas de producción.

Otra anomalía por la que no debe comprarse semilla es la deformación de bulbos causada por nematodos (Figura 16) o la presencia de dientes brotados conocidos como “escobeteados”. Los bulbos con poca consistencia, livianos o manchados deben descartarse ya que seguramente se encuentran enfermos, su semilla no germinará o dará origen a plantas débiles o enfermas.



Figura 16. Bulbos de ajo dañados por nematodos

Tamaño del Bulbo

Existen algunas variedades como Sainero o Ahualulco que producen bulbos chicos en comparación con otras como Jaspeado Calera, por ello hay que tomar en cuenta las características propias de cada variedad al momento de seleccionar bulbos para semilla o clasificarlos para su venta. Con fines de selección de semilla, se seleccionarán los bulbos más grandes para que los dientes a sembrar lo sean también y por consecuencia la cosecha siguiente produzca bulbos más grandes. (Figura 17).



Figura 17. El tamaño del bulbo es importante en la calidad de la semilla.

Peso del Bulbo

Para aumentar la capacidad de germinación, se deberán seleccionar siempre los bulbos más densos (más de 80 gramos de peso para ajos tipo Jaspeado Calera), los cuales son el producto de prácticas adecuadas de producción (fertilización, riego, cosecha, etc.). Este tipo de bulbo es más resistente al manejo y suele presentar mejores propiedades al

siguiente ciclo ya sea que se usen como semilla o para el consumo.

Forma del Bulbo

Existen diversas formas de bulbo; ovalada, redonda, aplanada, con la base sumida o prominente, etc, pero lo realmente importante es que todos los bulbos seleccionados muestren la misma forma característica o típica de la variedad, y que tengan buena cobertura de las capas protectoras (catáfilas). Por el contrario, se deben eliminar aquellos bulbos que presenten abultamientos causados por dientes mal acomodados o sobrepuestos (Figura 18), bulbos sin catáfilas, aplanados o abiertos (Macías *et al.*, 2000), (Figura 19).



Figura 18. Bulbo de ajo con deformaciones



Figura 19. Bulbo con deformaciones que deberá ser eliminado durante el proceso de selección de semilla.

Color del Bulbo

Es la primera característica que aprecia el consumidor del producto y que tiene influencia directa sobre su precio. Por lo anterior es recomendable que al seleccionar materiales para siembra, se cuide que el bulbo posea un color definido, intenso y uniforme; blanco, rosado o morado, rayado o jaspeado, de acuerdo con la variedad, pero que no haya bulbos de color diferente. Se deben eliminar los bulbos de las otras variedades para tener cosechas más homogéneas y con mejor precio en el mercado (Macías *et al.*, 2000), (Figura 20).



Figura 20. Entre los bulbos que se cosechan existen variaciones en coloración, se recomienda seleccionar bulbos del mismo color para su uso como semilla.

Número de Dientes

Dependiendo de la variedad, el número óptimo de dientes por bulbo debe variar entre 8 y 12, pero se pueden elegir bulbos que tengan hasta 15 dientes. En general se prefiere sembrar variedades con pocos dientes, debido a que este tipo de productos son los preferidos por el consumidor final (Macías, *et al.*, 2000).

Firmeza

En el proceso de selección de semilla se deben eliminar todos aquellos bulbos flojos o con catáfilas sueltas, ya que la firmeza es una cualidad muy importante que influye en la conservación del ajo en almacén y su vida de anaquel y que, por lo tanto, puede definir el precio de venta.

Permanencia de Catáfilas

Las catáfilas son la estructura externa que expresa la apariencia del producto, además de servir de protección a los bulbillos o dientes por lo que es muy importante su permanencia. Un bulbo con túnicas firmes y completas demuestra la resistencia del material a la vida de anaquel; por lo tanto los bulbos seleccionados para semilla deberán conservar intactas sus catáfilas (Figura 21).



Figura 21. Los bulbos que han perdido las catáfilas o parte de ellas no deben seleccionarse como semilla.

Tamaño del Diente

El tamaño de diente o bulbillo usado como semilla tiene vital importancia ya que entre mayor sea su tamaño, su capacidad de almacenamiento de reservas será mayor y tendrá un efecto positivo sobre el vigor de germinación y arraigo del cultivo durante las primeras etapas de crecimiento de la planta.

Se recomienda usar como semilla los dientes con tamaño mediano y grande para lo cual se realiza la práctica de cribado; esto se logra empleando la criba de 8 milímetros o que los dientes midan alrededor de 1.0 a 2.5 centímetros de ancho y largo respectivamente, aunque también se ha reportado que las más altas utilidades se pueden lograr al emplear dientes cuyo peso oscile entre 3.6 y 6.5 gramos (Macías *et al.*, 2000; Castellanos *et al.*, 2004; Rubio-Díaz *et al.*, 2007), (Figuras 22 y 23).



Figura 22. Diversidad de tamaño dentro de un mismo bulbo, cada hilera de bulbillos o dientes provienen de bulbos diferentes.



Figura 23. Selección de dientes por tamaño en cribas de una desgranadora de ajo.

Almacenamiento y Conservación de Semilla de Ajo

El manejo de la semilla en el almacén es importante para lograr mayor eficiencia el cultivo, ya que se ha comprobado que las condiciones de almacenamiento de los bulbos que servirán como semilla tienen influencia no solo en la conservación en buen estado, sino que también afectan la germinación y el rendimiento del cultivo.

Los bulbos seleccionados se colocan en cajas especiales y se guardan en un lugar sombreado, fresco y bien ventilado, a fin de evitar pérdidas por sobrecalentamiento de la semilla, que generalmente repercuten en la proliferación de patógenos (Macías *et al.*, 2000).

Se recomienda conservar la semilla del ajo entre 14 y 16°C con humedad relativa de menos del 70%, con luz difusa; en esas condiciones se puede almacenar la semilla de 3 a 6 meses, dependiendo de la variedad.

Cuando la semilla se almacena a temperaturas superiores a los 18°C o inferiores a los 6°C se provocan disturbios fisiológicos sobre todo si la humedad relativa de almacenamiento es superior al 70%.

La semilla se deberá disponer en estibas que permitan la ventilación, el envasar la semilla en cajas de plástico ranuradas facilita la circulación del aire y ayuda a mantener baja la humedad relativa. Es conveniente revisar periódicamente las estibas almacenadas a fin de detectar problemas.

Tratamiento de la Semilla

El objetivo de esta práctica es evitar la diseminación de nemátodos, bacterias y hongos que producen algunas enfermedades que se transmiten por la semilla, como la pudrición blanca, nematodos y otras enfermedades. Se recomienda enviar una muestra de semilla al laboratorio de Fitopatología para determinar si se encuentra contaminada y, de ser posible, el grado de la contaminación para decidir su destino y manejo (Velásquez y Medina, 2007).

Se debe elaborar una solución que contenga como mínimo: un nematicida, un fungicida y un adherente. En la sección de enfermedades se proporciona una guía completa para el tratamiento a la semilla de ajo.

Cuando se realizan siembras tempranas es común que algunas variedades no hayan salido de su latencia natural, por lo que existen varios métodos usados con el fin de romperla, tales como tratamiento a la semilla con ácido giberélico en soluciones de 250 partes por millón o someter la semilla a temperaturas entre 8 y 10 grados centígrados durante 14 días, aunque también se reportan resultados favorables al someter la semilla a 40 grados centígrados por 7 días y luego otro periodo igual a temperatura entre 8 y 10 grados centígrados (Hafizur *et al.*, 2003; Hafizur *et al.*, 2006).



ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE AJO

Selección de la Parcela

Previo al establecimiento del cultivo es pertinente conocer los antecedentes de cultivos establecidos en las parcelas donde se pretende establecer ajo, lo anterior a fin de decidir si la parcela puede o no ser sembrada con ajo complementando esta decisión con los resultados del análisis patológico de suelos.

En parcelas donde el cultivo anterior fue cebolla, ajo u otra especie de la familia de las Alliaceas es importante implementar la rotación de cultivos con especies que no pertenezcan a esa familia.

Preparación del Suelo

Es conveniente preparar una cama de siembra que proporcione buenas condiciones de desarrollo y soporte desde el inicio del cultivo, es decir, una estructura que permita el afianzamiento de las plantas de ajo sobre el lecho de siembra, que favorezca una germinación uniforme, que proporcione condiciones favorables para el desarrollo radical y del bulbo, que a su vez facilite condiciones de buen drenaje que permita a las raíces de las plantas explorar el suelo y encontrar con facilidad agua, aire y nutrimentos; para esto se requieren algunas labores que dependerán de las condiciones iniciales del suelo (Hannan and Sorensen, 2002).

El barbecho o volteo del suelo y el rastreo, son labores necesarias casi siempre, puesto que se necesita voltear la tierra para exponer algunas plagas a la intemperie y a los depredadores naturales, para incorporar residuos del cultivo anterior y de maleza, así como para romper con las formaciones capilares del suelo que propician la pérdida de la humedad. Dependiendo de las características del suelo se pueden repetir estas labores como en suelos de Guanajuato en donde se recomiendan dos barbechos, el segundo en forma perpendicular al primero (Heredia, 2000b).

Generalmente son necesarios uno o dos pasos de rastra para que el suelo no quede "aterronado". Algunos suelos necesitan el paso de otro tipo de implementos para deshacer los terrones, pero esto se puede evitar si se trabaja al suelo con cierto grado de humedad.

Es importante tratar cada suelo según sus propias características; las prácticas que se le den al mismo dependerán de su condición presente, del cultivo anterior, del grado de humedad en el momento de la preparación, la cantidad y estado de maleza y residuos orgánicos, etc. Usualmente el mejor momento para realizar estas prácticas será inmediatamente después de la cosecha, cuando aún hay humedad en el suelo, la cual puede ser aprovechada para incorporar la mayor cantidad

de residuos del cultivo anterior al mismo tiempo que evita la formación de terrones.

Marcado del Terreno para la Siembra

Esta práctica es necesaria porque las marcas o rayas servirán de guía para depositar la semilla en los hilos de siembra de manera precisa y en las distancias sugeridas. Es conveniente que el terreno esté bien mullido para facilitar esta actividad y obtener mejores resultados (Figura 24).



Figura 24. Implemento usado para colocación de cintilla, fertilización de fondo y marcado para siembra.

Siembra en Surcos

Se sugiere utilizar una distancia entre surcos de 76 centímetros, para aprovechar al máximo la superficie y de este modo no se tendría que cambiar la abertura de las llantas del tractor, ya que esta distancia es común para los otros cultivos anuales, aunque se llegan a usar distancias

entre surcos de hasta 90 centímetros dependiendo también del patrón de cultivos usados en la unidad de producción.

En surcos de 80 a 90 centímetros de ancho, es común que los productores acostumbren hacer el rayado o marcado con 20 centímetros de separación entre los hilos de siembra (rayas), para poder cultivar entre ellas, es una opción que puede ser utilizada si no se quiere combatir la maleza con herbicida. Al realizar el surcado en estas distancias se tienen menos plantas por hectárea y con ello menos bulbos y menor rendimiento unitario. En cualquier caso, a 76, 80 ó 90 cm el agua de riego se puede aplicar por gravedad o por goteo (Figuras 25 y 26).



Figura 25. Cultivo de ajo establecido en surcos a doble hilera con riego por gravedad.



Figura 26. Cultivo de ajo establecido en surcos a doble hilera con riego por goteo.

Siembra en Camas

La tecnificación del cultivo del ajo implica inversiones fuertes en componentes del sistema de riego, por lo que se han planteado diversas alternativas para hacer más rentable el proceso productivo del ajo, una forma de aprovechar al máximo la superficie es la siembra en camas de 1.52 a 2.00 metros de ancho con seis hileras de plantas por cama, arregladas en tres pares de hileras de plantas, usando riego por goteo en donde, generalmente, se usa una cintilla para regar cada par de líneas de plantas. (Bravo, 2007).



Figura 27. Camas con seis hileras de plantas de ajo.

De acuerdo con Bravo (2007) se recomienda usar distancias entre plantas de 7 centímetros con distancias entre hileras y par de hileras de 20 centímetros para obtener los más altos rendimientos. Sin embargo cuando el objetivo es obtener buen tamaño de bulbo, la recomendación es de 10 centímetros de distanciamiento entre plantas, 20 centímetros entre hileras y 30 centímetros entre pares de hileras (Figura 27).

La siembra en camas de un metro de ancho se realiza en parcelas con sistemas de riego por goteo a fin de disminuir los costos de cintilla e incrementar la densidad de plantación, por lo que se siembran cuatro hileras de plantas por cama, mismas que son regadas por una sola cintilla.

Durante la práctica de rayado se puede aprovechar para hacer la fertilización de fondo, es decir, la aplicación de una primera fracción del fertilizante total que se aplicará al suelo. De esta manera, el cultivo tendrá reservas de nutrimentos disponibles en el suelo desde el momento en que se terminen las reservas de la semilla, favoreciendo el desarrollo vigoroso desde el inicio del ciclo, logrando ventaja con respecto a los cultivos donde la primera fertilización ocurre hasta que el cultivo se ha establecido, llegándose a realizar junto con la labor de escarda.

Si la parcela cuenta con antecedentes de ataque por nematodos en cebolla o ajo se puede aplicar algún producto que proteja contra estos patógenos; algunos nematicidas se pueden mezclar con el fertilizante para que se depositen en la zona cercana a la semilla y asegurar así que la protección sea más efectiva. Los nematicidas Vydate o Nematicur 400, a razón de ocho y seis litros del producto comercial pueden ser utilizados en el control del ataque por nematodos (Velásquez y Medina, 2007).

De acuerdo con resultados experimentales obtenidos en los Campos Experimentales Zacatecas y Bajío del INIFAP, se ha demostrado que la posición de la semilla al momento de la siembra afecta el rendimiento final del cultivo, por lo que se sugiere colocar la semilla con el pie hacia abajo para facilitar la germinación y evitar la deformación de los bulbos (Castellanos *et al.*, 2004; Reveles, 2007), (Figura 28).



Figura 28. Plántula de ajo proveniente de un diente sembrado en posición invertida (con el pie hacia arriba).

La profundidad de siembra debe permitir que una capa de suelo de 3 a 5 centímetros de espesor quede sobre la semilla a fin de disminuir posibles daños por frío (Bodnar *et al.*, 1998).

Se tiene la experiencia que la semilla del ajo puede germinar y establecerse aun sin que se tape completamente; esa cualidad la han aprovechado algunos productores de Zacatecas para establecer el cultivo en camas realizando la plantación sobre suelo húmedo, clavando manualmente la mitad de la semilla en posición vertical (Figuras 29 y 30).



Figura 29. Bulbillos o dientes de ajo insertados parcialmente en suelo húmedo.



Figura 30. Plantas de ajo en proceso de germinación en una siembra de bulbillos parcialmente insertados en el suelo.

Densidad de Población

La cantidad de semilla a emplear dependerá de su tamaño, arreglo topológico, densidad de plantación y del método de siembra. Se pueden requerir hasta 1, 200 kilogramos por hectárea en siembra manual y en surcos con dos hileras de plantas, mientras que la siembra mecánica requerirá hasta 2, 500 kilogramos por hectárea cuando la semilla es de tamaño grande (Heredia, 2000b).

Cuadro 13. Densidad de población por hectárea de acuerdo a los arreglos y distancias de siembra considerando una distancia entre plantas de 10 centímetros (cm).

ARREGLO	ANCHO (cm)	NUMERO DE HILERAS(cm)	PLANTAS POR HECTAREA
SURCOS	76	2	263,157
SURCOS	80	2	250,000
SURCOS	90	2	222,222
CAMAS	90	4	444,444
CAMAS	100	4	400,000
CAMAS	152	6	394,736
CAMAS	180	6	333,333
CAMAS	200	6	300,000

Cuadro 14. Kilogramos de semilla de ajo requerida para sembrar una hectárea de acuerdo al calibre de bulbo usando dientes con 8 ó más milímetros de diámetro ecuatorial.

DENSIDAD DE POBLACION EN PLANTAS POR HECTAREA	CALIBRE 6		CALIBRE 7	
	JASPEADO CALERA	BLANCO TIPO CALIFORNIA	JASPEADO CALERA	BLANCO TIPO CALIFORNIA
222,222	1,095	1,201	1,406	1,389
250,000	1,232	1,351	1,582	1,563
263,157	1,296	1,422	1,666	1,645
300,000	1,478	1,622	1,899	1,875
333,333	1,642	1,802	2,110	2,083
394,736	1,945	2,134	2,498	2,467
400,000	1,970	2,162	2,532	2,500
444,444	2,189	2,402	2,813	2,778

La necesidad de semilla con distancias entre plantas de 10 centímetros, sembradas de manera manual se expresa en el cuadro 14, en donde se aprecia que varía desde 1387 hasta 2778 kilogramos por hectárea en arreglos de dos, cuatro y seis hileras de plantas (Figura 31)



Figura 31. Ajo en camas con cuatro hileras de plantas.

Variedades

Las variedades comerciales de ajo han sido clasificadas en diferentes grupos, sin embargo algunas veces la diferencia entre ellos no es muy clara por lo que a continuación se presenta una guía para definir diferentes grupos de variedades:

Grupo I (Violetas o Asiáticas): las variedades dentro de este grupo son típicas de regiones tropicales o sub tropicales. Estas plantas son generalmente semi erectas con hojas anchas de color verde claro. Presentan dormancia reducida y son de ciclo corto (155 – 165 días) con bajos requerimientos de frío y escasa necesidad de fotoperiodo largo. Los bulbos son medianos, con pocos dientes de gran tamaño (de 16.8 a 32.6 dientes por bulbo, de acuerdo con la variedad) y hojas envolventes muy gruesas de color pardo violáceo o vinoso. Algunas de las variedades consideradas en este grupo son: Chileno Compuesto I, Hermosillo, Pocitas, Napuri, Taiwán, Tacazcuaro y Huerteño.

Grupo II (Rosados): las plantas de este grupo son generalmente erectas con hojas de ancho intermedio y de color verde intenso. Presentan periodo de dormancia corto y ciclo medio, con moderada necesidad de fotoperiodo largo. Los bulbos son de medianos a grandes y producen un gran número de dientes irregulares de color rosado claro a violáceo.

Grupo III (Blancos): las plantas de las variedades en este grupo son decumbentes en estado juvenil y semi erectas en estado adulto. Sus hojas son anchas y de color verde cenizo. Los clones de este grupo presentan dormancia media y ciclo medio – largo (hasta 190 días) con requerimientos de frío medianos a altos y fotoperiodo largo. Los bulbos son de grandes a muy grandes, generalmente irregulares, con hojas envoltentes de color blanco. Son ejemplos de este grupo las variedades Probajío 1, 2 y 3.

Grupo IV (Colorados, Rojos y Morados): las plantas de este grupo son generalmente semi erectas en estado adulto, de desarrollo medio con hojas angostas a intermedias. Son clones de dormancia y ciclo largo con altos requerimientos de frío y fotoperiodo largo. Los bulbos son medianos a grandes, bien formados, de color externo blanco cuando seco, pero de dientes rojo púrpura con tintes violáceos o morados (Heredia, 2000; Pérez *et al.*, 2003).

Se cultivan diferentes materiales criollos de ajo en el Altiplano de Zacatecas, con predominio de los ajos de coloración jaspeada y blanca; entre los que más se utilizan están los tipo “Chino” y “Coreano” que son jaspeados y “Perla”, y “California” que son blancos.

Una variedad mejorada en proceso de liberación y registro por el Campo Experimental Zacatecas del INIFAP que ha dado buenos resultados y ha

sido bien aceptada por los productores es el Jaspeado Calera (Figura 32), cuyo bulbo presenta franjas púrpuras en las catáfilas y los dientes son de coloración púrpura – cremoso, con ciclo de desarrollo intermedio, rendimiento promedio aproximado de 12 toneladas por hectárea y con uso de tecnología intermedia (surcos de dos hilos y riego por gravedad).



Figura 32. Bulbos de la variedad Jaspeado Calera, en proceso registro y liberación por el Campo Experimental Zacatecas del INIFAP.

Los materiales que hasta ahora ofrecen mejor potencial en Zacatecas son el Jaspeado Calera, el 'Chino' y el 'Perla Zacatecas' con características diferentes y que están bien adaptados a las condiciones locales. Es recomendable que en cada parcela se tengan varios materiales, de diferente ciclo, para tener cosechas escalonadas y así enfrentar con éxito las fluctuaciones del precio en el mercado.

Fecha de Siembra

El Campo Experimental Zacatecas ha iniciado trabajos de investigación sobre fechas de siembra para determinar la longitud del ciclo y el comportamiento agronómico de diversos materiales, entre los que se incluyen las líneas avanzadas Perla Zacatecas, Jaspeado Chaparrosa (antes Ensenada) y Jaspeado CEZAC, que son considerados dentro del grupo de ciclo precoz; el Jaspeado Calera, Chino y Coreano son considerados como de ciclo intermedio y el Blanco HN, Blanco T y Blanco P se incluyen en el grupo de ciclo tardío (Reveles, 2007).

Para las variedades Jaspeado Calera y Chino se ha encontrado que los mejores rendimientos se obtienen cuando se siembran entre el 15 de septiembre y el 15 de octubre mostrando una disminución del rendimiento a medida que se retrasa la fecha de siembra.

Para la variedad Jaspeado Chaparrosa (antes Ensenada) se ha encontrado que la fecha de establecimiento se puede retrasar un poco más que la variedad Jaspeado Calera, hasta la primera semana de noviembre, presentando disminución de rendimiento a medida que se establece en fechas posteriores.

Al evaluar las fechas de siembra de variedades blancas tipo California se observó que los mejores rendimientos se obtienen cuando se establece entre el 15 de septiembre y el 10 de octubre, presentándose porcentajes

crecientes de ajos escobeteados a medida que se retrasa la fecha de siembra (Cuadro 15).

Cuadro 15. Fechas de siembra para las variedades de ajo que se cultivan en el estado de Zacatecas.

VERIEDAD	TIPO	FECHA DE SIEMBRA
Jaspeado Calera	Jaspeado	15 de septiembre al 15 de octubre
Jaspeado Chaparrosa	Jaspeado	1º de octubre al 10 de noviembre
Chino	Jaspeado	15 de septiembre al 15 de octubre
Blancos tipo California	Blanco	15 de septiembre al 10 de octubre



FERTILIZACIÓN

Los suelos de manera natural contienen casi todos los elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, aunque en cantidades insuficientes para obtener rendimientos satisfactorios, lo que hace necesario la adición de esos nutrientes a través de la aplicación de fertilizantes, para lograr cosechas en calidad y cantidad que hagan rentable el sistema de producción.

La producción de los cultivos se basa en un proceso bioquímico que utiliza recursos naturales tales como el agua, el oxígeno y el dióxido de carbono, así como nutrientes minerales que son suministrados por el productor (Kirkby, 2007).

Sin duda la respuesta del cultivo al uso de fertilizantes va a cambiar de acuerdo al tipo de suelo, al manejo del cultivo, a las condiciones de clima durante el ciclo del cultivo y a la variedad utilizada (Andreoli *et al.*, 2008; Lipincki, 1997; Lipinski y Gaviola, 2005).

Importancia de la Nutrición Balanceada

La nutrición balanceada adecuadamente es un factor fundamental en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos. Los macro y micro-elementos desde hace mucho tiempo están reconocidos por su relación con la calidad y rendimiento de los cultivos, así como con los cambios en el nivel de incidencia de las enfermedades dado que se

afirma que una planta enferma es el resultado de la interacción entre la planta hospedera, el patógeno y las condiciones ambientales (bióticas y abióticas). Se ha reconocido el efecto de la nutrición mineral sobre las enfermedades de las plantas, por lo que es importante que ésta sea balanceada de manera adecuada, lo cual está influenciado tanto por las cantidades aplicadas, los tiempos y las formas de aplicación de los fertilizantes, factores que resultan claves en la expresión del rendimiento potencial de los cultivos (Katan, 2009).

Para obtener rendimientos satisfactorios es pertinente balancear la fórmula o dosis de fertilización, tanto en macroelementos como en microelementos, (Lošák and Wiśniowska-Kielian, 2006).

Las tres premisas fundamentales para optimizar la nutrición del cultivo son:

- 1) El análisis del suelo, previo al establecimiento del cultivo,
- 2) El conocimiento de la demanda nutrimental del cultivo en sus diferentes etapas fenológicas y,
- 3) El monitoreo de la nutrición del cultivo por medio del análisis foliar, de extracto celular de pecíolo (savia) y de solución de suelo durante el ciclo de cultivo.

El análisis de suelo establece el suministro de nutrimentos que aporta el suelo; por lo tanto, los resultados del análisis de suelo y el

conocimiento de la demanda nutrimental para cada etapa fenológica son la base para preparar los programas de fertilización bajo riego convencional, así como en fertirrigación en todos los cultivos. Estos programas se ajustan o corrigen sobre la marcha, con base en los resultados de los análisis foliares y de la solución del suelo (Castellanos *et al.*, 2006).

La absorción de los nutrientes por las plantas de ajo es constante más no uniforme durante el ciclo del cultivo ya que varía de acuerdo con la etapa de desarrollo del cultivo (Castellanos *et al.*, 2000).

Es conveniente realizar algunas determinaciones del crecimiento y desarrollo de la planta a fin de que sirvan de apoyo al cálculo y programación de la aplicación de fertilizantes. Durante los primeros días la planta se alimenta a partir de las reservas que tiene el diente que se ha usado como semilla, por lo que la absorción de nutrientes es reducida.

Nitrógeno

La demanda de nitrógeno (N) es elevada, sobre todo en la etapa vegetativa (emisión y crecimiento de las hojas), ya que el tamaño del bulbo será proporcional al tamaño que las hojas alcancen antes de la formación de bulbos, en cambio, la necesidad de nitrógeno es moderada durante el periodo de formación y crecimiento de bulbos,

considerándose que las aplicaciones retardadas de este nutriente incrementan el desarrollo foliar y provocan un retraso en la maduración de bulbos así como disminución de la conservación de los mismos (García, 1998).

Se ha encontrado que además del efecto sobre el rendimiento, el nitrógeno también tiene efecto positivo sobre la coloración en algunos cultivares de ajo (Gaviola y Lipinski, 2008).

Diferentes trabajos de investigación, en diversas partes del mundo, reportan la relación que tiene el efecto de las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados con la oportunidad o fecha de aplicación, coincidiendo en que el fertilizante nitrogenado debe aplicarse en las primeras etapas de cultivo, a partir de los 40 a 45 días después de la siembra, pero no después de los 100 días después de la nacencia, ya que se considera que su efecto sobre el rendimiento se expresará al acumular área foliar antes de que inicie la formación de bulbillos o dientes, mientras que las aplicaciones después de esta etapa pueden ocasionar malformaciones de bulbos en decremento de la calidad de las cosechas (Ávila, 1998; Ávila, 2007).

Los rangos de suficiencia de nitrógeno en planta, tomando de un 95 a 100% del máximo rendimiento, para 66, 86, 107, 157 y 165 días después de la siembra son de 4.6 a 5.15, 3.45 a 3.95, 3.75 a 4.40, 3.6

a 3.9 y de 3.15 a 3.30% respectivamente, de acuerdo con los resultados obtenidos por Castellanos *et al.* (2000).

Fósforo

El fósforo (P) es un elemento esencial en la nutrición de la planta ya que forma parte de los ácidos nucleicos (ADN y ARN) y es requerido para la realización de procesos fisiológicos y bioquímicos como la transferencia de energía, el metabolismo de las proteínas y de muchas coenzimas. Es un elemento importante en la formación de raíces.. Existen trabajos de investigación que reportan una relación existente entre gramíneas y hortalizas bien nutridas con fósforo y la resistencia a ciertas enfermedades (Alcántar *et al.*, 2007; Katan, 2009).

El fósforo es absorbido por las plantas principalmente en forma de fosfatos inorgánicos, pero también lo pueden absorber como fosfatos orgánicos.

Las necesidades de fósforo se consideran elevadas en el periodo de bulbificación del ajo (García 1998).

Potasio

Una de las principales funciones del potasio (K) en la planta es el de propiciar la turgencia de las células al encontrarse como ion libre a nivel de las vacuolas y citoplasma junto con otros productos, genera

una presión osmótica, propiciando que el agua entre a la célula. Al disminuir la concentración del potasio a niveles de deficiencia, la planta pierde su turgencia y disminuye el metabolismo lo que provoca también una disminución del rendimiento. Tanto la fosforilación oxidativa como la fotosintética requieren de potasio para realizarse, se conocen 50 sistemas enzimáticos diferentes que son, en alguna forma, activados por el potasio (Alcántar *et al.*, 2007).

El ajo es muy sensible a las deficiencias de potasio en el suelo. La aplicación del Potasio en la cantidad y en la etapa adecuada es determinante tanto en el incremento del rendimiento como de la calidad, está comprobado que después del nitrógeno, el potasio es el elemento que mas extrae la planta de ajo para su adecuado desarrollo. De acuerdo con García (1998) las necesidades de potasio son más elevadas durante el periodo de bulbificación del ajo.

Azufre

El Azufre (S) está reconocido como el cuarto nutriente o elemento mayor de las plantas. Este elemento ejerce un efecto elemental en el crecimiento de las raíces de las plantas en zonas áridas y suelos alcalinos. El azufre está estrechamente ligado con la formación de componentes orgánicos en la planta durante la fotosíntesis, es esencial en la formación de aminoácidos y en la construcción de bloques de proteínas, es importante como constituyente de algunas enzimas por lo

que su deficiencia en la nutrición de la planta trae como resultado una reducción general en la síntesis de proteínas (Kleinhenz, 1999).

Los compuestos de azufre orgánico volátiles son los responsables de dos características muy particulares como son el factor lacrimonal de las cebollas y el olor particular de los ajos (Summers, 2009).

El azufre juega un papel importante en la nutrición del cultivo de ajo, tanto para la obtención de altos rendimientos como para el incremento de la calidad, además, la deficiencia de Azufre puede ocasionar deficiencias de nitrógeno, afectando considerablemente el rendimiento (Lošák y Wiśniowska-Kielian, 2006).

Se ha estimado que el cultivo de ajo requiere de 571 gramos de azufre por cada tonelada cosechada (Kieserite.com, 2009).

Magnesio

El Magnesio (Mg) ocupa la posición central de la molécula de la clorofila. Así la síntesis de carbohidratos, proteínas, grasas y vitaminas no puede realizarse sin suficiente magnesio, ya que este elemento juega un papel esencial como activador de importantes enzimas. Uno de los papeles más importantes del magnesio es el que desarrolla en la formación de proteínas.

En caso de deficiencia de magnesio, la síntesis de proteínas queda paralizada y la planta retrasa su crecimiento o desarrollo.

Normalmente se consideran como suelos deficientes en magnesio disponible aquellos cuyo magnesio cambiante se sitúa en 3-4 miligramos de Mg en cada 100 gramos de suelo. No obstante, los valores críticos difieren según sea la textura del suelo, siendo más altos en los suelos de alto contenido en arcilla del tipo 2:1 y en los suelos con altos contenidos de materia orgánica (Summers. 2009).

Un factor importante para determinar la cantidad de fertilizante a aplicar es la remoción de nutrientes que el cultivo hace del suelo. Para la producción de ajo se requieren 257 gramos de magnesio por tonelada de rendimiento, (Kieserite.com, 2009).

Deficiencia y Suficiencia de Nutrientes en el Cultivo de Ajo.

Los análisis de nutrientes en plantas son usados para diagnosticar deficiencias y proveen información para el ajuste de programas de fertilización, ya que tienen la ventaja de integrar los efectos del suelo y de los factores ambientales (Gaviola y Lipinski, 2004)

Para diagnosticar el estado nutricional de las plantas se realizan análisis de savia a fin de poder realizar aplicaciones de nutriente a través de la fertilización. El análisis foliar para el diagnóstico de

nutrientes se realiza utilizando la última hoja completamente formada. En el cuadro 17 se expresan algunos valores de diagnóstico del contenido de nutrientes en savia de plantas de ajo.

Se considera que la determinación de los contenidos de nitratos en el jugo foliar (savia) en el momento de máxima bulbificación, son un método de diagnóstico que puede ser adecuado para determinar el estado nutricional de las plantas de ajo e influir en el manejo de la fertirrigación (Gaviola y Lipinski, 2002).

Burba (1992) reporta que la extracción de nutrientes para producir 10 toneladas de ajo por hectárea o por una población de 300 000 plantas por hectárea es de acuerdo al rango de extracción reportado en el cuadro 16. En ese mismo cuadro se presentan los reportes de extracción consignados por (García, 1998), y por el Parco Tecnológico de La Umbria en Italia (2001) en donde se puede apreciar que la demanda de nitrógeno y potasio es elevada, mientras que la de fósforo es relativamente baja, por lo que se considera que el ajo es una especie eficiente en el uso de fósforo.

Cuadro 16. Extracción de nutrientes (en kilogramos de elemento nutritivo) para obtener un rendimiento de 10 toneladas de ajo por hectárea.

Nutriente	Rangos de extracción en kg/ha		
	Burba (1992)	García (1998)	Parco Tecnológico Agroalimentare dell'Umbria (2001).
Nitrogeno (N)	De 100 a 250	111 a 182	100 a 110
Fósforo (P)	De 15 a 50	43 a 173	30 a 45
Potasio (K)	De 70 a 170	80 a 415	80 a 100
Calcio (Ca)	De 15 a 30	66	25 a 35
Magnesio (Mg)	De 5 a 15	No reporta	1 a 5
Azufre (S)	De 20 a 60	15	10 a 50

Cuadro 17. Diagnostico de contenido de nutrientes en hojas de ajo (García, 1998).

ESTADO FENOLOGICO	NUTRIENTES DE LAS PLANTAS	NIVELES DE NUTRIENTES		
		DEFICIENTE	MEDIO	SUFICIENTE
CRECIMIENTO VEGETATIVO	NITROGENO TOTAL	4	4-5	5
	FOSFORO *	2000	2000-3000	3000
	POTASIO ++	3	3-4	4
FORMACION DE BULBO	NITROGENO TOTAL	3	3-4	4
	FOSFORO *	2000	2000-3000	3000
	POTASIO ++	2	2-3	3
MADURACION DEL BULBO	NITROGENO TOTAL	2	2-3	3
	FOSFORO *	2000	2000-3000	3000
	POTASIO ++	1	1-2	2

Notas: Nitrógeno total expresado en %

* Fósforo o fosfatos solubles en ácido acético expresado en partes por millón

++ Potasio en % soluble.

Para fines prácticos, y de acuerdo a las consideraciones ya hechas, en siembras en surcos a doble hilera de plantas y con riego por gravedad, se recomienda que se aplique todo el fósforo, la mitad del nitrógeno y la mitad del potasio durante la siembra o inmediatamente después de la nacencia, mientras que el resto del nitrógeno y el potasio a los 60 días después de la primera fertilización, pero nunca después de iniciada la formación de bulbos.

En base a trabajos de investigación realizados en el Campo Experimental Zacatecas en el cultivo del ajo, regado con el sistema de goteo y utilizando la fertirrigación se recomienda aplicar la formula de fertilización 250 N -100 P - 265 K - 120 Ca, para lograr buenos rendimientos y ajos de buena calidad. (Bravo y Echavarría, 2003).

Interacción Nutrición y Escobeteado del Ajo

Se conoce como "ramaleo", "rebrotado", "escobeteado" al crecimiento secundario o tendencia de los bulbos a brotar anticipadamente, estando próximos a ser cosechados, con lo que pierden su valor comercial. Uno de los factores que contribuyen al aumento de este fenómeno, que siempre ocurre en algún porcentaje, es el nitrógeno (Olmedo, 2003), (Cuadro 18).

Cuadro 18. Efecto de dosis crecientes de nitrógeno (N) en la presencia de plantas con escobeteado del ajo (Olmedo, 2003).

TRATAMIENTO (kg de N/Ha)	DE PLANTAS CON ESCOBETEADO (%)
0	0.40
75	1.76
150	2.22
225	2.50
300	4.15

El escobeteado, es una malformación fisiológica producida por un exceso de vigor, se caracteriza porque el follaje de las plantas afectadas toma una apariencia de "escobeta", observándose unas hojas más finas que surgen entre las hojas adultas. Cuando la malformación es grave, la planta se abre completamente. Los bulbos de tales plantas pierden sus túnicas externas y los dientes periféricos quedan descubiertos (Macias *et al.*, 2000).

Este daño se presenta todos los años, aunque en diferente grado, dependiendo de las temperaturas registradas; así, por ejemplo, cuando las temperaturas mínimas de marzo y abril son más altas de lo normal,

la incidencia del escobeteado es mayor y viceversa (Macias *et al.*, 2000).

También se ha determinado que el escobeteado está influenciado por algunos factores de manejo agronómico del cultivo, tales como fecha de siembra, fertilización nitrogenada y densidad de población. Los resultados obtenidos experimentalmente, indican que las siembras tempranas, las dosis altas de nitrógeno y las densidades de población bajas, incrementan los daños por escobeteado. La combinación de los tres factores agudiza el problema (Macias *et al.*, 2000).



RIEGO POR GOTEO Y FERTIRRIGACIÓN

El ajo es un cultivo que se está tecnificando debido a su rentabilidad; la tecnología que más se ha implementado es el sistema de riego por goteo y la fertirrigación, logrando incrementos importantes tanto en la producción como en la calidad de sus frutos.

El objetivo de la tecnificación de los riegos presurizados es el de aumentar la eficiencia de conducción y aplicación del agua de riego y lograr una mayor uniformidad del agua que requieren los cultivos en la parcela.

Estas tecnologías presentan ventajas pero también dudas y preguntas a los productores, por ejemplo, una pregunta importante es sobre la cantidad de fertilizante por aplicar con este sistema de riego, principalmente los macronutrientes, teniendo serias dudas en la frecuencia de aplicación y las cantidades de fertilizantes por aplicar en las diferentes etapas fenológicas del cultivo.

El riego por goteo ofrece muchas ventajas como un método de aplicación de agua para la producción de hortalizas. Se aplica el agua en la zona de la raíz de la planta a través de emisores que controlan la misma descarga en cualquiera lugar de la parcela. Además del agua se puede conducir fertilizante líquido e inyectarse en el lugar donde se necesite.

El riego por goteo consiste en la aplicación lenta y frecuente de cantidades pequeñas de agua a través de los emisores o de los orificios minúsculos espaciados a lo largo de la tubería o de la cinta de polietileno. También se llama subirrigación o microirrigación.

Una característica significativa de la irrigación por goteo es que el sistema se puede utilizar para aplicar productos químicos agrícolas. Los fertilizantes y los plaguicidas se pueden disolver en agua, inyectar en el sistema de irrigación, y distribuir directamente a la zona de la raíz de las plantas. (Bevacqua, 2001)

Mediante la fertirrigación es posible aplicar en forma oportuna y precisa, los nutrimentos que requieren las plantas para alcanzar altos rendimientos, es decir, los fertilizantes pueden aplicarse durante el ciclo del cultivo en las cantidades que las plantas los requieran en cada etapa fenológica. Esto permite incrementar la eficiencia del uso de los fertilizantes. (Hochmuth and Clark, 1991; Clark, 1992).

La práctica de la fertirrigación está ampliando el potencial de la producción reduciendo los factores que limitan el crecimiento vegetal. Se requiere de investigación que proporcione una mejor estimación de las demandas de nutrientes del ajo cuando se utiliza la fertirrigación,

para obtener niveles óptimos de la producción. (Castellanos, *et al* .,2002).

Los modelos de regresión que se ajustan a la acumulación de los nutrimentos, a través del cual se obtienen los patrones de absorción de los nutrientes, pueden tomarse como referencia para planear los programas de fertirriego para la aplicación de fertilizantes nitrogenados en los cultivos, tomando en consideración el coeficiente de eficiencia de recuperación del N y la cantidad de N mineral presente en el suelo antes del cultivo. (Ramírez-Morales *et al.*, 2003)

Manejo del Riego por Goteo

Los sistemas de riego por goteo ayudan a distribuir el agua y los fertilizantes en la parcela con mayor eficiencia que el sistema de surcos, lo que se traduce en mayor rendimiento, mejor calidad de los frutos y ahorro de agua. (Castellanos, 2002).

Para lograr lo anterior, los sistemas deben ser diseñados y manejados adecuadamente, para que el agua y los nutrimentos sean colocados en la zona de las raíces, en las cantidades diarias que requiere el cultivo; estos deben ser calculados correctamente, para minimizar la posibilidad de exceso o falta de estos elementos.

El establecimiento de un sistema de riego por goteo en el cultivo de ajo, se puede hacer de diferentes formas:

Siembra en Surcos.

En surcos de 80 a 90 centímetros, con dos hileras de plantas y una cintilla al centro, con una separación entre hileras de 20 centímetros y de 10 centímetros entre plantas, para tener una densidad de 222,000 a 250,000 plantas por hectárea.

Siembra en Camas.

Resultados experimentales demuestran que los mas altos rendimientos se pueden lograr al hacer camas de 180 centímetros de ancho, con seis hileras de plantas con la siguiente distribución: tres pares de hileras con distancias de 20 cm entre hileras del mismo par y de 30 cm entre pares de hileras en donde cada cintilla colocada superficialmente riega un par de hileras. La distancia entre plantas para obtener mejor calidad es de 10 cm., Este tipo de distribución ofrece la oportunidad de obtener rendimientos superiores a las 20 toneladas por hectárea con cabezas de buena calidad en donde predominan las del tamaño 7 y superiores.

Para lograr altos rendimientos, por arriba de las 25 toneladas por hectárea, sacrificando la calidad o los porcentajes de bulbos de mayor tamaño, se recomienda la siembra en camas de 152 centímetros, con

seis hileras de plantas, tres cintillas por cama, con una separación entre hileras de plantas de 15 centímetros y de 10 centímetros entre plantas, para lograr una densidad de 396,000 plantas por hectárea (Figura 33).



Figura 33. Riego por goteo en ajos, sembrados en camas de 152 centímetros de ancho.

Para determinar la separación de los emisores de agua en la línea de goteo (10, 20 ó de 30 centímetros) la decisión se tomará dependiendo de cómo se distribuye la humedad en el suelo, o sea de la textura del suelo, por lo general conforme la textura del suelo es más arenosa, la distancia entre los emisores deberán de ser mas cortos.

Se recomienda regar diario o cada tercer día, según el tipo de suelo; en suelos ligeros o con alto porcentaje de arena, el riego será diario y en suelos de medios a arcillosos podrá ser cada dos o tres días.

Cálculo del Volumen de Agua y el Tiempo de Riego.

Debido a que la evaporación de un tanque evaporímetro Clase "A", integra los diferentes elementos del clima que influyen en el consumo de agua por los cultivos, se puede utilizar esta variable para determinar el cuanto regar.

A partir de esta variable se determina la Evapotranspiración potencial, que es la tasa de consumo de agua de un cultivo que cubre totalmente una superficie de suelo en el cual la cantidad de agua almacenada no es un factor limitante.

$$ETp = k_p * E_o$$

donde: ETp = Evapotranspiración potencial

Eo = Evaporación de un tanque evaporímetro

Kp = Coeficiente del tanque (para zonas áridas y semiáridas es de 0.75)

El volumen de agua evapotranspirado por las plantas bajo los sistemas de riego localizado esta dado por:

$$Vet = Kc * ETp * A * Fc$$

donde: Vet = Volumen de agua evapotraspirado (m³)

Kc = Coeficiente del cultivo (Cuadro 1)

ETp= ET potencial (obtenido con la formula anterior)

A = Área cultivada

Fc = Factor de cobertura

$$Fc = 0.1 (Pc / 0.8)^{0.5} \quad \text{para } PC < 80\%$$

$$Fc = 1 \quad \text{para } PC > 80\%$$

Pc = Porcentaje de la superficie total cultivada cubierta por la superficie foliar.

Ejemplo: Lectura del tanque evaporímetro en un periodo de 4 días = 3.2 cm

$$Et = 3.2 \text{ cm}; k_p = 0.75; k_c = 0.70; A = 10000 \text{ m}^2$$

$$Pc = 50\%$$

$$Fc = 0.1 (50 / 0.80)^{0.5} = 0.79$$

$$ETp = k_p * Et = (0.75) (3.2) = 2.4 \text{ cm} = 0.024 \text{ m.}$$

$$Vet = k_c * ETp * A * Fc$$

$$Vet = (0.7) (0.024) (10000) (0.79) = 132.72$$

m³

El consumo de agua por las plantas en esta sección en los 4 días anteriores es de 132.72 m^3 , y será necesario reponerlo con el riego.

Tiempo de riego.

Gasto del emisor = 5 litros/hora/metro

Longitud de la hilera = 100 m.

Gasto por hilera = $(5.0) (100) = 500$ litros/hora

Número de camas = 58

Número de hileras por cama = 3

Número de hileras en 100 metros = 174

Gasto / hora / hilera = $500 * 174 = 87,000 \text{ l/h} = 87 \text{ m}^3/\text{hr}$.

Por lo tanto el tiempo de riego en esa sección es de:

1 hr - 87 m³

x hr - 132.72 m³ = 1.52 hrs.

El tiempo de riego es de 1 hr 31 min. Para reponer el agua consumida por las plantas en esta sección y en los últimos 4 días.

El coeficiente del cultivo "Kc" varía dependiendo de la etapa vegetativa del cultivo y se propone que se utilicen para el Altiplano de Zacatecas los que se presentan en el cuadro 19.

Cuadro 19. Coeficiente de cultivo “kc” en el altiplano de Zacatecas para diferentes etapas fenológicas del cultivo de ajo.

CULTIVO	ETAPA FENOLOGICA DEL CULTIVO		
	Etapa vegetativa (septiembre-diciembre)	Desarrollo de la planta (enero-marzo)	Crecimiento del bulbo (abril-junio)
Ajo	0.4	0.6	0.7

Manejo de la Fertirrigación

La Fertirrigación o la Quimigación es el término que se utiliza para describir la adición o inyección de productos químicos (insecticidas, fertilizantes, etc) a través de los sistemas de riego con el propósito de distribuirlos con el agua de riego (Hartz, 1994).

Por definición, fertilizante es cualquier material, orgánico o inorgánico, natural o sintético, capaz de proporcionar a las plantas uno o más de los elementos esenciales para su normal desarrollo. Los fertilizantes a utilizar en fertirrigación deben reunir ciertas características para su correcta aplicación a través del riego por goteo, dentro de las que se destacan: la solubilidad, pureza, compatibilidad.

Solubilidad: los fertilizantes deben de ser altamente solubles al agua, para obtener en disolución los elementos contenidos en los mismos, y evitar obstrucciones en los goteros. Se deben descartar todos aquellos

que contengan aditivos para mejorar su conservación y los fertilizantes de liberación lenta.

Pureza: los fertilizantes que han de ser inyectados en el sistema de riego deben contener la menor cantidad de impurezas. Se debe de evitar el uso de fertilizantes de alto índice de salinidad (o usarlos bajo la supervisión de un técnico) y aquellos que contengan sustancias tóxicas para los cultivos.

Compatibilidad: esta propiedad se debe de tener muy en cuenta al momento de preparar las mezclas de fertilizantes, ya que de lo contrario se tendrán problemas de formación de precipitados. Como norma general, el ión sulfato es incompatible con el calcio, y los fosfatos con el calcio y con el magnesio.

Para alcanzar una alta eficiencia en la aplicación del agua y nutrientes no basta con un buen diseño y mantenimiento del sistema de riego, sino también de un manejo óptimo; lo anterior significa aplicar la cantidad necesaria de agua en el tiempo correcto. Los sistemas de riego diseñados para alcanzar altas eficiencias en la aplicación del agua se vuelven inadecuados o ineficientes si se aplica más agua que los requerimientos del cultivo.

Se debe de controlar el pH de la solución nutritiva y del suelo para facilitar que las plantas puedan tomar los nutrimentos esenciales para su desarrollo y crecimiento. Para los suelos de Zacatecas se recomienda un valor de pH de 6.5 a 7.0 para que sean asimilables todos los nutrientes. (Martínez, 2002).

También es importante conocer los elementos que contiene el agua de riego en forma natural, así como las concentraciones de ellos para estar en condiciones de hacer una buena elección de los fertilizantes a utilizar.

Todos los nutrientes pueden ser inyectados por el sistema de riego, con la condición de que sean altamente solubles en el agua de riego, pero los más empleados son el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio; pudiendo considerar la aplicación de todo el fósforo al suelo antes de la siembra, debido a su baja movilidad.

Fertilizantes Utilizados en Fertirrigación

En el cuadro 20 se presentan los principales fertilizantes que se utilizan en fertirrigación, su porcentaje de nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5), de potasio (K_2O) y de otros elementos menores, así como su solubilidad.

Cuadro 20. Principales materiales fertilizantes para su uso en fertirrigación.

Fertilizante	Análisis (%) N – P ₂ O ₄ – K ₂ O – Varios	Solubilidad Gramos por litro
Fosfo-nitrato	32-02	1,185
Nitrato de cal	15.5-00-00 - 19 (CaO)	1,200
Nitrato de calcio	15-00-00 – 19.4 (Ca)	2,670
Agua amonia	20-00-00	97
Sulfato de amonio	21-00-00 – 22(S)	700
Urea	46-00-00	1,000
Nitrato de potasio	13-00-46	310
Sulfato de potasio	00-00-50	110
Cloruro de potasio	00-00-60	340
Fosfato monopotásico	00-52-32	230
Fosfato monoamónico	12-46-00	225
Fosfato bioámónico	18-46-00	413
Fosfato de urea	17-44-00	620
Sulfato ferroso	00-00-00 – 36(Fe)	260
Sulfato de manganeso	00-00-00 – 32(Mn)	517
Sulfato de magnesio	00-00-00– 13(Mg) 13 (S)	700
Borax	00-00-00 – 11(B)	50
Sulfato de zinc	00-00-00 – 23(Zn)	750
Cloruro de calcio	00-00-00 – 30(Ca)	600
UAN-32	32-00-00	7,812
Ácido nítrico	85-00-00	
Ácido fosfórico	00-55-00	
Ácido fosfórico	00-61-00	

Recomendaciones Generales:

- ❖ Aplicar los fertilizantes al inicio del riego (una vez que las tuberías estén cargadas de agua y teniendo la seguridad de que únicamente las válvulas que permiten el flujo de agua a la parcela por fertilizar estén abiertas).
- ❖ Una vez que se terminó de fertilizar, se debe continuar con la operación del sistema de riego, al menos durante una hora más, con la finalidad de lavar la tubería y de permitir que el fertilizante sea arrastrado hacia las raíces del cultivo y no se quede en la superficie del suelo.
- ❖ Es necesario que no existan fugas en las tuberías o en las líneas de goteros, ya que se puede perder una gran cantidad de agua y fertilizante.
- ❖ Se debe de tener cuidado de que sean compatibles los productos a la hora de mezclar varios fertilizantes en la solución nutritiva. En el cuadro 21 se presenta una orientación sobre la compatibilidad de los principales fertilizantes para realizar las mezclas.

Cuadro 21. Orientación sobre la compatibilidad de mezclas de los principales fertilizantes para uso en fertirrigación. (Alarcón y Egea, 1999).

	SA	U	NC	NP	NA	AF	MAP	DAP	FMP	CP	SP	SM
SA		X	P	+	+	X	X	X	X	+	+	+
U	X		X	X	P	X	X	X	X	+	+	X
NC	P	X		+	P	P	P	P	P	+	P	P
NP	☺	X	+		+	+	+	+	+	+	+	+
NA	+	P	P	+		X	X	X	X	+	+	+
AF	X	X	P	+	X		+	+	+	+	+	+
MAP	X	X	P	+	X	+		+	+	+	+	X
DAP	X	X	P	+	X	+	+		+	+	+	+
FMP	X	X	P	+	X	+	+	+		+	+	+
CP	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+
SP	+	+	P	+	+	+	+	+	+	+		+
SM	+	X	P	+	+	X	+	+	+	+	+	

SA = sulfato de amonio DAP = fosfato diamónico P = Mezcla

incompatible

U = urea

MAP = fosfato monoamónico ☺+ = Mezcla sin

limitaciones

NC = Nitrato de calcio

FMP = fosfato monopotásico X = Mezcla posible

En el momento de la aplicación

NP = nitrato de potasio

CP = cloruro potásico

NA = nitrato de amonio

SP = sulfato potásico

AF = ácido fosfórico

SM = sulfato de magnesio

Necesidades de Fertilizante.

En base a trabajos de investigación realizados en el Campo Experimental Zacatecas en el cultivo del ajo, regado con el sistema de goteo y utilizando la fertirrigación, se recomienda aplicar la formula de fertilización 250 N -100 P - 265 K - 120 Ca, para lograr buenos rendimientos y ajos de buena calidad (Bravo y Echavarría, 2003).

Estos elementos se aplican a través del sistema de riego por goteo durante todo el ciclo del cultivo, ya que éstos se pueden perder por diferentes vías, por lo que es más conveniente aplicarlo poco a poco, no todo al principio del cultivo. En el caso del fósforo, que es menos movable en el suelo, se podrá aplicar la mitad como fertilización base al suelo antes de la siembra y el resto aplicarlo en tres o cuatro ocasiones al principio del cultivo.

En el cuadro 22 se presenta el porcentaje de la distribución de los fertilizantes para el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y calcio (Ca), durante las diferentes etapas de desarrollo del cultivo, de acuerdo a la dinámica de absorción del ajo, considerando que las aplicaciones de fertilizante se deben iniciar después de la nacencia (Figura 34).

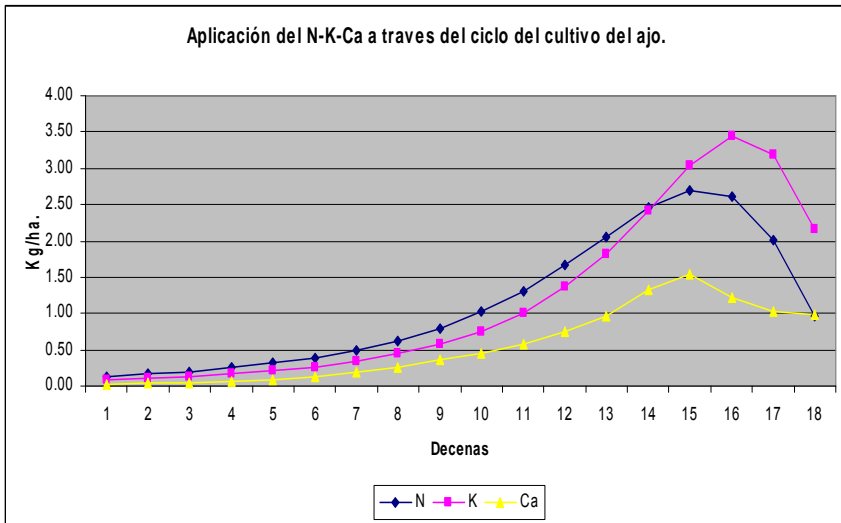


Figura 34. Curvas de aplicación de nitrógeno (N), potasio (K) y calcio (Ca), en base a la absorción de estos nutrientes durante el ciclo del cultivo del ajo.

Con la información en el cuadro 22 se puede desarrollar un programa de fertilización del nitrógeno, potasio y calcio, calculando las unidades de N, K y Ca que se deben de aplicar de acuerdo al porcentaje fijado para cada decena y calcular los kilogramos de fertilizante de acuerdo a la fuente que se utilizaran.

Cuadro 22. Aplicación del N-P-K-Ca en porcentaje, de acuerdo a la absorción de estos nutrientes por el ajo durante su ciclo de cultivo.

Decena	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio
1	0.674	10	0.411	0.3
2	0.823	10	0.505	0.35
3	1.011	10	0.624	0.5
4	1.249	10	0.776	0.6
5	1.553	10	0.974	0.9
6	1.945		1.233	1.3
7	2.454		1.578	1.9
8	3.116		2.041	2.5
9	3.98		2.669	3.6
10	5.1		3.529	4.5
11	6.529		4.714	5.7
12	8.289		6.335	7.5
13	10.301		8.501	9.6
14	12.267		11.208	13.2
15	13.526		14.092	15.3
16	13.069		15.988	12.2
17	10.026		14.803	10.3
18	4.76		10.018	9.75
Total	100		100	100

La cantidad de fertilizante por aplicar al suelo como fertilización base o inyectado por el sistema de riego debe calcularse con base en los requerimientos de cada nutriente por el cultivo y a este total se le debe de restar el fertilizante disponible que se encuentra en el suelo de acuerdo al resultado del análisis de laboratorio.

Avances de investigación logrados en el Campo Experimental Zacatecas manifiestan buenos resultados al aplicar al suelo una fertilización base antes de la siembra, que incluya el 20% del total para el N - K y Ca y del 50% para el P, de la formula recomendada (250-100-265-120). Se podrá aplicar al suelo la formula 50-50-50-15 que se ajusta a estos porcentajes, utilizando los fertilizantes más comunes como la urea (46% N) como fuente de nitrógeno, el superfosfato triple (46% P) como fuente de fósforo, el sulfato de potasio (50% K) como fuente de potasio y en nitrato de calcio (15.5-00-00-19 Ca) como fuente de calcio y de nitrógeno. El resto del fertilizante para alcanzar la formula 200-50-215-100 se deberá de aplicar por medio del sistema de riego por goteo.

El cuadro 23 ejemplifica el procedimiento sobre la aplicación de N-P-K-Ca cada 10 días. Si el productor aplica el fertilizante cada día lo deberá de dividir entre 10 y si lo aplica cada semana o con otra frecuencia se deberán de hacer los ajustes necesarios.

Cuadro 23. Aplicación en kilogramos cada 10 días del N-P-K y Ca, en base a la absorción de estos durante el ciclo de cultivo del ajo.

Decena	N	P	K	Ca
1	1.35	10	0.88	0.3
2	1.65	10	1.09	0.35
3	2.02	10	1.34	0.5
4	2.50	10	1.67	0.6
5	3.11	10	2.09	0.9
6	3.89	0	2.65	1.3
7	4.91	0	3.39	1.9
8	6.23	0	4.39	2.5
9	7.96	0	5.74	3.6
10	10.20	0	7.59	4.5
11	13.06	0	10.14	5.7
12	16.58	0	13.62	7.5
13	20.60	0	18.28	9.6
14	24.53	0	24.10	13.2
15	27.05	0	30.30	15.3
16	26.14	0	34.37	12.2
17	20.05	0	31.83	10.3
18	9.52	0	21.54	9.75
Total	201.35	50	215.00	100

Debido a que el fósforo tiene menos movilidad en el suelo y por lo mismo no se pierde tan fácil, la fertilización fosfórica se puede hacer en cinco aplicaciones consistentes en 50 Kg de fertilización base y el resto inyectado por el sistema de riego, realizando cuatro aplicaciones de 12.5 Kg cada una para ajustar los 100 Kg recomendados. Se

recomienda aplicar ácido fosfórico (60% P) o el MAP (12-46-00) que son muy solubles.

La tecnología de fertirrigación recomendada, más el uso de una variedad con buen potencial de rendimiento, el uso del riego por goteo con un adecuado programa de la frecuencia y los volúmenes por aplicar durante el ciclo del cultivo, el uso de altas densidades (camas con seis hileras de plantas) y un control integrado de las plagas y enfermedades, dan como resultado altos rendimientos y buena calidad de los ajos, así como una alta rentabilidad del cultivo.



CONTROL DE PLAGAS

En Zacatecas los problemas con plagas en el cultivo de ajo son escasos, pero deben atenderse oportunamente para evitar reducciones en la calidad y cantidad de la cosecha.

Trips

En las plantas de ajo de Zacatecas pueden ocurrir dos especies diferentes de trips (Figura 35); el de la cebolla y el occidental de las flores:

Trips de la Cebolla (*Thrips tabaci* Lindeman)

Los trips pertenecen al orden Tysanoptera. Los huevecillos son de color blanco y elíptico. Los adultos son alados, de color amarillo a ligeramente café, con una pigmentación gris en los ojos y sus antenas presentan siete segmentos; llegan a medir hasta 1 mm de longitud; son muy activos y vuelan rápidamente cuando se les disturba. Las ninfas carecen de alas y son de color blanco a amarillo pálido. Las prepupas y pupas son de color amarillo o café. Ambos se alimentan de la savia que obtienen cuando raspan las hojas jóvenes del cultivo, al que pueden llegar a afectar severamente. Esta plaga completa su ciclo biológico en 16 días si la temperatura media es de 25 °C y en 11 días si es de 30 °C, por lo que se pueden presentar varias generaciones de esta plaga durante el ciclo de cultivo del ajo. En otros estudios se ha determinado que la temperatura umbral de desarrollo de esta plaga es de 11.5 °C y se requieren 78

unidades calor para que se desarrolle el huevecillo, 100.2 unidades calor para el desarrollo desde la fase larvaria hasta el adulto; en total el tiempo generacional sería de 179.6 unidades calor.

En cebolla se ha mostrado que la longevidad promedio de *T. tabaci* puede ser de 11.5 días y la hembra puede depositar alrededor de 39 huevecillos durante su vida. La mayor parte de la población de trips que infesta una planta se puede localizar en el cogollo de la planta, por lo que es difícil su combate por medios químicos (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, 1998; Arrieche *et al.*, 2006; Mena, 2006; Orloff *et al.*, 2008). Estudios llevados a cabo en Venezuela revelan que esta plaga es capaz de infestar otras plantas cultivadas como el chile y la cebolla así como plantas silvestres como quelite y rodadora (Salas, 2003).



Figura 35. Adultos y ninfa (ángulo inferior izquierdo) de trips.

Trips Occidental de las Flores (*Frankliniella occidentalis* Pergande)

Estos insectos en su estado adulto son alados y miden alrededor de 1 mm, de color amarillo a ligeramente café, presentan setas prominentes en la parte anterior del pronoto y entre los ocelos que manifiestan una pigmentación roja; sus antenas muestran ocho segmentos (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, 1998; Mena, 2006; Orloff *et al.*, 2008).

Algunas características de este insecto lo hacen extremadamente difícil de combatir; los huevecillos son en interior del tejido de la hoja o pétalos, lo cual los protege contra la aplicación de insecticidas de contacto. Al emerger las larvas quedan protegidas contra la aspersion de insecticidas en las yemas florales o vegetativas (en el cogollo de las plantas de ajo o cebolla) (Zitter *et al.*, 1989).

Los trips no se alimentan directamente de la savia, sino que al raspar e inyectar su propia saliva ocasiona la disolución de los contenidos celulares cuyo contenido es ingerido por su aparato bucal. Como consecuencia del daño, los tejidos se deshidratan, se detiene el crecimiento y las heridas provocadas en cada sitio de alimentación son un punto de entrada para algunos patógenos causantes de enfermedades. Las hojas afectadas por esta plaga presentan las puntas secas y una coloración ceniza, con altas infestaciones de trips, las hojas pueden marchitarse y morir. Los daños causados por esta plaga se

acentúan en condiciones de sequía y cuando las plantas son más jóvenes; las heridas ocasionadas por la plaga pueden servir como puntos de entrada para patógenos que causan enfermedades foliares (Mena, 2006; Orloff *et al.*, 2008).

Los trips pueden actuar como vectores de virus que afectan a otros cultivos como el virus de la marchitez manchada del jitomate así como también transmitir algunos otros virus como en el caso de la mancha amarilla del Iris que también afecta a la cebolla (Pérez y Rico, 2004; Goldberg, 2005).

No se cuenta aún con información específica del umbral económico de los trips en ajo, pero se han obtenido evidencias en cebolla que pueden ser útiles en el manejo de trips en este cultivo. El empleo de cartulinas pegajosas de color blanco ayudan a detectar la presencia de la plaga y proporcionan una buena medida de la población de la plaga, por lo que se pueden emplear en las parcelas de ajo colocadas a 70 o 95 cm de altura que es la altura de vuelo de la mayoría de los trips. En los cultivos de cebolla en California se considera un umbral de 30 trips por planta en la etapa de formación del bulbo, pero este umbral debe ser menor si la edad de las plantas es menor o incrementado si el desarrollo de las plantas supera la etapa de formación del bulbo. Este umbral pudiera ser mayor en ajo, que es más resistente que la cebolla; por el contrario, bajo condiciones de sequía el umbral puede ser menor. En Aguascalientes y

otros países como Chile se ha encontrado que el empleo de cartulinas azules para contabilizar la población de trips reporta resultados similares a los obtenidos en el conteo directo de la plaga en planta o con el empleo de trampas amarillas (Bujanos y Marín, 2000; Mena, 2006; González, *et al.*, 2007; Larraín *et al.*, 2006).

En cebolla se ha encontrado que mantener niveles adecuados de humedad en el suelo, así como concentraciones apropiadas de calcio en el suelo pueden ayudar a reducir el daño de trips; asimismo se sugiere eliminar la maleza como los quelites dentro y alrededor de las parcelas de ajo para evitar que alberguen poblaciones considerables de esta plaga (Mena, 2006; Zitter *et al.*, 1989).

Por lo que respecta al control químico de la plaga, se menciona que una parte considerable de su éxito radica en que el insecticida alcance la base de la planta donde emergen las hojas y donde se encuentra la mayoría de los trips. El tamaño de la gota de aspersion debe ser menor a 100 micras y se deben realizar al menos dos aplicaciones separadas cinco días una de otra. La segunda aspersion tendría el propósito de eliminar las larvas que emergen de los huevecillos de trips que se localizan dentro del tejido de la planta; los insecticidas, dosis, límite máximo de residuos e intervalo de seguridad en días que han aportado buenos resultados para el control de trips en parcelas de ajo en el Bajío se presentan en el cuadro 10 (Bujanos y Marín, 2000; Mena, 2006).

Cuadro 24. Insecticidas recomendados para el control de trips, dosis, límite máximo de residuos e intervalo de seguridad en días (Bujanos y Marín, 2000).

Productos	Dosis	LMR ¹	ISD ²
Diazinon CE 25%	1.0 – 1.5 l / ha	0.75	7
L-Cyhalotrina CE 07%	350 – 500 cc / ha	0.1	14
Malatión CE 49%	2 l / ha	8.0	3
Paratión metílico CE 47%	1 l / ha	1.0	15

¹ LMR: Límite Máximo de Residuos.

² ISD: Intervalo de Seguridad en Días.

Ácaros

Existe un complejo de especies de ácaros afectando al follaje y al bulbo del ajo bajo condiciones de campo y bodega entre las que se mencionan los géneros *Rhizoglyphus* spp, *Tyrophagus* spp y *Eriophyes tulipae* Keifer. En el suelo se ha reportado la presencia del género *Rhizoglyphus* spp., aunque la especie *R. robini* es la más ampliamente distribuida en el país. Además de afectar al ajo también puede dañar a la cebolla, así como las plantas de ornato conocidas como tulipanes. Se considera que solamente en Guanajuato durante 2001 el ataque de ácaros ocasionó pérdidas superiores a los 10 millones de pesos (Estrada – Venegas y Equihua – Martínez, 2006; Orloff *et al.*, 2008).

Los ácaros de esta especie tienen el cuerpo robusto, lustroso, de color blanquecino, miden de 0.5 a 0.9 mm de largo, tienen cuatro pares de patas esclerotizadas y fuertes que le permiten movilidad en el suelo. Su

aparato bucal le permite desgarrar los tejidos para alimentarse de los mismos y de esta manera provocar la entrada de patógenos a través de esas heridas de alimentación, aunque también pueden alimentarse de restos vegetales en descomposición y de hongos. Los bulbos o dientes infestados con el ácaro se vuelven flácidos y difícilmente emiten la punta de crecimiento vegetativo que daría origen a una nueva planta de ajo (Estrada – Venegas y Equihua – Martínez, 2006; Bujanos y Marín, 2000).

El ciclo de vida de esta plaga es complejo e involucra de cinco a seis etapas: huevecillo, larva, protoninfa, hypopus, tritoninfa y finalmente al adulto. El ciclo biológico puede completarse en 12 a 14 días. Estos ácaros pueden sobrevivir a temperaturas mayores a 35 °C pero no lo hacen a temperaturas menores de 11.8 °C. El estado hypopal se presenta cuando se agota el alimento o la población de ácaros es excesivamente grande; en esta fase puede ser diseminado en bulbos o dientes ya que no se alimenta y es resistente al desecamiento. Estos ácaros pueden sobrevivir en el campo sobre la materia orgánica que no está totalmente descompuesta (Bujanos y Marín, 2000; Orloff *et al.*, 2008).

Estos ácaros dañan los bulbos al penetrar su capa exterior y permitir la entrada de organismos que descomponen ese tejido. Esta plaga es más nociva cuando el desarrollo del cultivo es retardado por clima frío y húmedo; la infestación de ácaros reduce la población de plantas, provoca

enanismo y promueve el desarrollo de pudriciones en el almacén (Orloff *et al.*, 2008).

El combate de esta plaga puede llevarse a cabo previo a la siembra empleando los productos Basudín 25E (3.3 ml / l de agua), Karathane (0.3 ml / l de agua), Kelthane MF (2 ml / l de agua) o Malation (3.3 ml / l de agua). Bajo condiciones de almacenamiento los bulbos pueden ser tratados con fosforo de aluminio (0.5 a 1.5 tabletas por metro cúbico durante 3 – 5 días a temperatura de 20 – 25 °C). La desinfectación de bodegas y almacenes de ajo- semilla se puede realizar con Malatión 5% (Burba, 1992; Estrada – Venegas y Equihua – Martínez, 2006).

La fumigación del suelo con Metam Sodio en presiembra en dosis de 450 a 750 l / ha ofrece un buen control de los ácaros que sobreviven en la materia orgánica y se obtendrán mejores resultados si el fumigante logra penetrar en los primeros 15 cm del suelo; sin embargo la fumigación con este producto debe usarse como último recurso cuando todas las estrategias han fallado o no se pueden aplicar (Bujanos y Marín, 2000; Orloff *et al.*, 2008).

Otras medidas de control incluyen el manejo adecuado de los bulbos evitando daños severos que propicien el establecimiento de colonias de ácaros. También se deben evitar los periodos de alta humedad que favorecen el crecimiento de las poblaciones de la plaga; además se

sugiere evitar la siembra consecutiva de ajo o cebolla en la misma parcela; la rápida rotación de un cultivo de ajo o cebolla a otro permite la supervivencia de altas poblaciones de ácaros en los residuos del primer cultivo por lo que se debe permitir la completa descomposición de los residuos de ajo para reducir las poblaciones de ácaros en el suelo; (Bujanos y Marín, 2000; Estrada – Venegas y Equihua – Martínez, 2006; Orlof *et al.*, 2008).



CONTROL DE ENFERMEDADES

Pudrición Blanca

La pudrición blanca se presenta en la mayoría de las zonas productoras de ajo del país. Esta enfermedad constituye el problema sanitario más importante de este cultivo, ya que en áreas con alta incidencia llega a causar la pérdida de hasta el 80% de la producción. Es causada por el hongo *Sclerotium cepivorum*, Berk. y puede presentarse también en cultivos afines como la cebolla, el poro, el ajo chalote, el cebollín, etc. En Zacatecas, más del 93 % de las parcelas que se dedican al cultivo de ajo poseen diversos grados de infestación por este patógeno (Velásquez y Medina, 2004)

La enfermedad se caracteriza por mostrar un moho blanco alrededor y encima del bulbo, ocasionalmente sobre raíces y cuello de las plantas, que después de cierto tiempo, aparecen pequeñas esféricas, negras y rugosas, de alrededor de 0.3 a 0.55 mm de diámetro. Estas esféricas son las estructuras de resistencia y diseminación del hongo, son llamadas esclerocios, las cuales le sirven para diseminarse dentro de una parcela, a grandes distancias y a través de varios ciclos de cultivo.

Los esclerocios tienen la función de garantizar la sobrevivencia del hongo por largos periodos de hasta 10 años o más, aún en ausencia de los cultivos como ajo y cebolla que producen compuestos volátiles y solubles

en agua, que estimulan la germinación de estas estructuras, aunque estén a 10 cm de distancia. Las condiciones óptimas para la germinación de éstos es mayor con temperaturas entre 14 y 18 °C, siempre que se tengan bajos contenidos de humedad en el suelo, cercanos a 15%. El desarrollo óptimo de la enfermedad se asocia con temperaturas entre 17 y 20 °C, las cuales son comunes en Zacatecas entre diciembre y marzo.

Las plantas enfermas pueden arrancarse fácilmente porque carecen de raíces, suspenden su crecimiento y se tornan amarillentas. Las hojas basales son las primeras en manifestar el amarillamiento y al final en las superiores (Figura 36). La presencia de micelio blanco con aspecto algodonoso es un síntoma inicial, que se observa encima y alrededor de los bulbos. En las parcelas infestadas, la enfermedad forma manchones que crecen y avanzan en dirección del agua de riego (cuando se aplica riego por gravedad); en ellos, las plantas del centro del manchón son las primeras en morir (Valle, 1989; American Phytopathological Society, 1995).

El hongo se transmite mediante los bulbos y dientes de las plantas enfermas, usados como semilla. Otra manera de dispersión es mediante el agua de riego así como en la maquinaria, herramientas, calzado e implementos usados en parcelas contaminadas. Se sugiere tener control sobre esos medios de diseminación, sobre todo cuando se tenga la

certeza de la presencia de la enfermedad en un campo, para no extenderla a otras parcelas libres del patógeno.



Figura 36. Plantas de ajo con síntomas de pudrición blanca.

Manejo de la Enfermedad

Como en todas las enfermedades causadas por hongos del suelo, se recomienda seguir todas las medidas de prevención sistemáticamente, sin dejar de realizar alguna, porque con una sola omisión se corre un alto riesgo de que se presente en una parcela.

Recomendaciones Generales

1. Se deberá usar solo semilla sana, producida en un lote donde se tenga la certeza de que no se presentó la enfermedad, si la semilla fue adquirida, no se podrá tener esa seguridad. **No deberá usarse semilla con un origen desconocido.**
2. Lo ideal es que cada productor de ajo produzca su semilla, así se tendrá la oportunidad de escogerla con las características de sanidad y comerciales que se mencionan en el inicio de este folleto. La producción de semilla deberá realizarse en un lote sano, libre del patógeno causante de la pudrición blanca, donde solo se utilice semilla seleccionada, de alta calidad.
3. Analizar la semilla en un laboratorio de fitopatología para detectar infestaciones severas de pudrición blanca u otros patógenos como nematodos. Se sugiere que este análisis se lleve a cabo antes de sembrar para permitir la aplicación de las medidas de combate.
4. Para “curar” o tratar la semilla de ajo se sugiere emplear el fungicida Tebuconazole que ha proporcionado resultados consistentes en las regiones productoras de ajo en México (Herrera *et al.*, 1999). Es importante señalar que el tratamiento a la semilla de ajo debe realizarse adecuadamente, para evitar fallas en el procedimiento que posteriormente pueden traducirse como plantas enfermas.

5. El proceso para “curar” la semilla de ajo se realiza de la manera siguiente:

Preparar una solución con el fungicida Tebuconazole en dosis de 0.5 a 0.75 litros por cada 100 litros de agua; de esta mezcla básica, vaciar la cantidad que se requiera para sumergir y cubrir bien la cantidad de semilla que se desee “curar”. Es importante mantener la semilla sumergida en la solución fungicida por espacio de cinco a siete minutos. Después de ese tiempo, la semilla se saca de la solución y se extiende para su secado en un lugar fresco y sombreado.

6. Luego de “curar” ciertas cantidades de semilla, el volumen de la solución se puede reducir; por lo que será necesario reponer el faltante tomándolo de la solución básica; de esta forma la concentración del fungicida será siempre la recomendada.

En el INIFAP-Guanajuato, Delgadillo *et al.*, (2000) encontraron que la enfermedad está asociada con la cantidad de esclerocios por kilogramo de suelo. Asimismo estos investigadores señalan que se puede tener un control de la enfermedad en siembras a riego rodado si se hacen dos aplicaciones de Tebuconazole (2 l/ha), una a los 30 días después de la emergencia del ajo y la otra a los 60 días, siempre y cuando se encuentren menos de 20 esclerocios/kg de

suelo. Si la cantidad de esclerocios en el suelo es mayor se recomienda no sembrar ajo.

Si se desconoce la presencia de esclerocios en el suelo de una parcela se recomienda tomar muestras representativas antes de sembrar para ser analizadas en un laboratorio de Fitopatología

Se recomienda tomar muestras de 0.25 a 0.5 kg de suelo en los primeros 20 cm de profundidad; debe dibujarse una cuadrícula o croquis donde se anote el lugar exacto de donde se tomó cada muestra y cada muestra debe llevar esa información claramente legible. Por otro lado, el número de muestras de suelo por hectárea dependerá de la precisión con que desee conocer la población del hongo y su distribución dentro de una parcela; entre menos muestras se aporten al laboratorio, el costo de análisis será menor, pero la confiabilidad de los resultados también será menor.

7. Se deberá evitar la contaminación entre parcelas por el movimiento de maquinaria y herramienta de parcelas infestadas hacia las parcelas sanas. Se ha sugerido la rotación de cultivos preferentemente con gramíneas (cereales, maíz, praderas, etc.) y crucíferas (col, brócoli, nabo, coliflor, etc.) durante períodos de al menos ocho años. Otra práctica que ha dado buenos resultados en otras áreas productoras de ajo o cebolla pero de difícil aplicación

práctica en las condiciones de Zacatecas, es la inundación de las parcelas infestadas por tres semanas lo que reduce en gran medida las poblaciones de esclerocios.

8. Es recomendable el empleo de un tapete fitosanitario a base de costales o esponja, el cual debe estar húmedo con una solución de cloro (6%) y por donde todos los trabajadores deberán caminar para mojar su calzado al entrar o salir de una parcela infestada con pudrición blanca, para evitar la diseminación de esclerocios del patógeno (Figura 37).



Figura 37. Empleo de un tapete fitosanitario individual para impedir la dispersión de enfermedades como la pudrición blanca.

Pudrición por *Fusarium*

Esta enfermedad es causada por el hongo *Fusarium* spp. y se ha señalado que puede ser responsable de pérdidas de hasta 40% de los bulbos en el campo (American Phytopathological Society, 1995). El

hongo puede causar la pudrición de la semilla, así como los primeros síntomas en plantas adultas se observan como deformación, amarillamiento y necrosis de las hojas (Figura 38). En las raíces de las plantas afectadas se observa una coloración café oscuro a rojiza. El hongo puede ser transportado por partículas de suelo, el agua excedente de riego y, muy especialmente, por medio de la semilla.



Figura 38. Planta de ajo mostrando síntomas de pudrición por Fusarium.

Manejo de la Enfermedad

La semilla debe ser tratada con fungicidas como Benomyl, Thiabendazol o Tebuconazole. No se recomienda sembrar ajo en aquellas parcelas donde el cultivo anterior fue un cereal como maíz forrajero o donde la parcela recibió una alta dosis de fertilización orgánica.

Pudrición por *Penicillium*

La enfermedad es causada por el hongo *Penicillium* spp., el cual puede originar una reducida germinación de la semilla de ajo, así como clorosis, debilidad y acaparamiento en plantas emergidas. La característica distintiva de la enfermedad es el desarrollo de un algodoncillo de color verde – azul sobre el diente o sus restos (Figura 39). La principal fuente de dispersión de este hongo la constituye la propia semilla. La enfermedad es más severa bajo condiciones de alta humedad en el suelo, bajas temperaturas, presencia de lloviznas o rocío y siembras tardías.

Manejo de la Enfermedad

Como medida preventiva la semilla puede ser tratada con fungicidas como Benomyl o Thiabendazole, ambos en dosis de 0.5 kg por tonelada de semilla procurando que la semilla permanezca sumergida en la mezcla de agua y fungicida por espacio de 20 minutos. En otras áreas productoras de ajo se ha sugerido el empleo de Tebuconazole en dosis de 200 cc por cada 100 litros de agua permitiendo un tiempo de inmersión de semilla por dos horas (Larreguy, 1999).



Figura 39. Plántula de ajo con el resto de la semilla invadida por *Penicillium* spp.

Pudrición por Nematodos

Esta enfermedad es causada por el nematodo *Ditylenchus dipsaci* Kúhn quién además puede afectar a la cebolla, entre otros cultivos. Este patógeno puede afectar la semilla pero su ataque se observa con mayor frecuencia en las parcelas donde las plantas afectadas toman un aspecto amarillento y con poco vigor, el tallo se engrosa, el follaje se “acebolla”, en el bulbo se observa un abultamiento y las raíces se destruyen (Figura 40). Este nematodo puede vivir libre en el suelo, en tejidos secos de ajo o cebolla y en maleza y puede ser dispersado por medio de la semilla y/o materia seca contaminada, a través del agua de riego o lluvia o en el suelo y/o restos de plantas que se pegan a la maquinaria agrícola usada en parcelas infestadas.



Figura 40. Bulbo de ajo con deformaciones y raíces destruidas por ataque de *Ditylenchus* spp.

Manejo de la Enfermedad

Una de las medidas más efectivas para controlar este nematodo es asegurarse de que la semilla está libre del patógeno mediante un análisis en un laboratorio de Fitopatología. Se sugiere emplear un programa de rotación de cultivos en aquellas parcelas infestadas, que no incluya ajo o cebolla en por lo menos cuatro años. La semilla puede ser tratada con algún nematicida como Fenamiphos, en dosis de un litro del producto comercial por tonelada de semilla.

Marchitez por *Sclerotium*

La marchitez es causada por el hongo *Sclerotium rolsfii* Sacc. que también forma esclerocios capaces de resistir en el suelo por largos periodos; este hongo puede afectar un gran número de plantas cultivadas en Zacatecas como frijol, calabaza, pepino, jitomate, etc. El follaje de las plantas afectadas por el hongo muestra una coloración café, las raíces son destruidas y el bulbo se ve envuelto en un algodoncillo grueso donde llegan a formarse esclerocios (Figura 41).



Figura 41. Dientes de ajo mostrando algodoncillo característico de *Sclerotium rolsfii*.

La temperatura óptima para el desarrollo del patógeno es de 25 a 30 °C, aunque Su desarrollo se ve limitado en temperaturas menores de 15 °C. En Aguascalientes se ha observado mayor actividad de este hongo en condiciones de alta humedad y temperatura, las cuales

pueden presentarse entre las camas de siembra o surcos cuando los riegos son muy pesados o frecuentes y al final del ciclo de cultivo. Sin embargo, en Zacatecas la enfermedad se ha observado en diciembre en suelos fertilizados con estiércol y con riego excesivo.

Manejo de la Enfermedad

Se sugiere realizar un barbecho profundo en las parcelas donde la infestación con éste patógeno es generalizada, para enterrar profundamente los esclerocios y la materia orgánica colonizada por el hongo, evitando con esta práctica el contacto de esas estructuras con las raíces de plantas de ajo sanas. Sin embargo, los esclerocios del hongo suelen conservar su viabilidad por un periodo largo por lo que es necesario llevar a cabo otras medidas de manejo de la enfermedad.

Se sugiere realizar una rotación de cultivos por lo menos durante tres años que incluya cereales (cebada, trigo o avena) y pastos. Además, se recomienda evitar el cultivo de especies susceptibles como frijol, zanahoria, calabaza, pepino, jitomate, etc. En Aguascalientes, los residuos del cultivo de maíz forrajero se han visto asociados con esta enfermedad ya que son rápidamente colonizados por el patógeno y con la enfermedad denominada “raquitismo del ajo”, por lo que no se sugiere la siembra de ajo en parcelas cuyo cultivo anterior haya sido maíz forrajero.

Se recomienda aislar las áreas dentro de una parcela donde la enfermedad se presente, lo que significa que en el área afectada han de suspenderse o realizar al último todas las labores culturales que impliquen el paso de trabajadores o maquinaria. La maquinaria agrícola o herramienta utilizada en esas áreas debe lavarse a presión con una solución de formol al 5% (cinco litros de formol en 95 litros de agua) antes de abandonar las áreas dañadas.

Mancha Púrpura

Esta enfermedad es provocada por el hongo *Alternaria porri* (Ellis) Ciferri. Los primeros síntomas de la enfermedad aparecen como un gran número de pequeños puntos blanquecinos que se desarrollan concéntricamente (como un tablero de tiro al blanco). Luego de dos a cuatro días, estos puntos toman un color rojo vino hasta que finalmente aparece una coloración púrpura en su parte central y amarillenta o rojiza en el borde de la lesión (Figura 42).

Las condiciones que favorecen el desarrollo de la enfermedad en Guanajuato, Méx. son la presencia de lluvias, rocío persistente, más de 90% de humedad relativa y temperatura de 25 a 27 °C. Al parecer una humedad relativa superior a 90% es necesaria para que ocurra una esporulación significativa, pero se requieren 15 horas de rocío para que las conidias estén completamente maduras y que causen las lesiones típicas de la enfermedad (Delgadillo, 2000).



Figura 42. Lesión de mancha púrpura en el “tallo” de una planta de ajo.

Manejo de la Enfermedad

Wall *et al.* (1993) en New Mexico, EUA, sugieren iniciar la aspersion de fungicidas en cebolla una vez que se detecten las primeras lesiones de la mancha púrpura, principalmente después de eventos lluviosos. En la zona del Bajío de México se sugiere la aspersion de mezclas de fungicidas como Mancozeb + Zineb a razón de 1 a 1.5 kg de cada producto comercial por hectárea. Otros fungicidas que también han aportado buenos resultados son el Iprodione y el Clorotalonil (American Phytopathological Society, 1995; Delgadillo, 2000).

Enfermedades Provocadas por Virus

La mayor parte de los virus reportados en ajo son transmitidos mecánicamente o por pulgones. Los síntomas más comunes incluyen la aparición de franjas amarillas en las hojas o deformaciones de las mismas, enanismo, enrollamiento, etc. (Figuras 43 y 44). Es frecuente encontrar dos o más síntomas en una misma planta, mientras que un síntoma específico no puede ser asociado con un determinado virus o grupo de virus (Pérez y Rico, 2004; Pérez – Moreno *et al.*, 2006)

Actualmente se llevan a cabo investigaciones en el Campo Experimental Zacatecas (INIFAP) que permitirán reducir las pérdidas causadas por este tipo de enfermedades en el estado aunque en plantas de diferentes variedades de ajo colectadas en Zacatecas se han identificado los virus del enanismo amarillo de la cebolla, virus de la franja amarilla del puerro, virus latente común del ajo y virus del jaspeado del tabaco (Cuadro 25).



Figura 43. Planta de ajo con probables síntomas virales (achaparramiento y deformación foliar)



Figura 44. Planta de ajo con deformación foliar (ondulado, grosor excesivo y venación prominente) de probable origen viral.

Cuadro 25. Variedades de ajo y virus detectados durante los ciclos de cultivo 2007 – 2008 y 2008 – 2009 en Zacatecas

Variedad	Virus detectados								
	Ciclo de cultivo								
	2007 - 2008				2008 – 2009				
OYDV	Gar CLV	LYSV	TEV	OYDV	Gar CLV	LYSV	SLV	TEV	
Jaspeado Calera	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Chino	+	-	+	+	+	+	+	+	+
Perla Zacatecas	+	-	-	+	+	+	-	-	-
Blanco P	-	-	+	+	+	+	-	-	-
Blanco T	-	-	-	+	NM	NM	NM	NM	NM
Blanco HN	-	-	-	-	NM	NM	NM	NM	NM
Coreano	NM	NM	NM	NM	+	+	-	-	-
Europeo	+	+	+	+	+	+	-	-	-
Ensenada	NM	NM	NM	NM	+	+	-	-	-

NM= No Muestreado



FISIOPATÍAS COMUNES DEL AJO

Los bulbos ideales de ajo deben presentar un perímetro circular, compacto, de forma globosa, con dientes grandes y en número reducido. Sin embargo, frecuentemente se presentan malformaciones que le restan valor comercial a los bulbos. En Argentina se ha reconocido la existencia de dos grupos de malformaciones: en el primer grupo se encuentran aquellas asociadas con la emisión de la inflorescencia, mientras que en el segundo grupo se encuentran aquellas independientes del proceso de elongación del tallo floral.

Las malformaciones del primer grupo incluirían las denominadas “ajo pera” y “ajo de dos pisos”, en tanto que en el segundo grupo se encontrarían el “ajo rebrotado”, el “ajo macho” y el “ajo martillo”. Enseguida se presenta una descripción de cada una de estas malformaciones

“Ajo Pera” y “Ajo de Dos Pisos”

Estas anormalidades se caracterizan por la formación de dientes (dientes laterales) en distintos niveles sobre el tallo elongado. Su manifestación está fuertemente asociada a la emisión de la inflorescencia y se debe a la elongación de uno o dos de los últimos entrenudos formados antes del correspondiente al escapo. Esta elongación “arrastra” a los dientes más internos, que terminan ubicándose sobre el nivel en que se asientan los otros dientes. Es

probable que la causa de estas malformaciones tenga su origen en algún desbalance entre los procesos de floración y bulbificación, una vez iniciados los mismos. La pérdida de balance entre ambos procesos tendría a su vez causa en las fluctuaciones de temperatura.

“Ajo Macho”

Esta malformación consiste en un bulbo con una única hoja de reserva envuelta por una hoja de protección, una hoja fértil y varias hojas estériles, todas ellas concéntricas (Figura 45), y se origina al no haber crecimiento de las yemas laterales. Uno de los factores ambientales más consistentemente asociados con esta malformación es la exposición de los dientes a bajas temperaturas por periodos prolongados en la fase de preplantación. También se ha mencionado que la baja disponibilidad de agua y nutrientes al momento de completarse la inducción para la bulbificación puede ser también promotora de este tipo de malformación. Es probable que plantaciones tardías de dientes pequeños presenten números elevados de esta malformación.

“Ajo Martillo”

Los bulbos afectados son transversalmente alargados debido al crecimiento desproporcionado de dos dientes más externos y opuestos, posiblemente como resultado de un efecto de dominancia muy marcado de las yemas laterales más externas (las primeras en

formarse) sobre las internas. Posiblemente la siembra en fechas tardías, la fluctuación de temperatura al inicio de la primavera, la disponibilidad de agua y nitrógeno estén relacionadas con esta malformación.



Figura 45. Bulbo de ajo macho.

“Ajo Rebrotado”

La mayoría de las variedades de ajo presentan el fenómeno de rebrotado que tiene lugar una vez que en el cultivo se ha completado su inducción para bulbificar y su consecuencia es la cosecha de bulbos abiertos (con gran espacio entre dientes), poco firmes e irregulares.

El síntoma más evidente del rebrotado es la aparición de uno o más brotes entre la vaina de una hoja y el pseudotallo, razón por la cual se asocia el rebrotado con un exceso de vigor y que son los dientes los que se encuentran rebrotando prematuramente aunque ya se ha establecido plenamente que se trata de un crecimiento vegetativo de yemas laterales antes de que se formen las hojas de reserva.

Entre las causas del rebrote de ajos se menciona la exposición de la semilla a bajas temperaturas, tanto antes como después de la siembra, promueve la manifestación del rebrote. Cuanto más baja es la temperatura o mayor el tiempo de exposición durante el almacenamiento, es mayor el número de plantas con rebrotes. En las fechas de siembra tempranas se podría encontrar un mayor número de plantas rebrotadas como consecuencia de su mayor periodo de exposición al frío, en contraste con las plantas de fechas de siembra tardías.

Se conoce como "ramaleo", "rebrotado" o "escobeteado" al crecimiento secundario o tendencia de los bulbos a brotar anticipadamente, estando próximos a ser cosechados, con lo que pierden su valor comercial (Figura 46 y 47).



Figura 46. Plantas de ajo mostrando síntomas de escobeteado (brotación anticipada y engrosamiento de bulbos).



Figura 47. Planta de ajo mostrando brotación de dientes antes de la cosecha (escobeteado).

Este fenómeno ocurre en las variedades cultivadas en Zacatecas. Uno de los factores que contribuyen al aumento de este fenómeno, que siempre ocurre en algún porcentaje, es el nitrógeno (Olmedo, 2003), ya que la presencia de bulbos deformes se asocia con el ciclo de cultivo y con la aplicación de este nutriente (Saluzzo, 2003). El escobeteado es una malformación producida por un exceso de vigor, la cual se caracteriza porque el follaje de las plantas afectadas toma una apariencia de "escobeta", observándose unas hojas más finas que surgen entre las hojas adultas. Cuando la malformación es grave, la planta se abre completamente. Los bulbos de tales plantas pierden sus túnicas externas y los dientes periféricos quedan descubiertos. Los dientes en los bulbos de estas plantas no llegan a diferenciarse completamente y algunas tunicas o catáfilas exteriores adquieren una consistencia gruesa por lo que su aspecto es "acebollado (Macias *et al.*, 2000).

Este daño se presenta en todos los años, aunque en diferente grado, dependiendo de las temperaturas registradas; así, por ejemplo, cuando las temperaturas mínimas de marzo y abril son más altas de lo normal, la incidencia del escobeteado es mayor y viceversa (Macias *et al.*, 2000).



Figura 48. Efecto del escobeteado (derecha) sobre la diferenciación de dientes en bulbos de la variedad Jaspeado Calera.

También se ha determinado que el escobeteado está influenciado por algunos factores de manejo agronómico del cultivo, tales como fecha de siembra, fertilización nitrogenada y densidad de población. Los resultados obtenidos experimentalmente, indican que las siembras tempranas, las dosis altas de nitrógeno y las densidades de población bajas, incrementan los daños por escobeteado. La combinación de los tres factores agudiza el problema (Macias *et al.*, 2000).

Lipinski y Gaviola (2006) al realizar evaluaciones de la aplicación de nitrógeno en Argentina usando diversas variedades de ajo encontraron que la fertilización nitrogenada incrementó la manifestación de

malformaciones como el escobeteado, en todas las cultivares respecto del testigo sin fertilización, excepto en la variedad Sureño que presentó mayores anomalías en el tratamiento testigo sin fertilizar.

Diversos factores han sido asociados con la incidencia del crecimiento secundario o deformación del ajo denominado escobeteado. La temperatura, tanto durante el almacenamiento de la semilla, como durante la etapa de desarrollo vegetativo del cultivo son aspectos fundamentales en la aparición del “ramoleo”, “rebrotado” o “escobeteado” del ajo.

De acuerdo con diversos trabajos de investigación se ha demostrado que la temperatura de almacenamiento tiene efectos diversos sobre la latencia de los brotes, variando de acuerdo a las variedades, recomendándose, como regla general que el ajo almacenado para semilla permanezca entre los 14 y 18°C, ya que temperaturas inferiores o superiores provocan deformaciones de los bulbos en desarrollo aun antes del momento de la cosecha.

La temperatura y el fotoperíodo registrados durante las etapas de desarrollo del cultivo también afectan la aparición de escobetados; después de la etapa de inicio de formación de bulbos se requieren temperaturas medias mensuales entre 15 y 25°C y días largos en

cuanto a horas luz para evitar la aparición de deformaciones de los bulbos o cabezas (Portela, 1996, Ávila, 2007).

De acuerdo con lo expuesto se deduce que el crecimiento secundario en ajo (escobeteado, ramoleo, rebrotado) es una resultante de varios factores dentro de los que se puede mencionar a la variedad, el manejo de la semilla previo a la siembra, las temperaturas y el fotoperiodo del durante las diversas etapas de desarrollo del cultivo, el vigor de las plantas relacionado con factores de manejo como riegos, densidad de población y nutrición.

La incidencia del escobeteado en parcelas comerciales de ajo en Zacatecas se registró durante el ciclo de cultivo 2007 – 2008, los resultados se muestran en el cuadro de donde se puede deducir que las principales variedades de ajo sembradas en Zacatecas son susceptibles a este desorden y que también se presenta en los sistemas de siembra más comunes de la región (Cuadro 26).

Cuadro 26. Parcelas muestreadas, localización, variedad de ajo, sistema de siembra e incidencia de escobeteado de ajo en Zacatecas.

Parcela	Localización	Variedad	Sistema de siembra	Incidencia de escobeteado (%)
1	Villa de Cos	Jaspeado Calera	Dos hilos	4.0
2	Villa de Cos	Jaspeado Calera	Dos hilos	2.3
3	Villa de Cos	Jaspeado Calera	Dos hilos	12.5
4	Villa de Cos	Jaspeado Calera	Dos hilos	8.3
5	Villa de Cos	Jaspeado Calera	Cuatro hilos	0.6
6	Villa de Cos	Jaspeado Calera	Seis hilos	1.7
7	Villa de Cos	Jaspeado Calera	Seis hilos	5.7
8	Villa de Cos	Jaspeado	Seis hilos	0.9
9	Villa de Cos	Chino	Seis hilos	1.4
10	Villa de Cos	Chino	Seis hilos	2.3
11	Ojo Caliente	Jaspeado Calera	Dos hilos	4.9
12	Ojo Caliente	Jaspeado Calera	Dos hilos	0.8
13	Morelos	Jaspeado Calera	Seis hilos	1.5
14	Enrique Estrada	Coreano	Dos hilos	3.9
15	Enrique Estrada	Coreano	Dos hilos	1.9



MALEZAS

Las malezas son consideradas plantas competitivas, persistentes, perniciosas que crecen donde no son deseadas y causan daños a la producción de los cultivos en cualquiera de sus etapas (Piazza, 2007). Las malezas en los cultivos compiten directamente con éste por disponibilidad de luz, espacio, agua y nutrientes al mismo tiempo que sirven de hospederas de plagas y enfermedades, por lo que además del daño directo sobre el cultivo, los organismos dañinos que ellas albergan pueden provocar serias pérdidas en el rendimiento del cultivo.

Las malezas, pueden tener un efecto benéfico al servir de hospederas de insectos benéficos al cultivo, proteger al suelo de la erosión hídrica y eólica, así como regular la fertilidad y ayudar a preservar la estructura del suelo (Amador *et al.*, 2007).

Control de Malezas en Cultivo de Ajo

El ajo es considerado como un cultivo susceptible a la competencia de las malezas anuales tanto de invierno como de verano, es una planta con escasa capacidad de competencia debido a su porte, forma y tamaño de las hojas y lento crecimiento, por lo que las malezas llegan a provocar pérdidas importantes de rendimiento del ajo, además de provocar un incremento considerable de los costos operativos del cultivo, lo que provoca que su rentabilidad disminuya (Burba, 1992).

Cuando la población de malezas dentro del cultivo del ajo es de 50 ó más por metro cuadrado, se reduce el rendimiento del cultivo entre un 60 y 70% debido al efecto competitivo de las malezas con el cultivo (Larriqueta y Wittenstein, 1997).

Se ha reportado (Arévalo, 2000) que el periodo crítico de daño, a partir del cual el cultivo puede ser afectado por las malezas en su desarrollo, y por ende en su rendimiento, es de 35 días contados a partir de la siembra, cuando se registra el mayor efecto negativo provocado por las malezas sobre el cultivo, coincidiendo con el momento en que se consumen las reservas del diente o bulbillo usado como semilla, por lo que se recomienda mantener al cultivo libre de malezas durante ese periodo.

Otros trabajos indican que el control de malezas se debe iniciar desde el establecimiento del cultivo, ya que cuando este proceso se inicia después de los 60 días de la emergencia del cultivo se afecta considerablemente su rendimiento. (Agamalian and Kurtz, 1989).

En Guanajuato se ha determinado que los daños causados por la maleza pueden variar desde 5 hasta 65% dependiendo del tiempo en que el cultivo permanezca enhierbado, por lo anterior se recomienda mantener limpio el cultivo durante todo su ciclo de desarrollo (Arévalo, 2000).



Figura 49. Cultivo de ajo en sus primeras etapas de crecimiento con malezas.

Métodos para el Control de Malezas en Ajo

Hay dos maneras de eliminar las malezas en el cultivo, una es manual o mecánica y la otra es con herbicidas. Normalmente, la presencia de malezas no es tan intensa como en los cultivos de verano pero si es conveniente combatirlas para aumentar las expectativas de rendimiento y calidad.

Es relativamente difícil el control de malezas de manera mecánica en el cultivo, debido a las distancias entre plantas y a la disposición de ellas sobre el lomo del surco o las camas de siembra, por lo que los productores tienden a combinar métodos de control de malezas desde al manual y el mecánico hasta el químico, registrándose una tendencia

a usar cada vez más el control químico aun cuando se ha demostrado que el manual es el más eficiente (Ghosheh, 2000).

Manejo Integrado de Malezas

Es indispensable establecer un programa integrado de control de malezas en el cultivo del ajo debido a que este es un cultivo con baja competitividad con las malezas.

El primer paso en el manejo integrado de malezas lo constituye el monitoreo o muestreo de las malezas en el cultivo para lograr establecer un registro de las malezas que aparezcan.

El manejo integral de las malezas incluye actividades como:

Si se usa estiércol para abonar el suelo, éste deberá estar composteado a fin de eliminar la posibilidad de dispersar semillas viables, evitar prácticas del libre pastoreo para disminuir la diseminación de semillas de malezas a través de las heces fecales del ganado, la limpieza de maquinaria durante el traslado de una parcela a otra ayuda a disminuir la diseminación de malezas, lo mismo pasa si mantenemos limpios canales riego y drenes.

Control Cultural

Contempla prácticas de manejo del cultivo como:

Uso de semilla certificada,
Fechas de siembra adecuadas

Densidades de siembra

Sistemas de labranza

Rotación de cultivos

Cultivos competitivos

Fertilización adecuada

Control de Malezas en Presiembra

Se recomienda aplicar un riego de presiembra y cultivar a fin de favorecer la nacencia de malezas previo al establecimiento del cultivo, otra practica recomendable es establecimiento de cultivos que permitan el “blanqueo” de los terrenos a través de la incorporación de abonos verdes.

Solarización

Este método de control físico consiste en realizar una pasterización del suelo para controlar la mayoría de las malezas que aparecen en el cultivo de ajo, y que además ayuda a controlar algunos de los patógenos presentes en el suelo. Para lograr lo anterior se recomienda colocar un plástico transparente sobre el lomo del surco o cama durante 4 a 6 semanas durante la temporada más caliente del año.

Acolchados en el Control de Malezas

También se han usado las coberturas del suelo (acolchados) a base papel, cartón, mantas, grava, residuos vegetales o de plástico de

diversos colores que, además de servir como practica del control de malezas, tiene otros efectos como el control de patógenos, evitar la excesiva evaporación y regular el balance hídrico El uso del acolchado ha demostrado que además de ayudar a controlar las malezas y conservar humedad contribuye a incrementar los rendimientos en ajo (Burba,1992; Karaye and Yakubu, 2006).

Control Químico de Malezas en Ajo

La intención del control químico de las malezas, en la mayoría de los casos, es reducir el uso de mano de obra, pero además, se ha comprobado que cuando se realiza el control de malezas de manera manual se llegan a remover plantas de ajo, lo que llega a provocar cambios significativos en la densidad de población.

Uso de herbicidas. Estos productos combinados con buenas prácticas culturales, controlan eficazmente a las malezas del cultivo (Ghosheh, 2000).

Las recomendaciones generadas para el control de malezas por métodos químicos (aplicación de herbicidas) deben ser ajustadas de acuerdo a las condiciones particulares de cada región y de cada predio (Dall'Armellina, *et al* ,1999), además está demostrado que en la eficiencia de los herbicidas para el control de malezas un factor relevante es la forma de aplicación por lo que se recomienda calibrar

adecuadamente el equipo de aplicación antes de usarlo y siempre utilizar las boquillas adecuadas para la aplicación de herbicidas. Es pertinente mencionar que las dosis de herbicida para un control aceptable de las malezas depende de factores como el estado de desarrollo de las malezas y las condiciones ambientales al momento de la aplicación (Dall'Armellina, *et al.*, 1995).

Son pocos los herbicidas registrados para el control de malezas en el cultivo de ajo, sin embargo se han realizado investigaciones tendientes a evaluar diversos productos, su dosificación y forma de aplicación, lo anterior a fin de disminuir los costos en el control de malezas, algunos de los que se reportan son: Oxyfluorfen, Pendimethalin E 33%, Oxadiazon E25%(Ahmed *et al.*, 1991; Parco Tecnologico Agroalimentare dell'Umbria, 2001, Suleman *et al.*, 2001; Mahmood *et al.*, 2002). Además se reporta el uso de otros herbicidas como EPTC E 80%, Linurón PM45%, Metabenzthiazuron PM 70%, DCPA PM 75%, Prometrina PM 77.5%, Ioxinil E35.25%, Bromoxynil E 36%, Setoxidin E 18.4%.

En Zacatecas el uso del Oxyfluorfen (1.5 a 2 litros/ha) o del Flumioxazin (210 a 480 gramos/ha) han reportado buenos resultados en el control de malezas de hoja ancha en ajo cuando se usan adecuadamente en preemergencia y post-emergencia si las malezas están en su primera etapa de crecimiento (plántula).

Cuadro 27. Control químico de malezas en el cultivo de ajo (Fuentes: Parco Tecnológico Agroalimentare dell'Umbria. 2001; Burba, 1992; Arévalo, 2000).

Época	Ingrediente activo (i.a.)	% i.a. en el producto comercial	Dosis en litros o kilogramos/ha de producto comercial.
Pre-siembra	Glyphosate	30.4	1.5 – 3.0
	Glufosinate amonio	11.33	4 – 7
	EPTC	80	2-4
Pre-emergencia	Clorothal-Dimetil (DCPA)	75	10-12
	Linuron	45	1.5-2
	Metabenzthiazuron	70	2.5-2.8
	Oxyfluorfen	22	1.5-2
	Pendimetalin	31.7	2 – 3
	Prometrina	77.5	1.25-1.5
Post-emergencia	2-4-D Amina		0.50-0.75
	Bromoxynil	36	1.5-2.0
	Fluzifop-butil		1.0-2.0
	Loxinil	33.2	0.2 – 0.6
	Oxadiazon	25	3.0-4.0
	Oxyfluorfen	22	0.1 – 0.5
	Propaquizafop	9.7	1
	Setoxidim	20	1 – 1.5

Se recomienda siempre considerar las indicaciones de la etiqueta para ajustar las dosis de acuerdo a las condiciones ambientales al momento de la aplicación, la etapa de desarrollo del cultivo y de las malezas.



Figura 50. Planta de ajo con la punta de las hojas decoloradas y muertas causadas por la aplicación deficiente de herbicida.

Eficiencia del Control Químico

Existen una serie de consideraciones que deben tomarse en cuenta para lograr un eficiente control químico de las malezas, ya que todas ellas influyen en el éxito de este método de control (CESAVEG, 2007):

Muestreo del lote para evitar aplicaciones innecesarias

Uso de equipo de protección al usar herbicidas

Uso de herbicidas autorizados

Calibración adecuada del equipo

Identificación oportuna de fallas en el equipo de aplicación

Uniformidad de cobertura

Aplicación en condiciones adecuadas de clima (viento de menos de 15 km/hora)

Uso de agua limpia

Uso de boquillas adecuadas

Uso de las dosis adecuadas

Aplicaciones de manera oportuna

Malezas más Comunes del Ajo.

En las parcelas de ajo se encuentran diversas malas hierbas que crecen junto con las plantas de ajo y su presencia puede variar de acuerdo con el tipo de suelo, épocas de siembra, tipo y oportunidad de riego o cultivos anteriores.

Entre las malezas más comunes en las parcelas de ajo se encuentran: la malva o malvilla y la mostacilla, la rodadora, la chicalota, aceitilla, quelite, quelite cenizo o de parro, lampote, gordolobo, cadillo y coquillo.

Aceitilla (*Bidens spp*), planta herbácea anual con altura de 20 hasta mas de 100 centímetros, la disposición de sus hojas es en forma opuesta, flores de color blanco, sus semillas están provistas de aristas por lo cual se pegan fácilmente en los costales, implementos y ropa de los trabajadores, lo que facilita su diseminación. Se encuentra distribuida en todas las áreas agrícolas en donde se cultiva el ajo y su control químico es muy difícil (Figura 51 y 52).



Figura 51. Planta adulta de Aceitilla (*Bidens odorata* Cav.)



Figura 52. Plántula de aceitilla (*Bidens odorata* Cav.)

Mostaza silvestre (*Brassica campestris* L.), maleza anual erecta color verde azulado de hasta 50 centímetros de altura, hojas basales partidas, flores en racimos con pétalos amarillos. Prolifera en el verano

e invierno y es común que se encuentre infestada de grandes colonias de pulgones en sus estructuras reproductivas, (Figuras 53 y 54).



Figura 53. Planta de mostacilla (*Brassica campestris* L.), con pulgones.



Figura 54. Mostaza silvestre (*Brassica campestris* L.) creciendo en cultivo de ajo.

Cadillo o cochinillo (*Xanthium strumarium* L.). Herbácea anual cuya altura es de alrededor de un metro, hojas alternas de 6 a 12 centímetros de longitud, con borde dentado; su fruto es espinoso semiesférico de 2 a 3 centímetros de longitud, (figuras 55 y 56).

Malva o malvilla (*Malva parviflora* L.), herbácea bianual de hasta 50 centímetros de alto con hojas redondas de 6 cm de largo y 8 de ancho, flores de color morado y frutos redondos aplanados (Figura 57).



Figura 55. Planta de Cadillo con frutos



Figura 56. Plántula de cadillo



Figura 57. Planta adulta (izquierda) y plántula (derecha) de Malva o malvilla (*Malva parviflora* L.).

Chicalote (*Argemone ochroleuca* Sweet.), planta herbácea anual erecta que llega a medir un metro de altura de color verde azulado provista de numerosas espinas, flores de color amarillo claro a blancas, prolifera en

invierno y se control manual se dificulta debido a la presencia de espinas, el control químico es muy difícil(Figura 58 y 59).

Quelite (*Amarantus palmeri* S. Wats.), Planta anual de hasta un metro de altura, tallos ramificados desde su base, hojas pecioladas de color verde intenso, flores en racimos; prolifera en verano y llega a provocar problemas durante la cosecha del cultivo de ajo ya que cuando este inicia a perder hojas por senescencia, deja espacios que son aprovechados por esta maleza para proliferar (Figura 60 y 61).



Figura 58. Planta de Chicalota (*Argemone ochroleuca* Sweet) en cultivo de ajo.



Figura 59. Plántulas de chicalota (*Argemone ochroleuca* Sweet) en cultivo de ajo



Figura 60. Inflorescencia de quelite (*Amarantus palmeri* S. Wats.)



Figura 61. Plántula (izquierda) y planta adulta de quelite (*Amarantus palmeri* S. Wats.).

Quelite cenizo o quelite de perro (*Chenopodium album* L.). Maleza anual robusta que llega a crecer hasta cerca de 1.50 metros de alto. Con hojas alternas de hasta 20 centímetros de largo que toman una coloración grisácea a la que deben el nombre de la planta (Figura 62 y 63).



Figura 62. Plántula de quelite de perro o quelite cenizo (*Chenopodium album* L.)



Figura 63. Quelite de perro o quelite cenizo (*Chenopodium album* L.)

Coquillo (*Cyperus* sp), herbácea perenne con hojas lineales, lisas y brillante de color verde oscuro terminadas en punta, tallo de sección triangular, flores en espiguillas. Sistema radicular compuesto de bulbos

donde se desarrollan los rizomas y luego los tubérculos de donde pueden brotar nuevas plantas o más tubérculos. También se reproduce por rizomas y semillas. Su control mecánico se dificulta debido al uso de los tubérculos y rizomas para su reproducción por lo que se recomienda usar control químico. Los ápices puntiagudos de sus hojas son capaces de penetrar el plástico usado como acolchado, los rizomas son robustos y llegan a insertarse en los bulbos del ajo.



Figura 64. Planta adulta de coquillo (*Cyperum esculentus* L.) con inflorescencia.



Figura 65. Plántula de coquillo emergiendo.



Figura 66. Bulbo de ajo dañado por un rizoma de coquillo.

Rodadora o Cardo ruso (*Salsola tragus* L.). Planta herbácea anual de entre 30 y 100 centímetros de altura, hojas generalmente puntiagudas de hasta 3 centímetros de largo. La planta se desprende de raíz por efecto del viento que ayuda a su dispersión a grandes distancias. Es capaz de germinar a temperaturas menores a cero grados centígrados por lo que es común su proliferación durante el invierno.



Figura 67. Rodadora o cardo ruso (*Salsola tragus* L.)



Figura 68. Lampote (*Simpisia amplexicaulis* (Cav.) Pers)



Figura 69. Gordolobo (*Heliantus petiolaris* L.)



Figura 70. Plántula de gordolobo

Otras malezas que se pueden encontrar en el cultivo de ajo son el alfilerillo (*Erodium cicutarium* (L.), alpistillo silvestre (*Phalaris spp.*), correhuela (*Convolvulus arvensis* L.), coquia (*Kochia Scoparia* L. Schrad), epazote (*Chenopodium incisum* Poir.), diente de loen (*Hypochaeris* sp), gordolobo (*Heliantus petiolaris* L), gualdra (*Reseda luteola* L.), hiedra (*Ipomea purpurea* (L.) Roth), lampote (*Simpisia amplexicaulis* (Cav.) Pers), lengua de vaca (*Rumex crispus* L.), malva china (*Anoda cristata* (L.) Schitld), mancamula (*Solanum rostratum* Dunal), mostaza asiática (*Brassica tournefortii* Gouan), quelite apestoso (*Chenopodium murale* L.), torito o toloache (*Datura* sp), trébol blanco (*Trifolium repens* L.), y Verdolaga (*Portulaca oleracea* L.).



Figura 71. Planta de Correhuela (*Convolvulus arvensis* L.).



Figura 72. Planta de alfilerillo (*Erodium cicutarium* (L.) L'Hér)



Figura 73. Verdolaga (*Portulaca oleracea* L.)



Figura 74. Mostaza asiática (*Brassica tournefortii* Gouan)



Figura 75. Planta de hiedra (*Ipomea purpurea* (L.) Roth) con flor.



Figura 76. Plántula de hiedra (*Ipomea purpurea* (L.) Roth) creciendo junto a la de ajo.



Figura 77. Malva china (*Anoda cristata* (L.) Schtdl))



Figura 78. *Galinsoga* sp



Figura 79. Toloache o toritos (*Datura* sp)



Figura 80. Gualdra o acocote (*Reseda luteola* L.)



Figura 81. Plántula de mancamula o mala mujer (*Solanum rostratum* Dunal)



Figura 82. Mancamula o mala mujer (*Solanum rostratum* Dunal).



Figura 83. Coquia (*Kochia Scoparia* L. Schrad).



COSECHA DE AJO

Tres productos se pueden cosechar del cultivo de ajo, los escapos florales, los ajos verdes y los bulbos frescos (Goldy, 2000). Aunque algunas variedades no florecen en ciertas regiones del mundo, por ejemplo en Zacatecas no se tienen reportes para emisión de escapos florales de ajos blancos tipo California Early ni para los tipo Perla San Marqueño, Perla Zacatecas o Sainero, sin embargo, variedades como el Jaspeado Calera y otros de tipo jaspeado generalmente emiten el escapo floral al final del ciclo de cultivo.

Los ajos verdes, también llamados ajos de primavera, son ajos tiernos que se usan aun cuando la planta no ha iniciado a formar los dientes o bulbillos, y se utilizan en recetas de cocina en las que se recomienda el uso de los bulbillos de ajo. Se presume que el ajo tierno proporciona a las recetas un sabor más exquisito (Kobsar, 2009).

Los escapos florales también se cosechan para su uso principalmente en la cocina como ingrediente principal o como condimento. Investigaciones realizadas en Minnesota, y Washington, Estados Unidos demuestran que se llega a reducir el rendimiento del ajo en un 20 a 30% si se dejan madurar los escapos en la planta (Pelter *et al.*, 2005 y Rosen *et al.*, 2008). El momento recomendado para la cosecha de escapos es cuando estos empiezan a rizarse o enroscarse (Figura 84).



Figura 84. Escapos florales en etapa de ser recolectados

Determinación del Momento Oportuno de Cosecha

El principal producto a cosechar del cultivo del ajo, por su volumen de producción, lo constituye sin duda el bulbo o cabeza. Cuando se trata de competir con mercados mundiales es importante que la recolección de los bulbos se realice en el momento adecuado a fin de conservar de manera clara las características de la variedad tales como color y forma del bulbo, también es importante considerar los estándares de calidad que el comercio internacional demanda. Por lo anterior, es importante que los bulbos conserven sus hojas envolventes o catáfilas completas así como el color característico natural de la variedad.

Gran parte de las pérdidas de producción por disminución de calidad están relacionadas con el momento oportuno de la cosecha de bulbos,

así como su manejo durante la cosecha y postcosecha, en Chile se reporta que en ocasiones solamente el 48% de los ajos cosechados cumplen con los estándares de calidad para el comercio internacional (Aljaro, 2002).

Es común cuestionar sobre los aspectos o factores a tomar en cuenta para decidir el momento oportuno de la cosecha del ajo, en atención a lo anterior se han considerado diversos aspectos para definir el mejor momento para iniciar la cosecha a fin de no tener mermas en rendimiento por realizar una cosecha anticipada, o poder evitar problemas de manchado de las cabezas al iniciar de manera retrasada la cosecha.

Es muy importante definir con precisión el momento oportuno de cosecha del ajo, ya que en la última etapa de desarrollo del cultivo es común que el tamaño del bulbo se llegue a duplicar (Bachman, 2008) debido a la acumulación de sólidos totales (Oliveira *et al*, 2003; Oliveira *et al.*, 2004), lo cual resulta en mayores rendimientos, sin embargo es pertinente cuidar que el momento de arranque de las plantas no se retrase demasiado ya que se puede traducir en el secado excesivo de las hojas envolventes que se refleja en mayor porcentaje de ajos pelados, partidos o incompletos; además, en algunas regiones del centro norte de la república mexicana, a medida que se retrasa la

época de cosecha, se incrementa el riesgo de ocurrencia de lluvias y con ello la posibilidad de manchado o decoloración de las catáfilas.

Cuando la cosecha se realiza sin que los bulbos hayan logrado su completa madurez fisiológica es común que no toleren las condiciones de almacenamiento traduciéndose en pérdidas, además de que el rendimiento es menor. Además, el alto contenido de humedad en sus hojas protectoras o catáfilas favorece la acumulación de agua libre en los bulbos lo que a su vez permite la brotación temprana y el desarrollo de patógenos (Ávila, 1999).

Se ha determinado que los niveles de piruvato están relacionados con los precursores del aroma en el ajo y otras especies del género, también se ha demostrado que los ajos que se cosechan cuando no han llegado a madurez fisiológica plena contienen mayor cantidad de piruvato que los cosechados totalmente maduros (Mujica y Pérez, 2006).

El momento de cosecha no se puede determinar de acuerdo con la fecha de siembra del cultivo, ya que está demostrado que las características del clima prevalecientes durante el desarrollo del cultivo determinan la longitud del ciclo, por lo que se hace necesario determinar otro tipo de indicadores o índices de madurez del cultivo. El momento de cosecha va a estar influenciado por la variedad, la fecha

de establecimiento y manejo del cultivo, la localidad y las condiciones del clima durante el ciclo de cultivo (Garlic Central, 2007).

Índices de Madurez y Momento Oportuno de Cosecha

Existen varios criterios o indicadores para definir el inicio de la cosecha, tanto a nivel de campo como de laboratorio.

Índices de Madurez Determinados en Campo

Todos los índices de madurez que se determinan en campo están relacionados con el desarrollo fisiológico del cultivo.

-Numero de hojas envolventes del bulbo. Las hojas envolventes o catáfilas son aquellas que cubren al bulbo o cabeza y que al secarse se tornan delgadas y apergaminadas. El uso del número de hojas envolventes como criterio de madurez está relacionado con el desarrollo general del bulbo y con el desarrollo particular de los dientes o bulbillos; se ha observado que el número de túnicas envolventes está relacionado con el número de hojas verdes de la planta. El momento oportuno para iniciar el proceso de cosecha es cuando los dientes del bulbo se ven bien desarrollados y formados, y las hojas envolventes o catáfilas estén delgadas y permanecen adheridas al bulbo de tres a cinco de ellas (Boss, 1995), también se recomienda tomar en cuenta el espesor total de las hojas envolventes y cuando estas midan entre 2 y

2.5 milímetros será el momento de iniciar la recolección, dato que coincide con un número de catáfilas de 2.5 en promedio (Aljaro, 2002).

-Coloración de las hojas. Algunos autores recomiendan tomar en cuenta la coloración de las hojas para definir el momento oportuno de inicio de cosecha, para lo que sugieren iniciar al momento en que las hojas empiecen a cambiar de color y a tomar una coloración café o amarillenta dependiendo de la variedad; cuando las hojas tienen la mitad o tres cuartas partes de color café oscuro o amarillo avejentado o cuando el 40% de las plantas toman una coloración cercana canelácea (Boundary Garlic, 2006; Garlic Central, 2007). Cuando el 30% o más de las plantas se principian a doblar también es un indicador adecuado para iniciar la cosecha tanto en variedades de cuello duro como en aquellas de cuello blando.

Para las variedades de cuello blando se define el momento de cosecha cuando un tercio de las hojas ha tomado coloraciones caneláceas o se ha secado la punta de las hojas (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de Columbia Británica, BCMAFF, por sus siglas en inglés, 2004). En las variedades de cuello blando el inicio de maduración coincide también con el doblamiento del cuello de la planta, por encima del bulbo y justamente en donde inicia el falso tallo. En algunas ocasiones las variedades de cuello duro también se doblan, especialmente cuando se someten a estrés hídrico (Figura 85).



Figura 85. Ajos cuyo tallo se inicia a deshidratar y adelgazar provocando el acamado de las plantas.

- **Estado de las inflorescencias.** En Canadá se recomienda que el momento de cosecha del ajo para variedades de cuello duro es cuando los escapos florales están totalmente extendidos, pero sin que hayan abierto las inflorescencias (BCMAFF, 2004), (Figura 86).



Figura 86. Plantas de ajo mostrando los escapos florales totalmente extendidos y la inflorescencia aun cerrada.

-Grosor del cuello de la planta y diámetro del bulbo. Se considera que el grado de madurez de los bulbos está asociado con la relación que existe entre su diámetro ecuatorial y el diámetro del cuello de la planta, ya que cuanto más cercana esta la madurez, el cuello se va adelgazando mientras que el bulbo sigue creciendo; se ha establecido que cuando el diámetro ecuatorial es alrededor de 3.7 veces el del cuello es el momento oportuno de iniciar la cosecha, mientras que si esta relación sigue creciendo hasta alcanzar valores cercanos a 4, el riesgo de pérdidas por ajos desnudos, desgranados o incompletos se incrementa (Aljaro, 2002). También se sugiere tomar en cuenta el espesor del falso tallo de la planta para iniciar la cosecha, por lo que se recomienda el inicio del corte cuando el falso tallo empieza a

adelgazar y algunas veces las plantas se empiezan a doblar al perder turgencia la parte inmediata superior de la cabeza (Willenberg, 2005; Hickey, 2006),(Figura 87).

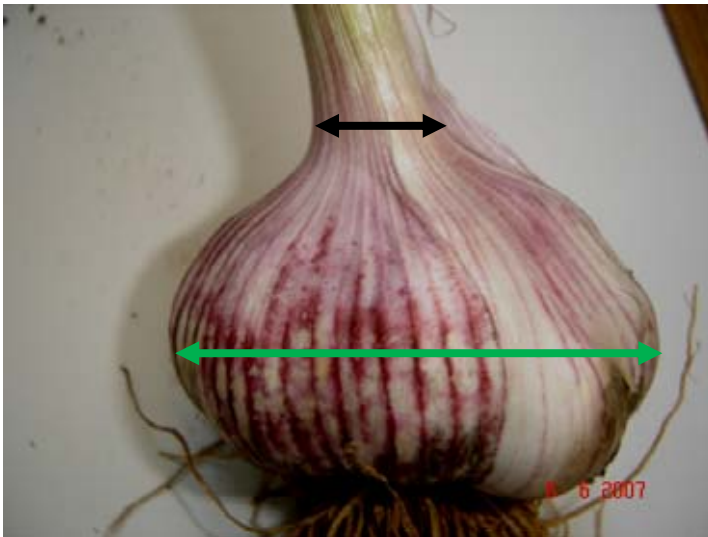


Figura 87. Diámetros del cuello (línea negra) y ecuatorial (línea verde) del bulbo empleados para determinar momento oportuno de cosecha.

-Porcentaje que ocupan los dientes en el diámetro del bulbo. Los bulbos están maduros cuando los dientes formados ocupan casi la totalidad del diámetro ecuatorial del mismo y las hojas envolventes han reducido notoriamente su espacio dentro del mismo, de tal manera que el porcentaje de diámetro ocupado por los dientes debe ser de 90 como máximo, ya que, a porcentajes mayores, se tiene condiciones de sobremaduración con las consecuentes pérdidas de calidad, (Figura 88).



Figura 88. Corte transversal de un bulbo inmaduro en donde se señalan el diámetro total (en verde) y el diámetro ocupado por los dientes o bulbillos (en rojizo).

Índices de Madurez Determinados en Laboratorio.

Llera y Salcedo (1995) proponen la combinación de parámetros o índices determinados en campo en combinación de otros determinados en laboratorio para definir con mayor precisión el momento oportuno de cosecha para ajo blanco y colorado en Argentina.

-Sólidos solubles. Partiendo del principio de que las sustancias de reserva se mueven de las hojas al bulbo provocando un incremento de sólidos solubles en el bulbo se propone la determinación con un refractómetro para expresarlos en °Brix, para lo anterior se recomienda preparar un macerado de ajos y diluirlo al 50% en agua destilada para

realizar la determinación después de dejar reposar la preparación por 20 minutos. Se determinó que los valores de 30 a 32°Bx y de 22 a 33 °Bx eran los óptimos para iniciar la cosecha en ajos blancos y colorados respectivamente.

- **Contenido de humedad de hojas y bulbos.** Este se determina pesando en fresco las hojas y bulbo (separadamente), moliéndolos por separado y poniéndolas a secar a 65-68°C durante 48 horas para volver a pesar la muestra y determinar el porcentaje de humedad por diferencial de peso. Para ajo blanco el contenido de humedad de las hojas deberá estar entre el 80 y 85% mientras que para el ajo colorado de 77 a 83%. Para el caso de porcentaje de humedad del bulbo es de 68% para ajo blanco, mientras que para ajo colorado es de 66 a 72%. Debido a la gran variación que existe en estos indicadores, sobre todo en cuanto a peso del bulbo, no resulta muy confiable el uso de este indicador (Aljaro y Cañoles, 1997).

Suspensión de Riegos

El inicio del proceso de cosecha, a nivel comercial, es una práctica que se define por la suspensión de los riegos, si esto no sucede, es común que las catáfilas inicien un proceso de descomposición y se produzcan coloraciones características de la podredumbre de estas, por lo que es importante suspender los riegos con oportunidad, empleando cualquiera de los indicadores de cosecha ya mencionados.

Aflojado de Plantas

Después de suspendido el riego se procede a aflojar las plantas para su recolección; lo anterior se puede realizar usando una cuchilla ajustada a los timones de una cultivadora, de tal manera que al pasar la cuchilla a nivel subsuperficial, aproximadamente a unos 10 centímetros por debajo de los bulbos, se vaya realizando la roturación del suelo para facilitar su extracción con un mínimo de suelo adherido al bulbo y raíces (Figura 89).

Para que esta práctica se facilite, se recomienda realizarla cuando el suelo conserva un poco de humedad, que generalmente es ligeramente menor a la que conserva un suelo a punto para siembra de cereales en tierra venida. En el aflojado de las plantas de ajo también se usan otro tipo de implementos tales como barras giratorias operadas por la toma de fuerza del tractor (Figura 90).



Figura 89. Tractor con cuchilla acoplada a cultivadora para aflojado de plantas de ajo.



Figura 90. Implemento para aflojar ajos con barra rotativa conectada a la toma de fuerza del tractor.

Curado o Acondicionamiento del Ajo

El vocablo curado se ha adaptado de su respectivo nombre en inglés “curing” que consiste en provocar la deshidratación de las hojas envolventes o catáfilas.

Después de arrancar o extraer el ajo del suelo se recomienda dejar la planta para que los bulbos o cabezas se “curen” o endurezcan, para lo anterior se recomienda un periodo de acondicionamiento durante el cual no deben ser expuestas a los rayos del sol de manera directa (Willenberg, 2005), ni tampoco exponerlas a altas temperaturas, por el contrario, colocarlas en lugares con ventilación abundante, e incluso llevarlas a un lugar sombreado, o pueden cubrirse con alguna tela o tejido delgado para proveer de sombra (Colorado State Cooperative Extension, 2007); también se sugiere cubrir las con su propio follaje al acomodarlas de tal modo que se dispongan en capas o estratos en donde el segundo estrato cubra la cabeza del primero y el tercero, las cabezas del segundo y así sucesivamente hasta que se forme una gavilla o “chorizo” con manojos de plantas provenientes de 6 a 10 hileras de cultivo (Figura 91).



Figura 91. Ajos en proceso de curado engavillados en campo.

Una vez aflojadas las plantas se procede a su recolección y engavillado o acordonado para que en estas condiciones se realice el proceso de curado de los ajos, aunque en algunas regiones productoras de ajo el curado se realiza en condiciones de sombra, ya sea en atados o sueltos (Ávila, 1997), en el centro y norte de México la forma más común es sacando la planta y formando gavillas o chorizos en el campo, a esta práctica también se le da el nombre de enchufe.

Durante el proceso de engavillado se sacuden las plantas a fin de eliminar el máximo posible de residuos de suelo, para tal efecto se recomienda evitar golpearlos ya que las lesiones provocadas pueden favorecer la entrada de patógenos o la deshidratación de los bulbos o dientes afectados. Cuando el suelo está adherido fuertemente a la raíz de la planta, este proceso se torna más difícil por lo que la sacudida debe ser más enérgica, sin embargo es pertinente cuidar que durante

este proceso no se lleguen a golpear los bulbos, ya que se estimula la brotación y favorecen la pérdida de peso y por lo tanto en disminución de valor comercial (Villantoy, 2006; Rivero, Quiroga y Burba, 2005).



Figura 92. Gavillas de ajo en campo protegidas contra lluvia.

Es muy importante el proceso de curado (deshidratación parcial) de los bulbos de ajo ya que ayuda a prevenir pérdidas durante su almacenamiento, se recomienda que el curado se realice en condiciones cálidas, sombradas y con buen movimiento de aire, durante este proceso el cuello de la planta se deshidrata y las hojas externas del bulbo se desprenden fácilmente (Kovatch, 2003), además, cuando el curado se realiza adecuadamente ayuda a evitar problemas de enfermedades como el moho causado por *Penicillium sp.* durante el almacenamiento y aun durante las primeras etapas de desarrollo cuando este material se usa como semilla (Villantoy, 2006).

Existen cuatro condiciones necesarias para que el proceso de curado se realice de manera adecuada: Que **no** exista insolación directa sobre los bulbos, que las temperaturas **no** sean excesivamente altas, que los bulbos **no** estén en contacto con sus propias hojas, y que el aire circule libremente entre los bulbos (Burba, 2006).

Una temperatura de 21 a 24° C en la gavilla es considerada la ideal para que en dos o tres semanas el bulbo esté listo para cortar las hojas (Boundary Garlic, 2006).

El tiempo de curado de al ajo es de cerca de una semana o más en condiciones de campo (Sims, *et al.*, 1976). En general los bulbos cosechados inmaduros tardan más tiempo en curar debido a que las catáfilas contienen mayor contenido de humedad y por lo tanto el proceso de deshidratación es más prolongado que cuando se cosechan en madurez fisiológica.

Burba (1992), propone la utilización de un índice días/calor, para el proceso de curado del ajo, tomando como temperatura mínima base de 21°C por lo que para la mayoría de las variedades en Argentina requieren de 34 a 67 días/grado, 22 días con temperatura de 24°C, 11 días con temperaturas de 27° o de uno a dos días con temperatura de 46°C para un curado adecuado.

Las lluvias suelen interferir considerablemente en el proceso de curado del ajo, por lo que es recomendable proteger los bulbos contra posibles precipitaciones durante este proceso (Hickey, 2006), para lo anterior es común que algunos productores usen plástico para cubrir las gavillas de ajo mientras permanecen en el campo.

Secado Forzado.

El objetivo del secado forzado es disminuir entre el 20 y el 25% del peso del bulbo (Ávila, 1997). La literatura (Kader, 2006), reporta el secado forzado como una opción para mejorar la presentación del producto al momento de comercializar ya que se logra una firmeza en las catáfilas externas al deshidratarlas en corto tiempo aplicando una corriente de aire caliente (entre 35 y 45°C) y humedad relativa entre 60 y 75% durante 1 a 4 días.

Con el secado rápido de las catáfilas se logra la disminución de la actividad bioquímica de esas catáfilas favoreciendo con ello la inactividad de microorganismos y con ello la disminución de pérdidas en el almacén, ya que hace que las catáfilas disminuyan su coeficiente de conductividad hidráulica y ayudan a que la transpiración del bulbo disminuya ayudándolo a que se mantenga turgente, lo anterior además ayuda a obtener una condición óptima de resistencia a la manipulación y ayuda también a adquirir y conservar el color característico de la

variedad, además de permitir la dormición natural de los dientes(Ávila, 1997 y 1998).

Corte.

Se considera que los bulbos han curado adecuadamente cuando el cuello se encuentra apretado y las catáfilas externas están secas (Ávila, 1997), el cuello debe mostrar un marcado avance de deshidratación; una manera práctica de determinar el momento de corte de la parte aérea de la planta es apretando con los dedos de la mano el corte del cuello y verificar que no escurra liquido ni se humedezcan los dedos.

La parte aérea de la planta es eliminada manualmente realizando un corte de tal manera que se dejen cerca de 2 centímetros de cuello adherido al bulbo; la raíz también es eliminada realizando un corte para dejar una longitud de raíz de cerca de un centímetro (Hickey, 2006; Sims *et al.*, 1976). Una vez eliminada la parte aérea de la planta y parte de la raíz los ajos son colectados en arpillas o en cajas de plástico para trasladarse a los centros de limpieza, selección y empaque; se considera que la manera más adecuada de coleccionar los ajos es usando cajas de plástico ranuradas, ya que este tipo de contenedores facilita la circulación del aire y disminuye los riesgos de daño físico durante el transporte y almacenamiento en el almacén temporal mientras se realiza la limpieza selección y empaque.



LIMPIEZA, SELECCIÓN Y EMPAQUE

El adecuado uso de procedimientos durante la limpieza, selección y empaque, que permitan asegurar la calidad del ajo es una herramienta fundamental en la consecución y mantenimiento del mercado, así como de su incremento a mediano plazo ya que los consumidores demandan productos seguros y de mayor calidad (Sepúlveda, 2001).

Limpieza.

Cuando la cubierta o piel que cubre el bulbo y las raíces estén secas es el momento de iniciar la limpieza, se cortan las hojas dejando entre 1 y 2 centímetros de falso tallo en los bulbos y se eliminan las raíces teniendo cuidado de no dañar o cortar la piel que protege a los dientes de manera individual ya que esta los protege y mantiene frescos. Se deberán eliminar las capas secas y sucias para que se pueda apreciar el color característico de la variedad, en este mismo proceso se recomienda eliminar las impurezas que se encuentren en los restos de la raíz (Boundary Garlic, 2006).

Cuando la cosecha proviene de terrenos arenosos, los bulbos generalmente se pueden limpiar con cierta facilidad de manera manual, esto no es fácil lograrlo cuando el cultivo se desarrolló en suelos arcillosos, es común que la práctica de limpieza se realice usando un instrumento cortante como navaja, cuchillo, tijeras (Dickerson, 2004).

Al tratar los índices de calidad, Cantwell (2006) considera que los ajos con alta calidad deben estar limpios, con el color claramente determinado de acuerdo con la variedad y bien curados, tanto de las catáfilas como del cuello, además de tener alto peso seco y con contenido de sólidos solubles superiores a 35%.

De La Cruz y García (1999) establecen que como requerimiento mínimo los bulbos de ajo tienen que cumplir con las siguientes características:

- a) Sanos, el producto que no cumple con este requisito generalmente se excluye de consumo.
- b) Limpio y libre de material visible extraño al producto
- c) Libre de plagas y/o sus daños
- d) Firme
- e) Libre de daños causados por el sol o por el frío
- f) Libre de brotes
- g) Libre de humedad anormal visible
- h) Libre de olor y/o sabor extraño.

Para cumplir con las especificaciones sensoriales En México la norma NMX-FF-018-SCFI-2006 determina que los ajos deben:

- a) Pertenecer a la misma variedad, El ajo contenido en cualquier envase debe tener características similares de apariencia, no debiendo mezclar ajos de colores diferentes;

- b) Estar maduros, sanos y bien curados. Cuando los ajos han llegado a su completo desarrollo, presentando una estructura dura y firme y lo suficientemente secos en forma tal que no presenten una apariencia blanca y esponjosa.
- c) Estar compactos. Los dientes deben estar unidos en toda la longitud del bulbo, no sueltos ni flojos;
- d) Estar libres de decoloraciones. Por aquellas causadas por la exposición al sol, sin daño en los tejidos;
- e) Presentar olor y sabor típicos.
- f) Ser resistentes, que soporten el transporte, el manejo y la distancia a su destino en estado satisfactorio.

Además, de acuerdo con la misma norma, no deben presentar a defectos mayores, por lo que los ajos deben:

- a) Estar libres de quemaduras. Ajos sin tejidos blandos debido a la exposición al sol; o daño por alta o baja temperatura.
- b) Estar sanos. Libres de hongos, insectos y ácaros vivos;
- c) Estar bien desarrollados. Los bulbos o dientes deben estar llenos y cubiertos con su membrana exterior, lo que significa que tienen pulpa desarrollada, firme y sin marchitamiento, sin apariencia de ajo tierno.
- d) Presentarse sin brotes. Dientes con ausencia de yemas emergiendo.
- e) Presentarse sin raíz y con pseudotallos (tallos) proporcionados. Las proporciones recomendadas por la norma se detallan en el cuadro 28.

Cuadro 28. Dimensiones del falso tallos en proporción al tamaño del bulbo de acuerdo con la norma NMX-FF-018-SCFI-2006.

Longitud del pseudotallo en mm	Diámetro del bulbo en mm
15	Menor a 40
25	40 a 56
30	Mayor a 65

f) Estar libres de cortaduras. Los bulbos y dientes no deben presentar heridas o rajadas causadas por mal manejo mecánico.

g) Estar libres de tierra y manchas. Los ajos no deben estar sucios por tierra, lodo u otro material extraño objetable y no presentar manchas por lluvia o humedad.

Es conveniente que durante este proceso se observen practicas tendientes a mantener la máxima limpieza, limpiar las superficies y eliminar residuos, polvo y suciedad pegada, lavar con detergentes, sanitizar herramientas y equipos así como llevar registros como parte de las buenas prácticas de manufactura (Sepúlveda, 2001).

La práctica de limpieza del bulbo se realiza de manera manual o mecánica eliminando los residuos de raíz y uniformizando los cortes del cuello a fin de dejarlo del mismo tamaño (Cuadro 28) al mismo tiempo que se eliminan residuos de catáfilas incompletas o catáfilas manchadas o con daño físico.

Selección

Es común que los pequeños productores de ajo realicen la comercialización del ajo sin ningún proceso de limpieza, selección o empaque, por lo que el precio de este ajo llamado de campo o no clasificado sea pagado a precios inferiores que aquel que ha sido limpiado, seleccionado y empacado de acuerdo a los estándares de calidad.

La selección del ajo se realiza de manera mecánica usando seleccionadoras de banda en la que se depositan los ajos después de ser limpiados. En cuanto al aspecto comercial, es importante que la selección y empaque uniforme que garantice un mejor precio de venta (Macías *et al.*, 2000; Rubio-Díaz *et al.*, 2007).

La clasificación o selección de los ajos se puede hacer de acuerdo a la demanda del mercado, sin embargo, la más comúnmente usada en México es la establecida por la norma NMX- FF-018-SCFI-2006 (cuadro 28) la cual está basada en el diámetro ecuatorial del bulbo expresado en milímetros.

Cuadro 29. Clasificación de los ajos por tamaño de bulbo de acuerdo con la norma NMX-FF-018-SCFI-2006. (Fuente: CONAJO, 2008).

TAMAÑO O CALIBRE	INTERVALO DE DIAMETRO EN MILIMETROS		
	MINIMO	a	MAXIMO
12	75	a	MAS
11	60	a	75
10	65	a	70
9	60	a	65
8	55	a	60
7	50	a	55
6	45	a	50
5	40	a	45
4	35	a	40
3	MENOS	de	35

La norma NMX-FF-018-SCFI-2006, también establece cinco categorías de clasificación de los ajos sin importar su tamaño, siempre y cuando cumplan con las normas de limpieza establecidas y son las siguientes:

Categoría extra. Los ajos de esta categoría deben ser de calidad superior y presentar la forma, el desarrollo y coloración típicos o propios de la variedad.

Deben ser uniformes en cuanto al grado de madurez, coloración y tamaño, debiendo cumplir con las especificaciones sensoriales de la norma, admitiéndose una tolerancia de 5% en defectos mayores y en

menores. El tamaño debe ser homogéneo, permitiéndose hasta un 5% de tolerancia. En general no debe tener defectos salvo aquellos superficiales muy leves, siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, a su calidad, a la conservación y a su presentación.

Categoría Primera. Los bulbos de esta categoría deben ser de calidad superior y presentar la forma, el desarrollo y coloración típicos o propios de la variedad. Deben ser uniformes en cuanto al grado de madurez, coloración y tamaño.

El tamaño debe ser homogéneo permitiéndose una tolerancia de hasta 10 %.

Deben cumplir con las especificaciones sensoriales de la norma, permitiéndose hasta un 10% de tolerancia en defectos mayores, y menores según se establece en el cuadro 30.

Categoría comercial. Los bulbos de esta categoría deben ser de buena calidad y presentar la forma, el desarrollo y coloración típicos de la variedad, verificándose visualmente, aunque su apariencia exterior pudiera tener los siguientes defectos parciales menores: dientes sueltos, ausencia de dientes hasta en un 25% de su área expuesta, ajos abiertos, coloración fuera de tipo y daño mecánico, siempre y cuando no afecte la pulpa. Deben cumplir con las especificaciones

sensoriales de la norma, permitiéndose hasta un 15% de tolerancia en defectos mayores y menores, según se establece en el cuadro 30.

Categoría industrial. Esta categoría comprende los bulbos que no pueden clasificarse en las categorías anteriores. Deben cumplir con las especificaciones sensoriales de la norma; en defectos mayores y menores tienen una tolerancia de hasta 20 % para cada caso, según se establece en el cuadro 30. En ningún caso los defectos citados deben afectar a la pulpa.

Categoría no clasificado o de campo. Esta categoría comprende los bulbos que no pueden clasificarse en las categorías anteriores. Deben cumplir con las especificaciones sensoriales; en defectos mayores y menores tiene una tolerancia de hasta 25% en cada caso, según se establece en el cuadro 30. El contenido de suelo no debe exceder del 1% en peso.

Cuadro 30. Tolerancia d las especificaciones de grados de calidad en ajos de acuerdo a la norma NMX-FF-018-SCFI-2006.

Parámetros	Tolerancia por categoría expresada en porcentaje máximo				
	Extra	Primera	Comercial	Industrial	No clasificado
Tamaño	5	10	Sin restricciones	Sin restricciones	Sin restricciones
Defectos mayores	5	10	15	20	25
Defectos menores	5	10	15	20	25



Figura 93. Seleccionadora mecánica de ajos.

Empaque

Aun cuando la calidad del ajo se define en el campo a través del manejo del cultivo, el empaque del ajo constituye una etapa fundamental al final del proceso de producción ya que en el empaque se convierte de un material que frecuentemente viene sucio y voluminoso del campo en un producto atractivo para el consumidor, de fácil transporte y exhibición. La transformación del producto se realiza al diferenciarlo por niveles de calidad, al separarlo por tamaños, al agregarle la marca particular y las especificaciones de empaque (Bricco y Portela, 1997).

Empaque en Cajas.

La forma más común de empaque de ajo seleccionado es en cajas de cartón corrugado (Kader, 2006) en donde se empacan por calibre de acuerdo al tamaño. El peso promedio de las cajas cargadas es de 10 kilogramos. Los envases están plenamente identificados con el nombre del producto en español y en inglés, aunque en algunos casos se incluye en otros idiomas de acuerdo a las demandas de mercado; además del peso, el envase estipula el tamaño y origen del producto (Figura 94).



Figura 94. Ajos clasificados y empacados en cajas de cartón.

Empaque en Mallas.

Este tipo de empaque es cada vez más demandado en los mercados nacionales, por lo que cada vez es más común el empaque en mallas de uno hasta 5 bulbos para consumo fresco. En este tipo de

presentación se busca que el aspecto del producto y la malla sean impecables para lograr la atención del consumidor (Figuras 95 y 96).



Figura 95. Ajos empacados en mallas.



Figura 96. Ajo empacado individualmente en malla.

Trenzas o Ristras

Este tipo de arreglo es cada vez más esporádico, sin embargo se sigue elaborando de manera artesanal. El trenzado fue la forma original de comerciar el ajo y se sigue empleando únicamente en el comercio ambulante y como artesanía.



Figura 97. Ajos en ristras elaboradas artesanalmente.



ALMACENAMIENTO.

El termino almacenamiento, aplicado a productos frescos, se usa para determinar la práctica de conservación del producto en condiciones controladas. La mayoría de los productos frescos solamente se pueden conservar en refrigeración para ponerlos a disposición del mercado de manera gradual atendiendo los volúmenes de demanda de tal manera que el precio sea atractivo al poder ofertar producto fresco de manera constante.

Al tiempo de almacenamiento máximo logrado proporcionando las condiciones adecuadas para alargar la vida comercial del producto se le llama potencial de almacenamiento (FAO,1989) El potencial de almacenamiento para los bulbos y tubérculos está relacionado con la parte comestible del producto, el cual tiene una periodo normal de latencia después de la cosecha y antes de que se reinicie el crecimiento o brotación, al término del cual disminuye el valor alimenticio y comercial del producto.

Factores que Afectan Almacenamiento de los Productos

Los límites naturales de vida de postcosecha de productos frescos están fuertemente afectados por los factores biológicos y las condiciones ambientales de almacenamiento tales como temperatura, condiciones del producto como deshidratación, daños mecánicos y deterioro del producto.

Un incremento de la temperatura causa un incremento en el grado de desajuste natural del producto como empobrecimiento de las reservas y contenido de agua. Las altas temperaturas y los daños mecánicos al producto pueden provocar la pérdida de agua del producto almacenado. Los daños mecánicos sufridos por el producto durante la cosecha y las prácticas subsecuentes incrementan los índices de deterioro del producto y lo hacen susceptible a ataques de patógenos.

El deterioro del producto durante el almacenamiento, generalmente está relacionado con infecciones en los daños mecánicos que constituyen la vía de entrada de los patógenos, algunas infecciones pueden realizarse durante el desarrollo de la planta en campo o durante la cosecha, sin embargo se llegan a expresar en condiciones de almacén.

Según Hickey (2006) el ajo se puede almacenar durante largos periodos bajo rangos amplios de temperatura, siempre y cuando los dientes estén secos y bien curados antes de almacenarse, si se almacenan en bolsas o envases de mallas abiertas en áreas debidamente ventiladas y se logra mantener un ambiente fresco se pueden conservar por tres meses. A temperatura entre 15 y 18°C con humedad relativa moderada y buena circulación del aire el ajo se puede conservar bien por periodos de seis o más meses (Boundary Garlic, 2006).

Para lograr mayor vida del ajo en almacén se recomienda que este debidamente curado y almacenado a 0°C con humedad relativa entre 60 y 70 %. La humedad relativa más alta se facilita el desarrollo de *Penicillium* spp y se favorece el desarrollo de raíces; la adecuada circulación del aire es importante para remover la humedad y el calor transpirado por los bulbos; cuando la temperatura de almacenamiento se incrementa arriba de los 0° C el grado de pérdida de peso del bulbo también se incrementa; se estima que el tiempo de almacenamiento del ajo es de 5 a 8 meses en condiciones apropiadas.

La brotación del ajo se acelera a temperaturas cercanas a los 4°C cuando la humedad relativa esta alrededor del 70 % permitiendo el crecimiento y desarrollo de raíces (Hickey, 2006).

En Zacatecas existe poca información acerca de las pérdidas registradas durante el periodo de almacenamiento; de acuerdo con Rivero (1997) las condiciones óptimas para el almacenamiento de ajo incluyen temperatura de 0 °C y 70% de humedad relativa. Según Burba (1992) el almacenar ajo “semilla” por encima de 18 °C o por debajo de 6 °C por periodos prolongados provoca disturbios fisiológicos, particularmente si la humedad relativa es mayor al 70%; por otro lado, el ajo para consumo puede ser almacenado entre 0 y 2 °C con 65 – 70% de humedad relativa durante seis a siete meses.

Los resultados de un estudio llevado a cabo en el Campo Experimental Pabellón (INIFAP) donde se almacenaron bulbos de diferentes variedades bajo dos condiciones ambientales (12 – 24 °C y 4 – 6 °C revelaron que las variedades Coreano F1, Jaspeado F1 y Ensenada F1 registraron las menores pérdidas luego de 60 días de almacenamiento (Velásquez-Valle; Datos no publicados) (Cuadro 31).

Cuadro 31. Pérdidas de peso (%) en bulbos de diferentes variedades de ajo en dos condiciones de almacenamiento después de 60 días.

Variedad	Condición de almacenamiento	
	12 – 24 °C	4 – 6 °C
Europeo	19.9	20.8
Chino Blanco	29.2	60.6
Ensenada	20.8	18.2
California	29.6	30.2
Chino Calera	22.8	25.5
Jaspeado Calera	25.8	37.6
Español	13.6	11.5
Coreano	3.9	3.3
Jaspeado Calera II	5.1	5.1
Ensenada CEZAC	5.2	2.7

Los resultados anteriores son aún preliminares por lo que es necesario continuar con estudios más detallados que identifiquen las condiciones óptimas de almacenamiento de las principales variedades de ajo cosechadas en Zacatecas.

Control de la Brotación en Almacén.

El éxito en el almacenamiento de ajo fresco implica el conocimiento de los factores que están involucrados en la conservación del producto en condiciones satisfactorias, de tal manera que llegue al mercado con el mínimo de pérdidas ya sea por deshidratación, decoloración, daños por patógenos o daños físicos provocados por insectos u otros agentes.

El ajo está considerado dentro de los productos cuyo contenido de humedad dificulta su almacenamiento, proceso y transporte con pérdidas de postcosecha muy altas. Los factores que influyen en el deterioro cualitativo y cuantitativo del producto se agrupan en cuatro categorías: físicas, fisiológicas, entomológicas y microbiológicas. Los factores que influyen en las pérdidas de postcosecha están relacionados con las condiciones de crecimiento del cultivo, las prácticas culturales de precosecha, madurez a la cosecha, métodos de cosecha y manejo del producto, curado apropiado del producto y condiciones de almacenamiento (Thomas, 2001).

En Argentina se ha encontrado que el manejo del cultivo y la cosecha del producto tienen influencia sobre el tiempo de almacenamiento; aunque también existen diferencias en cuanto a periodo de almacenamiento relacionadas con el cultivar utilizado (Portela *et al.*, 2005).

El punto de cosecha es un factor importante en cuanto a la conservación del producto en almacenamiento ya que ayuda a disminuir pérdidas de peso y de calidad del producto. Durante el periodo de almacenamiento ocurren cambios en la composición físico-química de los bulbos, que están relacionados con el proceso de transpiración- respiración, por lo que si el ajo no ha sido curado adecuadamente, se presenta más rápidamente la brotación de los dientes. También se pueden presentar ataques de microorganismos o de plagas. En Brasil se evaluaron cuatro cultivares y cinco épocas de cosecha y su relación con la pérdida de peso después de 180 días de almacenamiento a temperatura ambiente; se encontró que entre más maduros estén los bulbos al momento de cosecha, menor es la pérdida de peso en almacén, además se encontró diferencia en los índices de pérdida de peso de acuerdo con las variedades en estudio (Oliveira *et al.*, 2004).

El tamaño de bulbo también tiene influencia sobre los índices de pérdida de peso del ajo en almacén, lo cual se atribuye al almacenamiento de sustancias inhibitoras de la brotación ya que entre mas grandes sean los bulbos, el índice de brotación disminuye con relación a bulbos de calibres más pequeño (Cittadini *et al.*, 1997).

Cantwel (2006), recomienda que se cuiden aspectos de calidad del producto como limpieza, coloración típica de la variedad, el curado completo de los bulbos. Los daños físicos que sufren los bulbos

durante el proceso de selección y empaque también afectan negativamente a la calidad y el tiempo de almacenamiento del producto.

El curado incompleto de los bulbos se refleja en grandes pérdidas en almacén; la mayoría de los bulbos deben estar completamente maduros en el momento de la cosecha y presentar firmeza al tacto. Los bulbos maduros deberán tener un alto peso seco así como un alto contenido de sólidos solubles, el cual deberá ser mayor de 35% para ambos parámetros.

Manejo de la Temperatura y Humedad Relativa

El factor ambiental mas importante en la conservación de las hortalizas frescas es la temperatura, si ésta se encuentra por encima del óptimo recomendando se incrementa el deterioro en 2 a 3% por cada 10° C de incremento en la temperatura. Las temperaturas fuera de su optimo pueden causar un rápido deterioro del producto ya sea por daños de congelamiento produciendo efectos tales como decoloración superficial o interna, acanaladuras, pudrición aguanosa, falta de madurez, maduración irregular, desarrollo de sabores y alta susceptibilidad al ataque de patógenos. También se pueden causar daños por alta temperatura a nivel superficial del producto.

La humedad relativa (HR) puede influir en la pérdida de agua, desarrollo de pudrición, incidencia de algunos desordenes fisiológicos y en la uniformidad de maduración (Kader, 2006).

Warade and Shinde (1998) sostienen que la mejor temperatura de almacenamiento del ajo es de 1°C, ya que a temperaturas entre 4 y 18°C la brotación se da de manera rápida; con temperaturas entre -0.6 y 0°C y humedad relativa (HR) de 80% el tiempo de almacenamiento se puede prolongar a 6 ó 7 meses, mientras que la HR más alta favorece la rápida brotación de raíces.

Los ajos bien curados tienen una tasa baja de transpiración con relación a los ajos que no han logrado el curado completo. La duración del periodo de almacenamiento deseado depende de las condiciones en que se realice este proceso, el ajo puede durar hasta dos meses en buenas condiciones cuando se almacena a temperaturas ambientales de entre 20 y 30°C y con humedad relativa menor al 75% , si se prolonga el periodo de almacenamiento o estas condiciones varían, se registran pérdidas de peso por lo que se llegan a percibir como flojos, fofos, debido a la pérdida de humedad a la que son objeto. Para cubrir periodos de almacenamiento mas prolongados se recomienda almacenarlos a temperaturas entre -1 y 0° C y humedad relativa entre el 60 y 70%, con lo que se logra almacenamiento en buenas

condiciones por periodos de hasta nueve meses (Hardenburg *et al.*, 1986).

La brotación del ajo en almacenamiento se puede presentar si la temperatura de almacenamiento se encuentra entre los 5 y 18°C; un factor también importante en la aparición de la brotación de ajos almacenados es el hecho de que los dientes ya presenten cierto desarrollo del brote al momento de ser almacenados, por lo que se ha convertido en una práctica común, cuando se pretende almacenar por largos periodos, el uso de inhibidores de la brotación como la hidracida maleica, antes de la cosecha, el frío y las radiaciones después de la cosecha (Mann and Lewis, 1956; Kwon *et al.*, 1984, Hardenburg *et al.*, 1986).

Irradiación

El uso de irradiaciones es un método físico de conservación de alimentos que prolonga el tiempo de comercialización de los alimentos y mejora su calidad higiénico-sanitaria pero además puede inhibir la brotación, retardar la maduración, le extensión del periodo de durabilidad del alimento y la esterilización industrial.

Según Suárez (2001), con el uso de radiaciones se pueden controlar insectos, algunas bacterias, algunos virus y hongos dependiendo de la dosis aplicada (expresada en kilogreys, KGy). Según Sádecká (2007),

la cantidad de radiación requerida esta en función de la resistencia de la especie en particular y del número de organismos presentes en el producto. La irradiación de alimentos libera al producto de microorganismos patógenos sin introducir sustancias extrañas ni elevar la temperatura, con pérdidas insignificantes en sus características nutritivas, por lo que constituye una alternativa, para prolongar el periodo de comercialización, con relación al uso de fumigantes que introducen sustancias en los alimentos.

El proceso de irradiación involucra la exposición del producto a determinado nivel de ionización por radiación que provoca efectos directos e indirectos sobre los materiales biológicos irradiados. En el proceso de irradiación se usan tres tipos de fuentes, los rayos gamma, los rayos x y los electrones generados por maquinas operadas a niveles de energía por debajo de 10 MeV (Megaelectrovoltio). El uso de irradiaciones tiene un potencial en la desinfección, vida de anaquel, descontaminación y mejoramiento de la calidad de los productos (Shafiur, 1999)

Se han realizado estudios para disminuir la brotación de productos como cebolla y ajo al usar radiaciones (Skou, 1971). Yang (1998) reporta el uso de rayos gamma para tratar bulbos de ajo puede inhibir la brotación y reducir la perdida de peso durante el almacenamiento. La

Organización Mundial de la Salud, permite el uso de irradiaciones en ajo en dosis de 0.05 a 0.15 KGy (Suárez, 2001).

Al evaluar dosis de rayos Gamma en la conservación de ajo fresco, se encontró que en dosis bajas de 10 Gy, aplicada en postdormancia, se disminuye la brotación y detiene la mitosis; al usar radiaciones Gamma en dosis de 60 Gy, se ha comprobado que se inhibe la brotación hasta por un periodo de 180 días (Pellegrini *et al.*; 2000; Pellegrini *et al.*, 2001).

Las radiaciones Gamma también se han usado en la conservación de hortalizas deshidratadas, incluyendo al ajo, en donde al comparar la fumigación con oxido de etileno y las radiaciones de 7 a 10 KGy, se ha comprobado que las radiaciones tienen menores efectos sobre las propiedades físico-químicas del producto, también se obtuvieron datos que demostraron que las radiaciones son mas eficientes en el control de la contaminación bacteriana que el oxido de etileno (Shin *et al.*, 1989). Kwon *et al.*, (1984), reportan que el uso de radiación Gamma en dosis adecuadas no afecta la firmeza de los bulbos de ajo.

Hidracida Maleica.

La hidracida maleica es un producto de acción sistémica que penetra en la savia de la planta al ser aplicado al follaje antes de la cosecha, se trasloca desde las hojas al bulbo donde se acumula. En el bulbo actúa

como inhibidor de la brotación de los dientes frenando la división celular en los meristemas y suprimiendo parcialmente la respiración.

Al aplicar hidracida maleica, diez días antes de iniciar la cosecha a razón de 2.4 kg de ingrediente activo por hectárea, se encontró que a los 180 días el 90% de los bulbos estaban en condiciones de comercializarse, mientras que, en las mismas condiciones de almacenamiento, bulbos que no fueron tratados presentaron un 72% de brotación a los 90 días, lo cual indica que la aplicación del producto ayuda a prolongar el tiempo de comercialización de ajo (Pérez *et al.*, 2006a).

Evaluaciones realizadas en el Campo Experimental Zacatecas indican que el uso de la hidracida maleica, en aspersion en ajo Jaspeado Calera, aplicada 10 días antes de cosecha, mantienen los dientes de ajo sin germinar aun 165 días o más después de la cosecha, mientras que los dientes provenientes de plantas sin tratamiento iniciaron la brotación en este período almacenados en condiciones de temperatura y humedad ambiental. Al ser sembrados los dientes tratados se ha observado que aunque algunos llegan a brotar rara vez emiten raíces en número reducido. (Figuras 98 y 99).



Figura 98. Desarrollo de embrión en dientes tratados con hidracida maleica (derecha) y dientes sin tratamiento (izquierda).



Figura 99. Dientes tratados con hidracida que cuando llegan a emitir raíces son pocos o nulos.

Almacenamiento en Frío.

El ajo está considerado como un producto sensible al etileno que es producido por frutas y hortalizas en condiciones de almacenamiento, ya que este compuesto estimula la brotación de los dientes, por lo anterior no se recomienda su almacenamiento en la misma cámara en que se encuentren ese tipo de productos (Rivero *et al.*, 2005).

La conservación frigorífica del ajo disminuye la pérdida de peso y retarda la superación de la dormancia con relación a los conservados en condiciones ambientales, por lo que se recomienda el uso de este método de conservación.

La temperatura recomendada de almacenamiento en cámaras frigoríficas es de 0°C con variación máxima de ± 5 °C con humedad relativa entre 65 y 70%, lo anterior produce periodos de conservación entre 6 y 7 meses (Rivero *et al.*, 2005; Cantwell, 2006).

Es recomendable la supervisión periódica de la temperatura y humedad relativa de las cámaras frías a fin de obtener una eficiencia alta en el uso de este método de conservación.



LITERATURA CITADA

- Agamalian H. S., and Kurtz E. A. 1989. Garlic weed competition. California Agriculture, sin número, January- february. p 11-12.
- Ahmed, M. F., K.M. Khalequzzaman, M.N. Islam, M.K. Anam and M.T Islam. 2002. Effect of plant extracts against *Bipolaris oryzae* of rice under *In Vitro* conditions. Pakistan Journal of Biological Sciences, 5:442-445.
- Ajodirecto. 2006. Ajos. In <http://www.ajodirecto.com> consultado en línea el 17 de marzo de 2006.
- Alarcón, A.L. y Egea, C. 1999. Fertirrigación en plantas y semilleros. p. 69-81. En: A. Villareal y J. González (coord.). Planteles. Compendio de horticultura. 13. Ediciones de horticultura, Barcelona, España.
- Alcántar G., G.; Trejo-Tellez, L. I.; Fernández P, L. y Rodríguez M., M.de la N. 2007. Elementos esenciales. En Alcántar G. G. y Trejo-Téllez, L. I. (Editores). Nutrición de cultivos. Colegio de Postgraduados-Mundi Prensa. México. p 7-48.

Alliance for American Manufacturing. 2007. Garlic from China. p. 39-44.

In: www.americanmanufacturing.org. Consultada en línea el 20 de marzo de 2009.

Aljaro U. A. 2002. Índices de madurez para definir el momento oportuno de cosechar los ajos. Tierra Adentro No. 47:35-37.

Aljaro A. y Cañoles M. 1997. Indicadores de cosecha: parámetros, ventajas y limitantes. En: Burba J. L.(Editor), 50 temas sobre producción de ajo. INTA, La Consulta; Mendeza, Argentina. Vol. 3. p. 178-186.

Amador R., M. D.; Velásquez V., R.; Gutiérrez L., R. y Acosta D., E. 2007. Principales malezas del frijol, maíz y chile del altiplano de Zacatecas. INIFAP, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental Zacatecas. Folleto Técnico No. 15. 34p.

American Phytopathological Society. 1995. Compendium of onion and garlic diseases. Ed. by H. F. Schwartz and S. K. Mohan. APS Press. St. Paul, MN, USA. 54 p.

Andrioli, F.F., R. de M. Prado, I. Andrioli y L. P. Saes. 2008. Curva de crecimiento e marcha de absorção de nutrientes pela cultura do

alho sob condições de campo. Scientia Agraria, Curitiba, 9:385-393.

Anónimo. 1978. Números, 11:4-5. Sagrada Biblia, Ediciones paulinas. México 1247p.

Arévalo V., A. 2000. Control de Malezas. En Heredia G., E. y Delgadillo S., F. El ajo en México, origen, mejoramiento genético, tecnología de producción. Libro Técnico Num. 3. INIFAP, Centro de Investigación Regional del Centro, Campo Experimental Bajío. 102p.

Arrieché, N., Paz, R., Montagne, A. y Morales, J. 2006. Estudios biológicos de *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera:Thripidae) en cebolla en el estado Lara, Venezuela. Bioagro 18:149-154.

Ávila, G. 1997. Manejo de poscosecha de hortalizas bulbosas. Condiciones para secado artificial de ajo. Avances en Horticultura. 2:23-33.

Ávila, G. 1998. Variables para la estimación del tiempo oportuno de secado de ajo (*Allium sativum* L.). Avances en Horticultura. 3:1-7

- Ávila, G.T. 1999. Parámetros para la estimación del momento oportuno de cosecha en “ajo Blanco”. In: Burba (Editor) VI Curso/ Taller Producción comercialización e industrialización de ajo. INTA. Argentina. p.191-192
- Ávila G. T. 2007. Factores de manejo del cultivo de ajo que determinan la calidad del producto a la cosecha. *Avances en Horticultura* 5: 1-13.
- Bachman, J. 2001. Growing garlic. In: *Plow Sharing*. College of Agriculture and Life Sciences. North Carolina Cooperative Extension. North Caroline State University. p. 2 – 6.
- Bachman, J. 2008. Garlic: organic production. ATTRA-National Sustainable Agriculture Information. ATTRA publication ATTRA publication #P320, 28 p. In: <http://attra.ncat.org>, consultada en línea el 10 de octubre de 2009.
- Bahar, M.H., Islam, M. A., Mannan, M.A., and. Uddin. M. J. 2007. Effectiveness of some botanical extracts on beans aphids attacking yard-long beans. *Journal of Entomology*, 42:136-142
- Baptista-González, H. A. 2005. ¿Posee propiedades médicas el ajo? *Médica Sur, México*, 124:224-225

- Barak, M., Etehad, G. H., Arab, R., Derakhshani, F., Habibzadeh, S. H., Mahommadnia, H., Dailami, P., Daryani, A., and Zarei, M. 2007. Evaluation of garlic extracts (*Allium sativum*) effect on common pathogenic gram-positive and gram-negative bacteria isolated from children with septicemia hospitalized at Imam Khomeini Hospital. *Research Journal of Biological Sciences* 2:236-238.
- Bevacqua, R. F. 2001. Drip Irrigation for Row Crops. Cooperative Extension Service. Circular 573. College of Agriculture and Home Economics. New Mexico State University. 43p.
- Bodnar J., B. Schumacher y J. Uyenaka. 1998. Garlic Production. Ministry of agriculture, food and rural affairs. Ontario. Consultada en línea el 6 de junio de 2007.
<http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/97-007.htm>,
- Boriss Hayley. 2009. Garlic Profile. Agricultural Marketing Resource Center, Iowa State University. 3p.
- Boriss, H. 2006. Commodity Profile: Garlic. Agricultural Issues Center. Pittsboro, NC, USA. 10p.
- Boss, R. 1995. Garlic. University of California, Small Farm Center. In: <http://www.sfc.ucdavis.edu/>, consultada en línea el 26 de abril de 2009.

Boundary Garlic, 2006. Growing Garlic. In: <http://www.garlicfarm.ca/growing-garlic.htm> Consultada en línea el 6 de junio de 2007

Bravo, L. A. G. 2007. Distancia entre hileras y entre plantas en ajos sembrados en camas con seis hileras de plantas. p. 1-10. En: 2^o Taller para el establecimiento del cultivo de ajo. Campo Experimental Zacatecas – INIFAP. Calera de V. R., Zac. Méx. 40 p.

Bravo L., A. G. y F. Echavarría Ch. 2003. Aplicación de fertilizantes Nitrógeno, Fósforo y Potasio en fertirriego en ajos (*Allium sativum* L.) en Zacatecas, México. XII Congreso Nacional de Irrigación. Zacatecas, México. p. 7

Brewster, J. L. 2001. Las cebollas y otros *alliums*. Editorial Acribia, España. 253 p.

British Columbia Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (BCAMAFF). 2004. Garlic (organic) – *Allium sativum*. Garlic Factsheet. Kamloops, BC. 12p.

- Bricco, R. y Portela, J. A. 1997. Empaque y presentación del ajo. In: 50 Temas sobre producción de ajo. 4: Manejo Post-cosecha. Ed. J. L. Burba. INTA. Argentina. p. 49-57
- Bujanos, M. R. y Marín, J. A. 2000. Plagas: descripción, daños y control. p. 64 – 67. En: El ajo en México. Origen, mejoramiento genético, tecnología de producción. Libro Técnico Núm. 3. División Agrícola. INIFAP. León, Gto. México. 102 p.
- Burba, J. L. 1992. Producción, propagación y utilización del ajo (*Allium sativum*). P. 63-127. Eds. J. Izquierdo, G. Paltrinieri y C. Arias. In: Producción, poscosecha, procesamiento y comercialización de ajo, cebolla y tomate. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Santiago, Chile. 413 p.
- Burba, J. L. 2006. Manejo poscosecha y sistema multimodal de empaque de Ajo. II Foro Nacional del Ajo, Zacatecas, Zac., México. 14-34
- Cantwell, M. 2006. Garlic recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology research & information Center. University of California. In: <http://postharvest.ucdavis.edu/> consultada en línea el 12 de junio de 2009.

- Castellanos, J.L., Ojodeagua J. L., Mendez F.S., Villalobos S., Sosa, A., Vargas, P. y Badillo, V. 2000. Nutrición de ajo (*Allium sativum* L.) en condiciones de riego por goteo. 1er. Foro Nacional en el cultivo de ajo. Celaya Gto. México. Documento electrónico sin paginación.
- Castellanos R.. J. Z., Ojodeagua, J. L., Méndez, F., Alcantar, S. G., Villalobos-Reyes, P. Vargas, J., Muñoz-Ramos, J. and Lazcano-Ferrat, I. 2002. Potassium Requirements for Garlic under Fertigation. Better Crops International. 16: 9-11
- Castellanos R. J. Z.; Ojodeagua, S. J. L., Méndez G., F.S., y Vargas, J., P. 2006. Estudios sobre la fertilización de ajo morado en Guanajuato. En: Memorias II Foro Nacional de ajo. Zacatecas, Zac. México. p. 7-13.
- Castellanos, J. Z., Vargas-Tapia, P., Ojodeagua, J. L., Alcanzar-González, Mendez, F. S., Alvarez-Sanchez, E, and Gardea, A. A. 2004. garlic productivity and profitability as affected by seed clove size, planning density and planning method. HortScience 39:1272-1277.

Castro, C. J., R. Solanilla, W. A. Otero, C. A. Quintero, A. De la Rosa C. y W. Moosbugger. 1996. Productividad responsable en el campo. Bogota Colombia, Proyecto Checua, CAR. 155p.

CESAVEG, 2007. Campaña de manejo fitosanitario de trigo, manejo integrado de malezas. 24 p. En: www.cesaveg.org.mx, Consultada en línea el 10 de octubre de 2009.

Cittadini, E., P. Peri y G. Romano. Ensayo de post-cosecha en ajo. En www.inta.gov.ar, 10 p, consultada en línea el 6 de mayo de 2009.

Clark, G.A. 1992. Drip irrigation management and scheduling for vegetable production. HortTechnology. 2:32-37.

Cocco, R.; Bertone, P.; Perotti, C.; y Salvi, M. 2005. Uso de aceite de ajo en la cicatrización de los tejidos blandos en una fractura expuesta contaminada en un canino. Revista Electrónica de Veterinaria. Vol VI, Num. 6:1-6. En <http://www.veterinaria.org>, consultada en línea el 12 de abril de 2009.

Colorado State Cooperative Extension, 2007. Harvesting garlic. Fact sheet 1827. In: <http://www.ext.colostate.edu/ptlk/1827.html> consultada en línea el 6 de junio de 2007

CONAJO, 2006. PRODUCCION NACIONAL DE AJO. En <http://www.conajo.com.mx/>, consultada en línea el 8 de julio de 2008.

CONAJO. 2008. Normas: NMX-FF-018-SCFI-2006 Norma mexicana que establece las especificaciones mínimas de calidad que debe cumplir el ajo (*Allium sativum* L.) perteneciente a la familia Liliaceae, para ser consumido en estado fresco y destinado a la transformación industrial, después de su acondicionamiento y envasado. En: www.conajo.com.mx/, consultada en línea el 10 de diciembre de 2008.

CONAJO. 2009. Situación Nacional e Internacional del Ajo en México. <http://www.conajo.com.mx/situacion.html> consultada en línea el 20 de junio de 2009.

Cornell Cooperative Extension, 2007. Growing and Harvesting Garlic. <http://counties.cce.cornell.edu/yates/6049.htm> Consultada en línea el 6 de junio de 2007

Dall'Armellina, A.A.D.; Bezic C.; Gajardo, O. y Polo S. 1999. Biodiversidad y resistencia de las malezas a los herbicidas: Grandes desafíos en el futuro del manejo en el cultivo de ajo.

En Burba 1999. VI Curso Taller Producción comercialización e industrialización de ajo. INTA EEA La Consulta, Mendoza Argentina. p 135-136

Dall'Armellina, A.; Caratcoche, O.; Montico, M. L. y Mendoza M. G. 1995. Conceptos básicos para el uso reducido de herbicidas en hortalizas. I. Experiencias en el cultivo de ajo. En Burba 1995. IV Curso Taller Producción comercialización e industrialización de ajo. INTA EEA La Consulta, Mendoza Argentina. p 33F-39F.

De La Cruz M. J. y García H.S. 1999. Garlic postharvest operations manual. En Mejía, D. Compendium on Post-harvest Operations. In: <http://www.fao.org/>

Delgadillo, 2000. Enfermedades: descripción y tratamiento. In: El ajo en México. Origen, mejoramiento genético, tecnología de producción. Libro Técnico Num. 3. Comps. E. Heredia G. y F. Delgadillo S. Campo Experimental Bajío. INIFAP. León, Gto. Mex. 60 p.

Delgadillo, S. F., Arevalo, V. A. y Torres, P. I. 2000. Manejo de la pudrición blanca del ajo en Guanajuato. Desplegable para Productores Núm. 3. Campo Experimental Bajío – INIFAP.

Dickerson G. W. 2004. Garlic Production in New Mexico. Guide H-234. College of Agriculture and Home Economics New Mexico State University. In: <http://cahe.nmsu.edu/pubs/h/h-234.html>
Consultada en línea el 6 de junio de 2007.

Diniz, L.P., Maffia, L.A., Dhingra, O.D., Casali, V.W.D., Santos, R.H.S. & Mizubuti, E.S.G. 2006. Avaliação de produtos alternativos para controle da requeima do tomateiro. Fitopatologia Brasileira 31:171-179.

Eagling D. and S. Sterling. 2000. A cholesterol-lowering extract from GARLIC. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. 24p.

Environmental Protection Agency (EPA). 1992. Allium sativum (Garlic). R.E.D. Facts. 738-F-92-015, june 1992. 3pp

Estrada – Venegas, G. E. y Equihua – Martínez, A. 2006. Manejo integrado de ácaros asociados al cultivo de ajo. p. 56 – 67. En: Programa y Memorias. II Foro Nacional del ajo. Zacatecas, Zac., Méx. 124 p.

- FAO. 1989. Prevention of post-harvest food losses: fruits, vegetables and root crops. FAO Training Series No. 17/2. Roma Italy. 160p.
- FAO, 2005. Anuario Estadístico. In: <http://faostat.fao.org>, consultada en línea el 22 de marzo de 2006.
- FAO. 2009. Major food and agricultural commodities and producers. In: <http://www.faostat.fao.org> consultada en línea el 3 de febrero de 2009.
- Ferrada H., I. y A. Farias U. 2005. Uso de extractos de ajo como repelentes de áfidos (Hemiptera: Aphididae) en el cultivo orgánico de papas. In <http://www.todopapa.com.ar> consultada en línea el 12 de junio de 2009.
- Fritsch, R.M. and. Friesen, N. 2002. Evolution, Domestication and Taxonomy. In Allium Crop Science: Recent Advances, Edited by H. D. Rabinowitch and L. Currah. CABI Publishing. p 5-30
- García, A. C. R. 1998. El Ajo: su cultivo y aprovechamiento. 2ª Edición. Ed. Mundiprensa. España. 205 p.
- García, A. & Bima, P. 2003. Micropropagación de cultivares de ajo adaptados a la región centro norte de Argentina. p. 37-38. En: VIII Curso Taller sobre producción, comercialización e

industrialización de ajo. Coord. J. L. Burba. INTA. E. E. A. La Consulta. Mendoza, Argentina. 187 p.

Garlic Central. 2007. When to Harvest Garlic. In:

<http://www.garlic-central.com/growing/harvest.html>

Consultada

en línea el 6 de junio de 2007

Gaviola S. y Lipinski, V. M. 2002. Diagnostico rápido de nitratos en ajo cv. Fuego INTA con riego por goteo. Ciencia del Suelo. 20:43-49.

Gaviola S. y Lipinski, V. M. 2004. Evaluación de rendimiento y nitratos en ajo cv. Nieve INTA con riego por goteo. Agricultura Técnica. 64:172-181

Gaviola S y Lipinski. V. M. 2008. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y el color de cultivares de ajo (*Allium sativum*) colorado. Ciencia e Investigación Agraria. 35: 67-75.

Ghosheh, H. Z. 2000. Garlic (*Allium sativum*) response to weed control practices. Die Bodenkultur. 51:157-160.

- Goldberg, N. 2005. Iris yellow spot virus. Cooperative Extensión Service. College of Agriculture and Home Economics. New Mexico State University. Las Cruces, NM, USA. 2 p.
- Goldy, R. 2000. Producing garlic in Michigan. Extension Bulletin E-2722 Michigan State University Extension 12 p.
- Gonzalez, G. E., García-Santibañez, S. J. M. y Macias, V. L. M. 2007. Avances en el control de trips en ajo en Aguascalientes. p. 52 – 65. En: Tecnología reciente del cultivo de ajo. Publicación Especial Núm. 33. Campo Experimental Pabellón – INIFAP. Aguascalientes, Ags., Méx. 109 p.
- Hafizur, R. M.; Shahidul H. M., and Ahmed M. 2003. Pre-planting temperature treatments for breaking dormancy in garlic cloves. Asian Journal of Plant Science. 8:123-126
- Hafizur, R. M.; Shahidul H. M.; Karim, M. A., and Ahmed M. 2006. Effects of giberelic acid GA3 on breaking dormancy in garlic (*Allium sativum* L.). International Journal of Agriculture & Biology. 8:63-65
- Hardenburg, R. E.; Watada A. E., and Wang C.Y. 1986. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and

Nursery Stocks. USDA Agric. Handbook No. 66, Washington. DC. U.S.A.

Hall, R. V., M. Rocha P. y E. Rodríguez V. 2002. Plantas Medicinales Volumen II. Serie de Actualización Profesional, Centro de Información de Medicamentos, Universidad de Costa Rica. 135p.

Hannan, R. M. and Sorensen, E. J. 2002. Crop profile for garlic in Washington. Publication number MISC 0369E. Washington State University Cooperative Extension, U. S. Department of Agriculture. Pullman, WA, USA.15 p.

Hartz, T. K. 1994. Drip irrigation and fertigation management of vegetable crops. California Department of Food and Agriculture. Fertilizer Research and Education Program. Sacramento, CA. 21p.

Hasan, M.M., Chowdhury, S.P., Alam S., Hossain, B. and Alam, M.S. 2005. Antifungal effects of plants extracts on seed-borne fungi on wheat seed regarding seed germination, seedling health and vigor index. Pakistan Journal of Biological Sciences, 8:1224-1289.

- Heredia, G. E. 2000. Importancia del cultivo del ajo. p. 14 – 28. En Heredia G.E. y Delgadillo S., F. (Compiladores). El ajo en México. Origen, mejoramiento genético, tecnología de producción. Libro Técnico Núm. 3. División Agrícola. INIFAP. León, Gto. México. 102 p.
- Heredia, G. E. 2000b. Tecnología de producción. p. 37 – 45. En Heredia G.E. y Delgadillo S., F (Compiladores). El ajo en México. Origen, mejoramiento genético, tecnología de producción. Libro Técnico Núm. 3. División Agrícola. INIFAP. León, Gto. México. 102 p.
- Herrera, E.A., Olalde, P.V., Ponce, N.P., Flores, M.A., Delgadillo, S.F., Arevalo, V.A., Heredia, Z.A. y Velásquez, V.R. 1999. Manejo integrado de *Sclerotium cepivorum* causante de la pudrición blanca en ajo. Informe final del proyecto ALIM-016/96 CONACYT-SIHGO.
- Hickey, M. 2006. Growing garlic in NSW. PRIMEFACT 259. NSW Department of Primary Industries, 5 p.
- Hochmuth, G. J. and Clark, G. A. 1991. Fertilizer application and management for micro (or drip) irrigated vegetables in Florida.

Florida Cooperative Extension, Special Series Report. Ss-VEC-45 April, 1991. University of Florida. Gainesville, FL. 33 p.

Kader, A. A. 2006. Assessment of post-harvest practices for fruits and vegetables in Jordan. United States Agency for International Development. In: www.ncartt.gov.jo Consultada en línea el 24 de Julio de 2007.

Kamenetsky, R. and Rabinowich, H. D. 2006. The Genus *Allium*: A Developmental and Horticultural Analisis. Horticultural Reviews. 32:329-337

Karaye A. K., and Yakubu, A. I. 2006. Influence of intra-row spacing and mulching on weed growth and bulb yield of garlic (*Allium sativum* L.) in Sokoto, Nigeria. African Journal of Biotechnology. 5: 260-264.

Katan J. 2009. Mineral nutrient management and plant disease. e-ific No. 21:6-8.

Kemper, K. J. 2000. Garlic (*Allium sativum*). Longwood Herbal Task Force. 49 p. In: <http://www.longwoodherbal.org>. Consultada en línea el 12 de junio de 2009.

Kieserite.com. 2009. Application rates - Nutrient removal.

<http://www.kieserite.com/application/removal.cfm>, consultada en línea el 12 de julio de 2009.

- Kirkby, E. A. 2007. Improving the efficiency of nitrogen use with potassium: De-bottlenecking nitrogen use efficiency through balanced fertilization and adequate supply of potassium. *e-ifc*, No. 13:2-3
- Kleinheinz V. 1999. Sulphur and chloride in the soil-plant system. K+S Group, Kassel (International Potash Institute, Basel), Kassel Germany. 92 p.
- Kobsar B. 2009. It's a Green Spring Thing!. *EDIBLE EAST BAY*. Spring, 2009. P 28. In: <http://www.edibleeastbay.com/> consultada en línea el 12 de abril de 2009.
- Kovtch J. T., 2003. Garlic, *allium sativum*. *Master Gardeners Journal*. 256p.
- Kwon, J. H.; Yoo H. S.; Sohn T. H.; Byun M. O. and Cho H. O. 1984. Effect of gamma irradiation on the physiological characteristics of garlic bulbs during storage. *Korean Journal of Food Science Technology*. 16:408-413.

- Lara, H. M. E. 2008. Material empleado para semilla: problemática y control. p. 8 – 13. En: Taller enfermedades bacterianas del ajo. Ed. M. Reveles H. y A. O. Martínez G. Campo Experimental Zacatecas – INIFAP. Calera de V. R., Zac., Méx. 61 p.
- Lardizabal, R. 2002. Receta Para Fabricar y Utilizar Repelente de Ajo. IDEA, Boletín técnico de producción. 1p
- Larraín, S.P., Varela, U. F., Quiroz, E. C. y Graña, S. F. 2006. Efecto del color de trampa en la captura de *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera:Thripidae) en pimiento (*Capsicum annuum* L.). Agricultura Técnica (Chile) 66:306-311.
- Larreguy, V. 1999. Control de *Penicillium* sp. en ajo “Colorado”. VI Curso taller sobre producción, comercialización e industrialización del ajo. INTA. Mendoza, Argentina. p. 141.
- Larriqueta J. E., y Wittenstein, F. L. 1997. Manejo de malezas en el cultivo de ajo. En Burba (editor). 50 Temas sobre producción de ajo, Vol 3. Ingeniería de cultivo. Estación Experimental Agropecuaria La Consulta, INTA, Mendoza, Argentina. p 143-148.

- Lipincki, V. M. 1997. Consideraciones sobre el manejo de la fertilización de ajo en condiciones edafoclimáticas diversas. En Burba, J. L. 1997. 50 temas sobre producción de ajo. E. E. La Consulta, INTA, Mendoza Argentina. p. 109-111
- Lipinski V. M. y Gaviola S. 2005. La fertirrigación con nitrógeno y su influencia sobre el rendimiento y la calidad de distintos cultivares de ajo colorado de INTA. Informe anual de progresos 2005, Estación Experimental Agropecuaria La Consulta. INTA. En: <http://www.inta.gov.ar/laconsulta/info/documentos/Inf%20prog5/LaCon/info/documentos/AJO/Hoja%20trabajo%2015.pdf> consultada en línea el 5 de julio de 2008.
- Lipinski V. M. y Gaviola S. 2006. Evaluación del rendimiento y calidad de cultivares de ajo colorado fertirrigados con nitrógeno. Rev. FCA UNCuyo. Argentina. XXXVIII. p. 37-48.
- Lošák, T. and Wiśniowska-Kielian, B. 2006. Fertilization of garlic (*Allium sativum* L.) with nitrogen and sulphur. Annals UMCS, Sec. E, 61, 45–50. Polonia.
- Lucier, G. and Biing-Hwan. L. 2000. Garlic, Flavor of Ages. Agricultural Outlook. Economic Research Service. USDA, 4p

- Luis D.A., y R. Aller. 2008. Ajo y riesgo cardiovascular. *An. Med, Interna (Madrid)*. 25: 237-240
- Macias, V. L. M., Robles, E. F. J. y Velásquez, V. R. 2000. Guía para que los productores de ajo seleccionen su semilla. Folleto para Productores Núm. 27. Campo Experimental Pabellón – INIFAP. Aguascalientes, Ags., México. 12 p.
- Macias, V. L. M. y Maciel, P. L. H. 2007. Mejoramiento genético de ajo por selección individual. p. 6 – 16. En: *Tecnología reciente del cultivo de ajo*. Comp. F. J. Robles E., L. M. Macías V. y L. H. Maciel P. *Publicación Especial Núm. 33. Campo Experimental Pabellón – INIFAP. Aguascalientes, Ags., Méx.* 112 p.
- Mahmood T., Ljaz H.S., Mahmood K. K., Jeelani G. and Hiadalatullah. 2002. Weed control in Garlic Crop in Relation to Weedicides. *Asian Journal of Plant Sciences* 1:412-413.
- Mancilla S. F. 2004. Situación actual y características técnicas de cultivo del ajo. En <http://www.eumedia.es> Consultada en línea el 30 de marzo de 2009
- Mann, L.K. and D.A. Lewis. 1956. Rest and dormancy in garlic. *Hilgardia* 26:161-189.

- Martínez G. M. A. 2002. El cultivo de chile guajillo con ferti-irrigación en el altiplano de San Luis Potosí. Folleto para productores N° 33. Campo Experimental Palma de la Cruz. INIFAP.12p.
- Maynard D. N. and G. J. Hochmuth. 2007. Knott's Handbook for Vegetable Growers. Fifth Edition. John Wiley & Sons, Inc. 621p.
- Mena, C. J. 2006. Manejo integrado de plagas: una propuesta para el cultivo del ajo. p. 38 – 46. En: Programa y memorias. II Foro Nacional del Ajo. Zacatecas, Zac., Méx. 124 p.
- Mendham T. 2006. Growing Garlic - Co-Planting. In <http://www.garlic-central.com/co-planting.html> , consultada en línea el 7 de junio de 2007.
- Montes B. R., Cruz V.C., Martínez G.M., Sandoval G. G., García R.L., S. Zilch D., L. Bravo L., K. Bermudez T., H. E. Flores M. y M Carvajal M. 2000. Propiedades antifungicas en plantas superiores. Revista Mexicana de Fitopatología. 18:125-131
- Mujica, H. y Pérez de C. 2006. Características físicas y químicas de ajo cosechado en dos estados de madurez y almacenado en condiciones ambientales. Bioagro 18: 171-175

Nutritiondata. 2009. Nutrition facts, garlic row. In: <http://www.nutritiondata.com>, consultada en línea el 27 de octubre de 2009.

OEIDRUS. 2009. En: <http://www.oeidrus-zacatecas.gob.mx>, consultada en línea el 10 de octubre de 2009.

Oliveira, C.M., Souza, R. J., Mota, J. H., Yuri, J. E. e Resende G. M. 2003. Deteminação do ponto do colheita na produção de alho. Horticultura Brasileira. 21: 506-509.

Oliveira, C.M., R.J. Souza,R. J., Yuri, J. E. Mota, J. H. e Resende, G. M. 2004. Época de colheita e potencial de armazenamento em cultivares de alho. Horticultura Brasileira 22:804-807.

Olmedo F. T. 2003. Curso producción de ajo. Universidad Arturo Prat. Chile. En: <http://www.unap.cl/> consultada en línea el 9 de Julio de 2008.

Orlof, S., Natwick, E. T., and Poole, G. J. 2008. Onion and garlic bulb mites. Statewide IPM Program. Agricultural and Natural Resources. University of California. Publication 3453.

Parco Tecnologico Agroalimentare dell'Umbria. 2001. Manuale di corretta prassi per la produzione integrata dell'aglio. Pantalla di Todi, Italia In:

http://www.parco3a.org/pdf/Manuali/MCPP_Aglio.pdf consultada en línea el 7 de julio de 2008.

Pellegrini, C. N.; C. A. Croci and G. A. Orioli. 2000. Morphological changes induced by different doses of gamma irradiation in garlic sprouts. *Radiation Physics and Chemistry*. 57: 315-318

Pellegrini, C.N., Croci, C.A. and Orioli, G.A. 2001. Enhancement of quality criteria in garlic by gamma irradiation. *Acta Hort. (ISHS)* 553:565-566

Pelter, G.Q., Sorensen, E. J., Van Denburgh R. W. and Hannan, R. M. 2005. Effect of scape removal on garlic bulb yield in central Washington. In Guangshu L. IV International Symposium on Edible Alliaceae. *Acta Hort. (ISHS)*. 688:323-326.

Peña-Iglesias, A. 1988.El ajo: virosis, fisiopatías y selección clonal y sanitaria. I Parte teórico descriptiva. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*, 14:461-483.

- Pérez B., M. A.; A. Fombellida V., M. Calvo A. y M. Sánchez M. 2006. Inhibición de la brotación del ajo en postcosecha Mediante la aplicación de Hidracida maleica. Terralia. 57.
En <http://www.terralia.com/index.php?revista=57&articulo=381>
Consultada en línea el 6 de mayo de 2009.
- Pérez, M. L., García, R. P. M., Ramírez, M. R. y Barrera, G. J. L. 2003. Evaluación de cultivares de ajo morado y blanco por su rendimiento agronómico e industrial en Irapuato, Guanajuato. Acta Universitaria 13:57-65.
- Pérez, M. L. y Rico, 2004. Virus fitopatógenos en cultivos hortícolas de importancia económica en el estado de Guanajuato. Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad de Guanajuato. Offset Libre. México, D. F. 143 p.
- Pérez-Moreno, L., Córdoba-Rosales, Z. V., Ramírez-Malagón, R., Barboza-Corona, E., Zuñiga-Zuñiga, J., Silva-Rosales, L. y Ruiz-Castro, B. S. 2006. Síntomas asociados a virus fitopatógenos en plantas de ajo *Allium sativum* L. en el estado de Guanajuato, México. Memorias. XXXIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. L – 7.

Piazza, A. 2007. Enfermedades, Malezas y Plagas en la Producción Orgánica.

En:http://www.wurbs.com.ar/agrogate/enfermedades_malezas_y_plagas_en_la.htm, Consultada en línea el 22 de agosto de 2007.

Portela J. A. 1996. El ambiente como regulador de desarrollo de las plantas. Su efecto sobre el ajo. Avances en Horticultura 1:1-21.

Portela, J.A., Burba, J.L., Gabriel E. and Rivero, L. 2005.- Argentine garlic II: The need of diferent cropping and post-harvest Management practices hmong cultivars. Acta Hort. (ISHS) 688:215-220.

Prabu J., M. 2008. Bio-pesticides: ginger garlic extract measures up. The Hindu, Chennai, 03 Apr 2008, K33, 1p.

Ramírez-Moreles P., Castellanos, J. Z ., Sánchez, P. G., Galvis A. S., Martínez, A. G. y Tijerina L. Ch. 2003. Fertilización nitrogenada y patrón de absorción nutrimental del apio en fertirriego. Terra Latinoamericana. 21: 101-108.

Ramón V. A. y F. Rodas. 2007. El control orgánico de plagas y enfermedades de los cultivos y la fertilización natural del suelo.

Guía práctica para los campesinos en el bosque seco. Naturaleza y Cultura Internacional. Perú y Ecuador. 35p.

Ramos, de S., G. 1988. Experiencias en la producción de semilla de ajo en Mucuchíes, estado de Mérida. FONAIAP DIVULGA No. 30. Venezuela. En: www.ceniap.gov.ve. Consultada en línea 20 de marzo de 2006.

Reuben S. O. W. M., Yahya, S. N., Misangu R. N., and Mulungu. L.S. 2006. Field evaluation on effects of common spices in the control of diamondback moth (*Plutella xylostella* L.) pest of Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.) commercial cultivar. Asian Journal of Plant Sciences, 5:85-90

Reveles, H. M. 2007. Efecto de la fecha de siembra sobre el rendimiento y la calidad del ajo en Zacatecas. 2º Taller: Tecnología para el establecimiento del cultivo de ajo. Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC – INIFAP. 30 de Agosto de 2007. Calera, Zac. Méx. p 11-17.

Reveles H. M. 2007. Efecto de la posición de la semilla al momento de la siembra sobre el rendimiento y calidad del ajo en Zacatecas. 2º Taller: Tecnología para el establecimiento del cultivo de ajo.

Campo Experimental Zacatecas, INIFAP. 30 de agosto de 2007.
Calera, Zac. p 30-33.

Reveles H., M. y Rubio S.D. 2006. Panorámica del ajo y su cultivo en Zacatecas (primera parte). Zacatecas en la Producción, Tecnología para el sector agropecuario. Num. 1 3-5.

Reyes A., J. C. 1996. Aplicación de productos alternativos para el control de *Colletotrichum gloeosporioides* en frutos de aguacate "Rincoatl". Memoria de la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX S.C., pp 37-41

Rico D., S. 2007. El ajo, un histórico remedio para el corazón y el sistema inmune. Salud, enero marzo 2007:81-83

Rivero, M. L. 1997. Consideraciones sobre conservación frigorífica y transporte de ajo para consumo. 38 – 41. Ed. J. L. Burba. In: 50 temas sobre producción de ajo. Vol. 4. Manejo post – cosecha. INTA. Mendoza, Argentina. 68 p.

Rivero, M. L., Quiroga, M. I. y Burba, J. L. 2005. Efecto del método de acondicionamiento y el momento de ingreso a cámara frigorífica, sobre la calidad de una cultivar de ajo colorado para consumo fresco. Agriscientia. 22:17-24

- Roselló O., J. 2003. Extractos naturales utilizados en agricultura ecológica. Centro de Química Farmacéutica. La Habana, Cuba. 20 p.
- Rosen, C., Becker, R., Fritz, V., Hutchison, B., Percich, J., Tong, C., and Wright, J. 2008. Growing Garlic in Minnesota. University of Minnesota Extension. WW07317. In: www.extension.umn.edu consultada en línea el 12 de marzo de 2009.
- Roy, H. and Lundy, S. 2005. Health benefits of garlic. Pennington Nutrition Series. Healthier lives through education in nutrition and preventive medicine. No. 20, 4p.
- Rubatzky V. and J. Yamaguchi. 1999. World vegetables. Principles, Production and Nutritive Values. Ed. ASPEN, 2nd. Edition, U.S.A. 843 p.
- Rubio-Díaz, S., Trejo, P. P. y Bravo, L. A. G. 2007. Estudio del efecto del origen de la semilla de ajo "Ensenada" sobre el rendimiento y calidad del bulbo. p. 37-40. En: 2^o Taller tecnología para el establecimiento del cultivo de ajo. Campo Experimental Zacatecas – INIFAP. Calera de V. R., Zac., Méx. 40 p.
- Sádecká J. 2007. Irradiation of Spices – a Review. Czech J. Food Sci. 25: 231–242.

- SAGARPA. 2008. Avances de siembras y cosecha ciclo 2007. En http://www.oeidrus-portal.gob.mx/portal_siap/ consultada en línea el 8 de febrero de 2009
- Salas, J. 2001. Eficacia de un repelente basado en ajo para la reducción poblacional de mosca blanca *Bemisia tabaco*. *Agronomía Tropical*. 51: 163-174.
- Salas, J. 2003. Plantas cultivadas y silvestres hospederas de *Thrips tabaci* y *Thrips palmi* (Thysanoptera:Thripidae) en Quibor, estado Lara, Venezuela. *Bioagro* 15:47-54.
- Saluzzo J. A, 2003. Nutrición nitrogenada, crecimiento y rendimiento de ajo (*Allium sativum*) en respuesta a la fertilización nitrogenada en el SE de Buenos Aires, Argentina. *Agroscientia*, Vol XX:50-63.
- Sarita, V. 1995. Cultivo de ajo. Serie Cultivos, Boletín Técnico No. 5, segunda edición, Fundación de Desarrollo Agropecuario. República dominicana, 24p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. 1998. Guía para la asistencia técnica agrícola. Área de influencia del

Campo Experimental Pabellón. Campo Experimental Pabellón
– INIFAP. Pabellón de Art., Ags., Méx. 429 p.

Senser F., and Schertz H. 1999. Tablas de composición de alimentos. El pequeño Souci-Fachmann-Kraut. Edición del Deutsche Forschungsanstaalt für Lebensmittelchemie. Garching bei München. Ed. Acribia, Zaragoza, España.

Sepúlveda, R. P. 2001. Ajos. Aseguramiento de la calidad para un desarrollo exitoso de ajos de exportación. Informativo La Platina Num. 14. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile.4p.

Shafiur, M. R. 1999. Irradiation preservation of foods. In M. Shafiur R. Handbook of food preservation. Marcel Dekker Inc. U.S.A. pp: 397-420

Shin K. S., Ma J. S. and Cho Ch. H. 1989. Effects of gamma irradiation and Ethylene oxide fumigation for the quality preservation of spices and dry vegetables. Korean Journal of Food and Hygiene. 4: 119-132.

Sims W.L., Little, T. M., and Voss, R.E. 1976. Growing garlic in California. U.C. Davis, Vegetable Research and Information Center. Leaflet 2948. 9 p.

- Skou, J. P. 1971. Studies on the Effects of Ionizing Radiation for Extending the Storage Lives of Onions. Danish Atomic Energy Comisión, Riso Report No. 238, 48 p.
- SNIIM. 2009. Precios del mercado de frutas y hortalizas. En <http://www.economia-sniim.gob.mx> consultada en línea el 6 de julio de 2009
- Solórzano G., R. 2000. Métodos no tóxicos para el control de plagas agrícolas. Foro Regional de Agricultura Orgánica. Santo Domingo, R. Dominicana, 28, 29 y 30 de noviembre. Pp1-25
- Suárez, R. 2001. Conservación de alimentos por irradiación. Invenio. 4(6):85-124.
- Suleman M., Safdar B. M and Bahadar K. 2001. Relative Efficacy of Weed Control Strategies in Garlic. Journal of Biological Sciences 1: 54-55.
- Summers R. P. 2009. Importancia del Magnesio y el Azufre en una Fertilización equilibrada. 15 p. En: www.argenpapa.com.ar, consultada en línea el 10 de agosto de 2009.

- Thomas, P. 2001. Irradiation of tuber and bulb crops. In R. A. Molins (Editor). Food irradiation: principles and applications. John Wiley and Sons Inc. pp: 241-272
- Thompson, M., Al-Qattan, K. K., Bordia, T., and Ali, M. 2006. Including garlic in the diet may help lower blood glucose, cholesterol, and triglycerides. *Journal of Nutrition*. (Supplement) 136:800S-802S.
- University of California. 2008 In: <http://aic.ucdavis.edu/profiles/Garlic-2006B.pdf>, consultada en línea el 7 de julio de 2008.
- Valle, G. P. 1989. Pudrición blanca del ajo, enfermedad que se extiende en Aguascalientes. Desplegable para Productores Núm. 12. CIFAP-Aguascalientes, CIRNOC, SARH.
- Vargas-Aispuro, I.; C. Corrales-Maldonado, y M. A. Martínez-Tellez. 2008. Compounds Derived from Garlic as Bud Induction Agents in Organic Farming of Table Grape. *Chilean J. Agric. Res.*, 68: 94-101.
- Velásquez, V. R. 1991. Diseminación de la pudrición blanca del ajo en Zacatecas 1990 – 1991. Programa y Memorias. XII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. p. 70.

- Velásquez, V. R. 1992. Pudrición blanca del ajo; nueva enfermedad en Zacatecas. Folleto para Productores Núm. 14. Campo Experimental Zacatecas – INIFAP. Calera, Zac., Méx. 8 p.
- Velásquez, V. R., Medina, A. M. M. y Rubio, D. S. 2002. Guía para el manejo de la pudrición blanca del ajo en Zacatecas. Folleto Técnico No. 9. Campo Experimental Zacatecas – INIFAP. Calera, Zac., Méx. 20 p.
- Velásquez-Valle, R. y Medina-Aguilar, M. M. 2004. Persistencia de esclerocios de *Sclerotium cepivorum* Berk. en suelos infestados de Aguascalientes y Zacatecas, México. Revista Mexicana de Fitopatología 22:143-146.
- Velásquez, V. R. y Medina, A. M. M. 2007. Guía para identificar las enfermedades de la raíz del ajo en Aguascalientes y Zacatecas. p. 66 - 79. En: Tecnología reciente del cultivo de ajo. Comp. F. J. Robles E., L. M. Macías V. y L. H. Maciel P. Publicación Especial Núm. 33. Campo Experimental Pabellón – INIFAP. Aguascalientes, Ags., Méx. 112 p.
- Villantoy P. A. 2006. El Cultivo de Ajo y sus Problemas Fitosanitarios. Tecnologías Agrarias del INIA, Perú. Cit Informa N° 002-2006.

En: <http://www.inia.gob.pe/> consultada en línea el 4 de octubre de 2009.

Wall, M., Shannon, E., and Corgan, J. 1993. Onion diseases in New Mexico. Cooperative Extension Service. College of Agriculture and Home Economics. New Mexico State University. Las Cruces, NM, USA. 5 p.

Warade S. D., and Shinde K. G. 1998. Garlic. In: Salunkhe D. K. and, Kadam S.S. Handbook of vegetable science and technology: production, composition, storage and processing. Marcel Dekker, Inc. New York, U. S. A. p. 397-314.

Willenberg, B. 2005. How do you harvest and store garlic? *Quick Answers* . University of Missouri-Columbia. Extension <http://missourifamilies.org/quick/foodsafetyqa/qafs707.htm> consultada en línea el 6 de junio de 2007.

Yang J.-S. 1998. Effects of gamma irradiation on the flavor composition of food commodities. In Shahidi, F., Ch.-T. Ho and N. Van Ch. (Editors). Process-induced chemical changes in food. Advances in Experimental Medicine and Biology, Volume 434. Plenum Press, New York, pp 277-284

Zepp, G. Harwood J. and Somwaru, A. 1996. Garlic: An Economic Assessment of the Feasibility of Providing Multiple-Peril Crop Insurance. Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture for the Office of Risk Management. 48p.

Zitter, A. T., Daughtrey, L. M., and Sanderson, P. J. 1989. Tomato spotted wilt virus. Vegetable Horticultural Crops.. Cornell Cooperative Extension. Fact Sheet 735.90. 4p.

COMITÉ EDITORIAL DEL CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

M. Sc. Agustín F. Rumayor Rodríguez	Presidente
Ph. D. Mario D. Amador Ramírez	Secretario
Ph. D. Alfonso Serna Pérez	Vocal

REVISIÓN TÉCNICA
Ph. D. Mario D. Amador Ramírez
Ph. D. Ramón Gutiérrez Luna

DISEÑO DE PORTADA
L.C.y T.C. Diana Sánchez Montaña

DISEÑO DE INTERIORES
Lic. Miriam Briano López

La presente publicación se terminó
de imprimir en el mes de diciembre de 2009
en Imprenta Mejía, Calle Luis Moya No. 622,
C. P. 98500, Calera, Zac. México.
Tel. (478) 98 5 22 13
Su tiraje constó de 1000 ejemplares.

LOS AUTORES

Manuel Reveles-Hernández es Ingeniero Agrónomo con especialidad en Zonas Áridas, egresado en 1983 de la Universidad Autónoma Chapingo, en el estado de México. Ha sido investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias desde 1984 en el Campo Experimental Zacatecas, donde ha colaborado en programas de investigación en Sistemas de Producción y Hortalizas, en cultivos como nopal, chile, cebolla y ajo. Es autor de capítulos en libros sobre el Medio Ambiente; cultivo de chile; y Nopal. Actualmente realiza investigaciones en el área de producción de plántula de hortalizas en invernadero, y en sistemas de producción de ajo.

Dr. Rodolfo Velásquez-Valle, obtuvo la licenciatura en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro de Saltillo, Coahuila, México en la especialidad de Parasitología Agrícola en 1980. En 1986 recibió el grado de Maestro en Ciencias en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey con especialidad en Sanidad Vegetal. En 1996 recibió el doctorado en la Universidad Estatal de Colorado. Ha sido investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias desde 1981 en los Campos Experimentales de Tecomán, Pabellón y Zacatecas donde ha colaborado en la investigación de plagas y enfermedades. Actualmente se encuentra llevando a cabo proyectos de investigación sobre enfermedades de hortalizas como ajo y chile en el norte centro de México.

Dr. Ángel Gabriel Bravo-Lozano obtuvo la licenciatura en la Universidad Autónoma de Nuevo León con la especialidad en Fitotecnia, obtuvo la maestría en Uso y conservación del Agua en El Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Campus Monterrey. Obtuvo el doctorado por la Unidad Académica de Veterinaria y Zootecnia UAZ. Laboró como investigador en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Zacatecas, de 1976 a 2007, se ha desarrollado como docente en el ITESM-Campus Monterrey, así como en la UAZ-Unidad Académica de Agronomía. Ha publicado 4 libros técnicos, artículos científicos y folletos técnicos, ha participado en congresos, ha sido asesor de ocho tesis a nivel licenciatura y de ocho a nivel maestría.