

UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

**"EVALUACION DE LAS EFICIENCIAS EN EL USO DE AGUA Y
NITROGENO EN AJO (*Allium sativum* L.) BAJO RIEGO POR
GOTEO."**

TESIS

CLAUDIA LUCIA GRANILLO LIZOLA

AGOSTO DEL 2011

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

“EVALUACION DE LAS EFICIENCIAS EN EL USO DE AGUA Y NITROGENO EN AJO (*Allium sativum* L.) BAJO RIEGO POR GOTEO.”

TESIS

CLAUDIA LUCIA GRANILLO LIZOLA

AGOSTO DEL 2011

**EVALUACION DE LAS EFICIENCIAS EN EL USO DE AGUA Y NITROGENO
EN AJO (*Allium sativum* L.) BAJO RIEGO POR GOTEO**

TESIS

Sometida a consideración del
Departamento de Agricultura y Ganadería

de la

Universidad de Sonora

Por

Claudia Lucía Granillo Lizola

Como requisito parcial para obtener
el título de Ingeniero Agrónomo

Agosto de 2011

Esta tesis fue realizada bajo el consejo particular aprobada y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

INGENIERO AGRONOMO

CONSEJO PARTICULAR:

DIRECTOR:


DR. MARCO ANTONIO HUEZ LOPEZ

ASESOR:


DR. JESUS LOPEZ ELIAS

ASESOR:


M.C. JOSE JIMENEZ LEON

AGRADECIMIENTOS

Cuando empecé a escribir los agradecimientos no tenía ni la mas mínima idea que es lo que pondría, pero al ir pensando se me vinieron a la mente mis padres ya que a ellos les debo la carrera que concluí, por eso les dedico esta tesis al igual les doy las Gracias de que hayan tenido Fe en mi. Al igual le doy muchas Gracias a Dios por que hizo que no me rindiera. A mis maestros, por las enseñanzas tanto académicas y por cómo ser más humildes y tener ética, también me llevo de ellos enseñanzas personales, a saber diferenciar cuando uno está platicando como alumno y maestro a como persona a persona. Por sus apoyos académicos, personales y hasta sentimentales.

También quiero agradecer a mis compañeros de clases, amigos y hasta conocidos que hice y tuve, ya que sin ellos la carrera de Ing. Agrónomo en el DAG hubiera sido un poco pasiva, para no decir aburrida, aparte que no todo es puro estudiar, tareas, trabajos en equipo, etc. Todo es parte de ello. No porque las puse a lo ultimo no son importantes, también les agradezco a las señoras de “la Café” ya que sin ellas no sé cómo hubiéramos aguantado sin comer un burrito o una chimichanga, aparte de ricas, fiadas!.

Si me hizo falta alguien recuerden que siempre los llevare en mi mente y corazón ya que en esa escuela conviví cuatro años y medio, y no será fácil olvidar.

Gracias a todos por el apoyo brindado!!!

DEDICATORIA

Les dedico este escrito a mis amigos y amigas, ya que se convirtieron en mi familia adoptiva en el DAG, ya que era más el tiempo que pasábamos juntos, que en trabajos de equipo, “estudiadas”, convivios, juntadas, carnitas asadas y cumpleaños, que hasta mi mamá me decía: Claudia, como les dejan tarea en equipo, como cumplen años y hasta dos veces por año, y eso sin contar las juntadas y salidas los fines de semana.

También una dedicación a los queridos maestros que nos aguantaron por 4 años y medio, aun que no son muchos, pero cuando estamos estudiando se nos hace mucho tiempo y más cuando vamos empezando la carrera.

Por todos los días que pase en el Departamento, a las prácticas que la mayoría terminaba en convivios, viajes ya que gracias a ellos pude conocer parte de Sonora y otras ciudades, también me llevo experiencias y recuerdos bonitos...

A todos los que estuvieron a mi lado les dedico este trabajo y que gracias a él, ya seré y soy una profesional.

CONTENIDO

	Pág.
INDICE DE CUADROS Y FIGURAS	<i>vi</i>
RESUMEN	<i>vii</i>
INTRODUCCION	1
Objetivos	1
LITERATURA REVISADA	3
Antecedentes generales del ajo	3
Requerimientos del cultivo	3
Producción comercial del ajo	3
Humedad del suelo	4
Fertilización	4
Superficie sembrada de ajo a nivel Mundial	4
Superficie sembrada de ajo en México	5
Superficie sembrada de ajo en Sonora	5
Problemática del ajo	5
Productividad del ajo	6
Eficiencia en el uso del agua	6
Eficiencia en el uso de nitrógeno	8
MATERIALES Y METODOS	11
	11
Sitio experimental	11
Siembra y variedad	11
Tratamientos y diseño experimental	11
Manejo y cosecha del cultivo	11
Parámetros evaluadas	12
RESULTADOS Y DISCUSION	13.
Rendimiento y calidad	13
Eficiencia en el uso del agua	14
Eficiencia en el uso de nitrógeno	15
CONCLUSIONES	17
REFERENCIAS	18

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

	Pág.
Cuadro 1. Productividad del ajo cv. Tocumbo bajo diferentes dosis de nitrógeno	14
Cuadro 2. Rendimiento (Rend), eficiencia en el uso del agua (EUA) y eficiencia en el uso de nitrógeno (EUN) en ajo cosechado en la Costa de Hermosillo.	16
Figura 1. Efecto de diferentes dosis de fertilización con nitrógeno sobre el rendimiento de Ajo cv. Tocumbo.	15

RESUMEN

A fin de evaluar la respuesta de ajo a varios niveles de fertilización nitrogenada, un experimento de campo fue realizado en el Campo Experimental de la Universidad de Sonora durante la época 2009/2010. Se evaluó el rendimiento y calidad de ajo cv. Tocumbo de acuerdo a la aplicación de cinco dosis de nitrógeno (30, 120, 180, 240 y 300 kg N ha⁻¹) en un diseño experimental completamente al azar repetido tres veces e irrigado bajo riego por goteo. La dosis de 30 kg N ha⁻¹ fue considerada el control. La siembra se realizó en surcos de 0.8 m a doble hilera con una separación dentro de la hilera de 8.0 cm y entre hileras de 12.5 cm. La dosis del control (T0) correspondió a la cantidad de N encontrado en el análisis del suelo. Las otras dosis (restándole la dosis del testigo) fueron fraccionadas en cinco aplicaciones (1 de octubre, 19 de noviembre y 21 de diciembre de 2009, 19 de enero y 15 de febrero de 2010). La cosecha se realizó del 12 al 16 de abril de 2010. La lámina de riego aplicada en todo el ciclo fue de 71 cm. El peso y diámetro de bulbo tuvieron significancia pero no el número de dientes. El peso y diámetro de bulbo promediaron 68.5 g y 57.7 mm, mientras que el número y peso de dientes promediaron 14.4 y 4.8 g respectivamente. El rendimiento más alto fue logrado con 180 kg N ha⁻¹, 22 t ha⁻¹, comparado a 15.8 y 21.8 t ha⁻¹ obtenidas con 30 y 300 kg N ha⁻¹, respectivamente. El tratamiento con 180 kg N ha⁻¹ produjo los más altos valores de EUA y EUN. La eficiencia en el uso del agua fue de 3.01 kg ajo m⁻³ de agua aplicada. Asimismo, la eficiencia en el uso de nitrógeno fue de 34.35 kg ajo kg⁻¹ N aplicado.

Palabras clave: Rendimiento, calidad, eficiencia en el uso del agua, eficiencia en el uso de nitrógeno.

INTRODUCCION

México se encuentra entre los principales productores y exportadores de hortalizas en el mundo, se ubica en el cuarto lugar a nivel mundial y el primero en el continente. Otros exportadores de gran peso son: Países Bajos, España, China, Francia, Bélgica y Canadá; los diez principales productores de hortalizas suman alrededor de 70% de la producción de hortalizas en el mundo (Financiera Rural, 2008). La producción en los estados de la región noroeste del país tiene una fuerte dinámica productiva. Sinaloa, Baja California Norte, Sonora y Chihuahua poseen esquemas productivos caracterizados por cultivos de alto valor y elevado volumen de producción.

El ajo (*Allium sativum* L.), además de ser considerado como una hortaliza, es uno de los cultivos de bulbo más importantes y usado como especie o condimento y recientemente su uso medicinal se ha incrementado alrededor del mundo. Junto con el ajo, muchos de los otros *Alliums*, incluyendo a cebollas y puerros, tienen su origen en las regiones montañosas de Asia Central (Meredith, 2008).

Después de la cebolla, el ajo es el segundo *Allium* más cultivado. El bulbo, compuesto de dientes, es usado principalmente para sazonar carnes, pescados, salsas y ensaladas, crudo o cocido, y más recientemente, es forma deshidratada. Además de los bulbos, los tallos florales jóvenes, y aun la planta verde, son usados también en España, China e Indonesia (Grubben y Denton, 2004).

Según datos de la FAO, en el 2009 se cosecharon más de 1, 200,000 ha de ajo, las que produjeron alrededor de 16, 000,000 toneladas con un rendimiento mundial promedio de 13.4 t ha⁻¹ (FAO, 2011). Con un rendimiento promedio menor que este, en México se obtuvo un rendimiento comercial promedio de 9.75 t ha⁻¹ resultado de una producción de 45,178 t en una superficie de 4,632 ha (SIAP, 2010), ocupando el estado de Zacatecas un 19.9% de la superficie y Sonora el 8% de dicha superficie.

La Costa de Hermosillo presenta condiciones edafoclimáticas que favorecen el desarrollo de este cultivo y debido a la rentabilidad que ofrece el mismo puede ser considerado como un cultivo alternativo para esta región.

En trabajos previos en el cual se evaluaron diferentes variedades y volúmenes de agua, se determinó que el cultivo de ajo puede ser una alternativa de producción para esta región y debido a que existe escasa investigación sobre una apropiada fertilización nitrogenada de este importante cultivo, se plantean los siguientes

Objetivos:

1. Evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de ajo bajo condiciones de la Costa de Hermosillo.
2. Determinar la eficiencia en el uso del agua.
3. Determinar la eficiencia en el uso de nitrógeno.

LITERATURA REVISADA

Antecedentes generales del ajo

El ajo (*Allium sativum* L.) pertenece a la familia Liliaceae. Según García (1998), el ajo es una planta bianual y resistente al frío cuyas raíces son blancas, fasciculadas y no ramificadas. Es de enraizamiento superficial, con el 80% de las raíces a los 30 cm. Debido a que el ajo es una planta bianual, entre cada ciclo de crecimiento éste entra a un estado latente durante el cual le es imposible germinar para formar una nueva planta (García, 1998). La raíz es superficial semejante al que tiene la cebolla: nacen de la base de los dientes y durante el cultivo se encuentran a una profundidad de 30 cm en su mayor concentración (Terán, 1998).

Requerimientos del cultivo

La formación del bulbo está en relación con las condiciones ambientales. Si las temperaturas se mantienen por arriba de 20 °C durante la etapa vegetativa primaria no hay formación de bulbos, en cambio, si los dientes o las plantas en crecimiento reciben bajas temperaturas (entre 0 y 10 °C durante 1-2 meses) la bulbificación es luego acelerada por altas temperaturas y días largos (Luro, 1982).

El ajo se cultiva mejor en suelos fértiles, con buen drenaje y altos en materia orgánica. Los ajos que son cultivados en suelos pesados o arcillosos tienden a tener malformaciones y mal desarrollo. El incorporar composta o materia orgánica como el estiércol en este tipo de suelo puede ser beneficioso. El pH óptimo del suelo para el cultivo de ajo es entre 6 y 7. Antes de sembrar, hay que labrar bien el suelo para facilitar el desarrollo de los bulbos (Everhart y col., 2003).

Producción comercial del ajo

El ajo es una especie cuyo desarrollo se produce en dos fases. La primera tiene una duración aproximada de cuatro meses y corresponde solamente a un crecimiento de

tipo vegetativo. La segunda etapa, de formación del bulbo, ocurre durante un período de tres meses. Por esto, el período total de cultivo en el campo es de siete meses (Olmedo, 2003).

La densidad de plantación depende del método de siembra, tamaño y variedad de la semilla. La siembra se puede realizar en surcos a doble hilera o en camas desde cuatro hasta seis hileras, con un espaciamiento de 16 a 20 cm entre hileras y de 6 a 10 cm entre plantas (Calderón y col., 2003). La siembra se realiza depositando los dientes a una profundidad de 4-5 cm con la punta hacia arriba (Terán, 1998).

Humedad del suelo

El cultivo del ajo es tan sensible al déficit como al exceso de humedad del suelo, por lo que es recomendable un manejo de riego, capaz de mantener un nivel mínimo de humedad del 80-85% de la capacidad de campo durante todo el ciclo vegetativo de la plantación (ICE, 2009). Con el objetivo de garantizar el nivel de secado de las plantas para su cosecha, es necesario suspender el riego alrededor de 15 días antes de la misma, teniendo en cuenta las condiciones de suelo, clima y estado fitosanitario de la plantación, entre otros.

Fertilización

El ajo es un cultivo que puede responder en forma favorable o desfavorable a la aplicación de fertilizantes, o sea, es una planta muy sensible a los excesos o deficiencias de nutrimentos (Macías y col., 2010d). Los excesos de nitrógeno, no aumentan los rendimientos y calidad de ajo; sin embargo, sí provocan pérdida de calidad, ya que los bulbos se abren y además se alarga el ciclo vegetativo del cultivo. La extracción nutrimental por cada tonelada de ajo cosechada es 15 kg de N, 4 kg de P y 15 kg de K (Díaz de León y col., 2010).

Superficie sembrada de ajo a nivel Mundial

La superficie cultivada con ajos a nivel mundial pasó de 994,751 ha en 1999 a 1, 225,007 ha en el 2008, con una superficie de siembra de 230,256 nuevas hectáreas. Sin

embargo, su producción aumentó en 6, 696,758 t, pasando de 9, 720,276 t a 16, 417,034 t. Estas cifras muestran un aumento de los rendimientos promedio por hectárea a nivel mundial, que en el período pasaron de 9.8 t ha⁻¹ a 13.4 t ha⁻¹ (FAO, 2011). Según la superficie destinada a este cultivo, los principales productores de ajo en 2008 fueron China e India, con 694,040 y 147,000 ha, respectivamente. Argentina presenta la mayor superficie de ajos en América, alcanzando 15,600 ha en el año 2008. Le siguen Brasil, con 10,214 ha; Perú, con 7,974 ha, y Chile, con 1,044 ha (Eguillor, 2010).

Superficie sembrada de ajo en México

La producción comercial de ajo en México se remonta a mediados del siglo XX, en los últimos años se reportan superficies cultivadas superiores a las 7,000 ha, destacando el año de 1997 en donde se logró la superficie record con 9,400 ha sembradas, con un rendimiento promedio que ha oscilado entre 7.0 t ha⁻¹ en 1993, hasta 8.34 t ha⁻¹ reportadas en 2001 (Espinoza y col., 2003). Sin embargo, la superficie de siembra ha ido decreciendo, reportándose en el 2008, una producción de 50,015 toneladas en 5,035 ha, con un rendimiento de 9.93 t ha⁻¹ (FAO, 2009).

Superficie sembrada de ajo en Sonora

En Sonora, el cultivo de ajo es tradicionalmente producido en la parte de la sierra donde es establecido en pequeñas parcelas. Según estadísticas de la SAGARPA, la superficie cosechada de ajo en este Estado fue de 268 ha con una producción de 1,917 t dando un rendimiento de 7.15 t ha⁻¹ (SAGARPA, 2009).

Problemática del ajo

Entre los principales problemas que enfrenta el cultivo del ajo en México destaca la falta de variedades de alto rendimiento y de buena calidad tanto para el mercado nacional como el internacional (Macías y col., 2010b). Se ha demostrado que las variedades de ajo jaspeado, podrían ser una alternativa atractiva para los productores de Sonora, debido a que presenta varias características sobresalientes y sobre todo las que requiere el mercado de exportación. La variedad Tocumbo, desarrollada en Guanajuato, ya ha sido evaluada en esta región y ha mostrado muy buena adaptación, precocidad y

mayor rendimiento y calidad que el ajo morado regional. Bajo condiciones de riego por gravedad, se han logrado rendimientos de 10.0 t ha^{-1} en la región de Sahuaripa, Sonora (Valenzuela y col., 2005) y de 10.2 t ha^{-1} en la región de Arizpe, Sonora (Valenzuela y col., 2007) contra 4.8 y 6.7 t ha^{-1} respectivamente de la variedad de ajo morado regional. Bajo condiciones de riego por goteo, Sabori y col. (2007) evaluaron diferentes variedades de ajo en la Costa de Hermosillo y dentro de estas encontraron que la variedad Tocumbo produjo un rendimiento de 23 t ha^{-1} . Así mismo, Huez y col. (2009) obtuvieron hasta 27 t ha^{-1} utilizando la misma variedad de ajo.

Productividad del ajo

El éxito del cultivo del ajo, como en la mayoría de las hortalizas, está dado por la combinación de la productividad (t ha^{-1}) y de la calidad expresada fundamentalmente por el tamaño del bulbo (Aljaro y Escaff, 1976). El incrementar la productividad de los cultivos en las regiones áridas y semi-áridas es tan ampliamente reconocido como difícil. Una de las características de estas regiones y en especial en la zona costera de Sonora es la escasez de agua lo cual obliga a establecer sistemas que optimicen el uso del agua de riego. Los principios básicos para mejorar la productividad del agua en el campo, a nivel de finca o de cuenca que se aplican a todos los cultivos, tanto bajo condiciones de secano como de riego, son: i) incrementar los rendimientos comercializables de los cultivos por cada unidad de agua transpirada por este; ii) reducir todas las pérdidas (p. ej., drenaje, filtrado y percolación) incluyendo las pérdidas por evaporación distintas de la transpiración estomática de las plantas; y iii) incrementar el uso efectivo del agua de lluvia, del agua almacenada y del agua marginal de menor calidad (Kijne, 2003).

Eficiencia en el uso del agua

Uno de los retos más importantes para incrementar la productividad de los cultivos es incrementar la eficiencia en el uso del agua y de los fertilizantes. Entre las prácticas que tienen mayor incidencia sobre la productividad del ajo, están la fertilidad nitrogenada y el riego. El agua es uno de los recursos esenciales más importantes para la producción de cultivos. Influye profundamente en algunos procesos como la fotosíntesis, respiración, absorción, translocación y utilización de nutrientes y división celular. Tanto

su falta y exceso afecta el crecimiento y desarrollo de una planta directamente y, consecuentemente su rendimiento y calidad.

El riego es esencial para la producción agrícola en las regiones áridas y semi-áridas donde la lluvia es insuficiente para sustentar el crecimiento de los cultivos. Bajo condiciones de riego, la producción de un cultivo es maximizada conforme la capacidad de abastecimiento del riego es diseñado tradicionalmente para evitar déficit de agua aun en años secos y satisfacer la necesidad máxima de la evapotranspiración (Smith y col., 2002).

Obtener altos rendimientos por unidad de agua es uno de los retos más importantes en la agricultura bajo riego. La productividad del agua de la producción agrícola es sorprendentemente baja en muchas partes del mundo. El uso eficiente del agua y de aquí la productividad del agua puede ser mejorada utilizando sistemas de riego eficientes (Ali y Talukder, 2008).

El riego por goteo propone una mejora tecnológica importante, que contribuye a una mayor productividad y un mejor uso del agua de riego. Además, se ha demostrado que la fertilización nitrogenada tiene un gran efecto sobre el rendimiento y calidad del ajo. En la práctica los agricultores están utilizando el sistema de riego y fertilización por goteo, a fin de mejorar las eficiencias tanto de nitrógeno como de agua. A través de la fertigación la aplicación de los fertilizantes se realiza junto con el agua de riego.

La eficiencia en el uso del agua (EUA) es un aspecto especialmente importante donde las fuentes de agua para riego son limitadas o están disminuyendo y donde el agua de lluvia es un factor limitante. Adicionalmente, los incrementos en los costos de energía han hecho que muchos productores se pregunten como manejar los costos para maximizar la eficiencia de sus recursos hídricos (Stewart, 2001). El término eficiencia es usado para cuantificar la producción relativa a partir de un insumo dado. Refiriéndose al uso del agua de riego, la eficiencia puede ser definida de varias maneras, dependiendo de la naturaleza de los insumos y productos a ser considerado. Una manera alternativa de

caracterizar la eficiencia en el uso del agua por el cultivo es en términos de la parte comercial del cultivo producida por unidad de volumen de agua.

Para maximizar la eficiencia en el uso del agua de riego, es necesario conservar el agua así como promover un máximo crecimiento. El riego por goteo tiene un excelente potencial al incrementar las eficiencias de riego y del uso del agua del cultivo eliminando pérdidas por percolación profunda y escurrimiento y minimizando las pérdidas por evaporación (Ayars y col., 1999). Con el uso de la tecnología de riego presurizado, en la Costa de Hermosillo se ha incrementado el rendimiento de esta variedad, alcanzando desde 23 t ha^{-1} (Sabori y col., 2007) hasta 27 t ha^{-1} (Huez y col., 2009). Además de incrementar la eficiencia, el riego por goteo tiene otras ventajas sobre el riego por gravedad, que incluye un apropiado manejo de los nutrientes (Evans y Waller, 2007).

Eficiencia en el uso de nitrógeno

Además de ser el principal factor que limita el crecimiento y el rendimiento de los cultivos, el agua disponible también afecta la eficiencia en el uso del nitrógeno (EUN). Para una misma cantidad de N absorbido por el cultivo, el aumento en la disponibilidad de agua incrementa el rendimiento, respecto de una condición de menor disponibilidad hídrica. Esta situación produce en consecuencia, cambios en la EUN.

La fertilidad del suelo es otro de los componentes que afecta la eficiencia en el uso del agua. Un completo y balanceado programa de fertilidad ayuda a producir un cultivo con raíces que exploran más volumen de suelo por agua y nutrientes en menor tiempo (Stewart, 2001). Los fertilizantes solubles pueden ser aplicados a través del sistema de riego por goteo para proporcionar una fertilización uniforme del cultivo. La fertigación es usada comúnmente para abastecer nitrógeno ya que es altamente soluble y se mueve fácilmente a través del suelo a las raíces (Marr y Rogers, 1993). Una óptima fertilización nitrogenada mejorará la productividad y producirá más residuos de la cosecha los cuales, si son dejados en la superficie del suelo, reducirán la evaporación,

incrementará la infiltración del agua y reducirá la erosión por el viento, manteniendo por largo tiempo la productividad del suelo.

El cultivo del ajo es considerado hoy día como una de las hortalizas más rentable a nivel nacional. Sin embargo, los agricultores enfrentan dificultades para lograr buena calidad y rendimiento al no contar con una completa tecnología de producción que incluya los requerimientos de nutrientes. En este sentido, una buena recomendación de fertilización es clave para lograr producciones rentables. Entre los elementos nutricionales importantes en ajo y otros cultivos se encuentra el nitrógeno, que participa de forma activa en numerosos procesos metabólicos.

Se ha demostrado que la respuesta del ajo a la fertilización nitrogenada ha sido bien documentada en trabajos de investigación realizadas en distintas regiones productoras de ajo de México donde se han obtenido rendimientos que van desde 9.7 t ha⁻¹ para una densidad de 250,000 plantas ha⁻¹ en Guerrero (Pérez y col., 2005); en Chihuahua, de hasta 15.2 t ha⁻¹ con aplicaciones de 180 kg N ha⁻¹ a una densidad de 312,500 plantas ha⁻¹ (Acosta, 2008); sin embargo, en Guanajuato, Pérez y col. (2003) obtuvieron hasta 12.8 t ha⁻¹ con 280 kg N ha⁻¹ para una densidad de 317,000 plantas ha⁻¹ y para la misma región, Castellanos y col. (2004) obtuvieron rendimientos de 23 t ha⁻¹ y de 32 t ha⁻¹ cuando aplicaron 285 y 400 kg N ha⁻¹ respectivamente para una densidad de 300,000 plantas ha⁻¹ y Barrios y col. (2005) aplicaron una dosis de 464 kg N ha⁻¹ a una población de 300,000 plantas ha⁻¹ obteniendo un rendimiento de 29.3 t ha⁻¹; en Zacatecas, hasta 25 t ha⁻¹ cuando se aplican 180 kg N ha⁻¹ para una densidad de 400,000 plantas ha⁻¹ (Bravo, 2008).

Debido a que las perspectivas para los productores de ajo parecen ser buenas, a pesar de que cada día hay mayores países productores de esta hortaliza, el sector nacional ha estado trabajando arduamente para seguir manteniendo no solo la calidad sino también elevar los rendimientos que en promedio está cerca de las 8 t ha⁻¹ (CONAJO, 2009).

Sin embargo, hay pocas investigaciones que reportan el efecto de la fertilización nitrogenada a través de este sistema en la productividad del ajo para estas regiones. Uno de estos trabajos es el realizado en la región de Caborca por Macías y col., (2010a) donde aplicaron 180 kg N ha⁻¹ y obtuvieron rendimientos de hasta 14.7 t ha⁻¹ para una densidad de 250,000 plantas de ajo ha⁻¹.

MATERIALES Y METODOS

Sitio experimental

El experimento se realizó durante el ciclo 2009/2010 en el Campo Experimental de la Universidad de Sonora (29° 00'47" N, 110°08' 00" O) bajo condiciones de campo y utilizando un sistema de riego por goteo. Se utilizó una cinta de riego con tres emisores por metro lineal y gasto unitario de 1.0 L h⁻¹ por emisor (Aqua-Traxx_PC 8000, The Toro Company) instalada superficialmente en camas de 0.8 m de ancho por 20 m de largo.

Siembra y variedad

La semilla (dientes) fueron colocados a una profundidad de 5.0 cm a una separación entre dientes de 8.0 cm sembrados a doble hilera, separadas a una distancia de 12.5 cm entre ellas. La siembra se llevó a cabo manualmente el 15 de septiembre de 2009 y se utilizaron dientes de ajo de tamaño mediano (3.5 g promedio) de la variedad Tocumbo.

Tratamientos y diseño experimental

Se establecieron cinco tratamientos de fertilización nitrogenada usando como fuente fosfonitrato (33% N, 3.0% P): T0 (30 kg N ha⁻¹), T1 (120 kg N ha⁻¹), T2 (180 kg N ha⁻¹), T3 (240 kg N ha⁻¹) y T4 (300 kg N ha⁻¹). La dosis del testigo (T0) correspondió a la cantidad de N encontrado en el análisis del suelo. Las otras dosis (restándole la dosis del testigo) fueron fraccionadas en cinco aplicaciones (1 de octubre, 19 de noviembre y 21 de diciembre de 2009, 19 de enero y 15 de febrero de 2010). Los tratamientos fueron repetidos tres veces en un diseño experimental completamente al azar. Cada tratamiento consistió de cuatro surcos de 20 m de longitud y cada repetición midió 6.4 m² correspondiente a cuatro surcos de 2 m de longitud. La parcela útil consistió del área correspondiente a los dos surcos centrales de cada repetición (3.2 m²).

Manejo y cosecha del cultivo

No se presentaron problemas de plagas ni enfermedades. El deshierbe se hizo en forma manual. La cosecha se realizó del 12 al 16 de abril de 2010. La lámina de riego aplicada en todo el ciclo fue de 71 cm.

Parámetros evaluados

Los parámetros evaluados fueron: peso de bulbo (g), diámetro de bulbo (cm) y número de dientes. Con los promedios del peso de bulbo de cada repetición se determinó el rendimiento en $t\ ha^{-1}$ y con estos valores y la lámina aplicada se determinó la eficiencia en el uso del agua en $kg\ m^{-3}$. Adicionalmente se determinó la eficiencia en el uso de nitrógeno de acuerdo a los rendimientos obtenidos con las diferentes dosis de N aplicado en cada tratamiento comparado con el testigo. Esta eficiencia se determinó utilizando la fórmula propuesta por Baligar y col., (2001) con la cual determinan este parámetro como la eficiencia agronómica (EA) expresada como:

$$EA = \frac{(RendT - RendC)}{DN},\ kg\ kg^{-1}$$

donde $RendT$ es el rendimiento obtenido con el tratamiento fertilizado, $RendC$ es el rendimiento obtenido en el tratamiento no fertilizado y DN es la dosis de N aplicado al tratamiento. Los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SAS. La separación de medias fue realizada con la prueba de rango múltiple de Duncan con una probabilidad de 5%.

RESULTADOS Y DISCUSION

Rendimiento y calidad

Aunque el análisis de varianza (ANOVA) muestra un efecto significativo ($p < 0,0001$) sobre el peso y diámetro de bulbo de ajo (Cuadro 1), el número de dientes fue no significativo ($p = 0.2545$). El peso y diámetro promedio de bulbo del tratamiento sin aplicación de N (solamente con el N contenido en el suelo, 30 kg N ha^{-1}) fueron significativamente menores que en las parcelas fertilizadas. Los pesos y diámetros de bulbo de ajo aumentaron con el incremento en la dosis de N. Con dosis de 180 kg N ha^{-1} se obtuvo un peso promedio de bulbo de 70.49 g , estadísticamente igual a los 72.44 y 75.16 g obtenidos con 240 y 300 kg N ha^{-1} respectivamente. Mohammad y Zuraiqi (2003) encontraron que el peso de bulbo incrementó con el aumento de la dosis de N de cero a 120 kg N ha^{-1} y que dosis adicionales (180 kg N ha^{-1}) no lo incrementó significativamente. Por otra parte, Bratsch y col. (2009) encontraron mínimas diferencias en el peso de bulbo para dos dosis de nitrógeno (90 y 180 kg ha^{-1}).

En cuanto al diámetro de bulbo, y de acuerdo con la clasificación de calibres para Estados Unidos (Burba y Lanzavechia, 2003), el tratamiento con 30 kg N ha^{-1} produjo bulbos con diámetros promedio clasificados como jumbo (Calibre 7, $50\text{-}55 \text{ mm}$ de diámetro) y los tratamientos con mayores dosis de N produjeron ajos clasificados como extra jumbo (Calibre 8, $55.1\text{-}60 \text{ mm}$ de diámetro). Estos calibres son los preferidos por los consumidores y alcanzan los mejores precios en el mercado de exportación (Castellanos y col., 2004). Por otra parte, aunque el número de dientes no mostró diferencias significativas entre tratamientos, nuestros datos coinciden con los obtenidos por Macías y col. (2010a) quienes produjeron ajos con un promedio de 14 dientes para la variedad Tocumbo. Igualmente, el peso promedio de dientes fue de 4.5 g , el cual es considerado de buen peso para ser seleccionado como semilla.

En la Figura 1 se presentan los resultados experimentales del efecto de los tratamientos de fertilización con diferentes dosis de N sobre el rendimiento promedio. Su efecto fue altamente significativo ($p < 0.0001$). Se observó un incremento en el rendimiento debido la aplicación del fertilizante nitrogenado. En este estudio, el suelo con un contenido medio de nitrógeno de 30 kg ha^{-1} produjo un rendimiento de 15.78 t ha^{-1} . Este rendimiento fue significativamente menor que los tratamientos fertilizados. Se presentó una tendencia a un mayor rendimiento con el incremento de la dosis de nitrógeno. El mayor rendimiento fue obtenido con 180 kg N ha^{-1} (22.03 t ha^{-1}), siguiéndole 21.86 t ha^{-1} y 20.88 t ha^{-1} obtenidos con 300 y 240 kg N ha^{-1} , respectivamente. El rendimiento obtenido con 120 kg N ha^{-1} fue de 19.39 t ha^{-1} . La respuesta del ajo a la fertilización nitrogenada ha sido demostrada por otros investigadores. Buwalda (1986) determinó que ajos fertilizados entre 0 y 240 kg N ha^{-1} , la dosis de 120 kg ha^{-1} de N dio la mejor relación entre rendimiento y calidad en el cultivar California Late. Igualmente, García (1998) considera como aportaciones normales de este elemento $100\text{-}120 \text{ kg N ha}^{-1}$. Gaviola y Lipinski, (2005) encontraron que para obtener un rendimiento de 12 t ha^{-1} , el cultivo de ajo blanco debe extraer 160 kg ha^{-1} N. En otro estudio, ellos obtuvieron rendimientos promedios de 14.4 t ha^{-1} cuando, independientemente, incrementaron la dosis de N entre 225 y 300 kg N ha^{-1} (Lipinski y Gaviola, 2006). Kilgori y col. (2007) reportaron que incrementando la dosis de nitrógeno de 0 a 240 kg ha^{-1} aumentaron los rendimientos de 6.2 hasta 8.2 t ha^{-1} , alcanzando este último con 120 kg N ha^{-1} .

Cuadro 1. Productividad del ajo cv. Tocumbo bajo diferentes dosis de nitrógeno

Tratamiento	Peso de bulbo, g	Diámetro bulbo, mm	Número dientes
T0 (30 kg N ha^{-1})	50.50 c ¹	53.32 c	14.74 a
T1 (120 kg N ha^{-1})	65.22 b	56.66 b	15.55 a
T2 (180 kg N ha^{-1})	70.49 a	58.08 b	14.79 a
T3 (240 kg N ha^{-1})	72.44 a	58.41 ab	13.50 a
T4 (300 kg N ha^{-1})	75.16 a	60.29 a	13.73 a

¹ Promedios seguidos por iguales letras en cada columna no son estadísticamente diferentes entre si de acuerdo con Duncan ($p = 0.05$).

Eficiencia en el uso del agua

De acuerdo con el ANOVA, se observa que el efecto de los tratamientos a base de dosis de nitrógeno en la eficiencia del uso del agua de riego en el cultivo de ajo producen

diferencias altamente significativas ($p=0.0003$), es decir tienen eficiencias en el uso del agua, diferentes. En el Cuadro 2 se presentan las eficiencias en el uso del agua y de nitrógeno. De acuerdo con los rendimientos ($t\ ha^{-1}$) obtenidos y con el volumen de agua aplicada ($7100\ m^3\ ha^{-1}$) se obtuvo una eficiencia en el uso del agua de $2.2\ kg\ de\ ajo\ m^{-3}$ para el tratamiento con $30\ kg\ N\ ha^{-1}$. La eficiencia se incrementó a $2.96\ kg\ ajo\ m^{-3}$ en promedio para los tratamientos con mayor dosis de fertilización nitrogenada que T0. Estos valores son similares a los reportados por Bravo (2008) para la región de Zacatecas de $2.80\ kg\ de\ ajo\ m^{-3}$ de agua aplicada usando la tecnología del riego por goteo y la fertiirrigación y a los $2.95\ kg\ m^{-3}$ de Barrios y col. (2005) para la región de Guanajuato. Por otra parte, Tayel y col. (2010) obtuvieron una eficiencia de $3.29\ kg\ ajo\ m^{-3}$ de agua de riego.

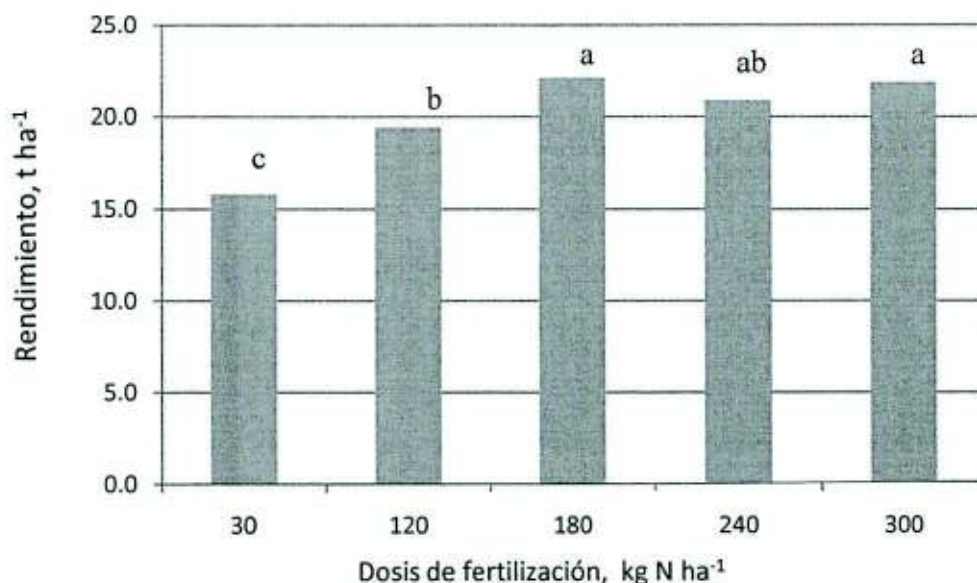


Figura 1. Efecto de diferentes dosis de fertilización con nitrógeno sobre el rendimiento de Ajo cv. Tocumbo.

Eficiencia en el uso de nitrógeno

Los datos ilustrados en el Cuadro 2 muestran un efecto significativo en la eficiencia en el uso de nitrógeno ($p= 0.0120$). De acuerdo con los valores de EUN, los tratamientos con mayores dosis de N tuvieron los valores más bajos de EUN. Mohammad y Zuraiqi (2003) también encontraron que el incremento en la dosis de N disminuyó la eficiencia en la utilización del fertilizante en ajo. Igualmente, Tayel y col. (2010) observaron este mismo comportamiento en ajo fertilizado con tres tipos de

inyectores. Similar a la EUA, la mayor eficiencia en el uso de nitrógeno fue el tratamiento fertilizado con 180 kg N ha^{-1} el cual obtuvo una eficiencia agronómica de $34.65 \text{ kg ajo kg}^{-1} \text{ N aplicado}$. Este valor es estadísticamente similar al del tratamiento con 120 kg N ha^{-1} . Se puede observar que conforme se incrementa la dosis de N la EUN disminuye. Esta disminución en la EUN puede traer como consecuencia una sobre fertilización de N que no siempre resulta en un rendimiento adicional sino puede incrementar las pérdidas de N.

Cuadro 2. Rendimiento (Rend), eficiencia en el uso del agua (EUA) y eficiencia en el uso de nitrógeno (EUN) en ajo cosechado en la Costa de Hermosillo.

Tratamiento	Rend, t ha^{-1}	EUA, kg m^{-3}	EUN, kg kg^{-1}
T0 (30 kg N ha^{-1})	15.78 c	2.20 c ¹	
T1 (120 kg N ha^{-1})	19.39 b	2.72 b	33.56 a
T2 (180 kg N ha^{-1})	22.03 a	3.10 a	34.65 a
T3 (240 kg N ha^{-1})	20.88 ab	2.94 ab	16.05 b
T4 (300 kg N ha^{-1})	21.86 a	3.08 a	14.37 b

¹ Promedios seguidos por letras iguales en cada columna son estadísticamente no diferentes entre sí de acuerdo con Duncan ($p = 0.05$).

² Este tratamiento fue utilizado para comparar los otros.

CONCLUSIONES

A pesar de que el rendimiento promedio de ajo presentó diferencias significativas entre los tratamientos, puede ser concluido que una aplicación mayor de 180 kg N ha^{-1} implica un costo adicional en la producción de ajo.

En cuanto a la calidad de la cosecha, la producción obtenida bajo este esquema dan tamaños promedio de bulbo de siete centímetros y 14 dientes por bulbo, que son muy aceptables para exportación. A la vez, esta producción puede ser utilizada como un banco de semilla debido a que presentan buenas características en cuanto al calibre y número de dientes obtenidos en cada bulbo de ajo.

Comparada con otras regiones productoras de ajo, el cultivo presentó altas eficiencias en el uso del agua y del fertilizante nitrogenado por lo que esta tecnología de producción puede ser recomendada para su utilización en esta región, aplicando una lámina de riego de 71 cm y una dosis de 180 kg N ha^{-1} .

REFERENCIAS

- Acosta, R. G., F.M Lujan, Q. R. Parra, 2008. Crecimiento y rendimiento de cultivares de ajo en Delicias, Chihuahua, México. *Agric. Tec. Méx.* 34:177-188.
- Ali M.H., y M.S.U. Talukder. 2008. Increasing water productivity in crop production— A synthesis. *Agric .Water Manag.* 95:1201-1213.
- Aljaro. U.A. y M. Escaff G. 1976. Fertilización nitrogenada y densidad de plantación en el cultivo de ajos (*Allium sativum* L.). *Agricultura Técnica (Chile)*. 36:63-68.
- ASERCA. 1999. El ajo mexicano, una historia de eficiencia y calidad. *Revista Claridades Agropecuarias* 68:3-16. Abril 1999. México.
- Ayars, J.E., C.J. Phene, R.B. Hutmacher, K.R. Davis, R.A. Schoneman, S.S. Vail, y R.M. Mead. 1999. "Subsurface drip irrigation of row crops: a review of 15 years of research at the Water Management Research Laboratory." *Agricultural WaterManagement*, Vol. 42, pp. 1-27.
- Baligar, V. C., Fageria, N. K. y He, Z. L. 2001. Nutrient use efficiency in plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32:921-950.
- Barrios, D. J., M. C. Larios, J. Z. Castellanos, G. Alcanzar, M. de las N. Mendoza, L. Tijerina y W. Cruz. 2005. Rendimiento y calidad de ajo con diferente manejo de riego por goteo. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. 11:23-239.
- Bravo, L. A. 2008. Ajo. Metodología de riego por goteo. Eficiencia y productividad. Disponible en: www.inifapzac.sagarpa.gob.mx
- Bratsch, T., R. Morse, Zheng-Xing Shen, y B. Benson. 2009. No-till organic culture of garlic utilizing different cover crop residues and straw mulch for overwintering protection, under two seasonal levels of organic nitrogen. Virginia Cooperative Extension. Dept. of Horticulture, Virginia Tech. Virginia State University.
- Burba, J.L. y S. Lanzavechia, 2003. Equivalencia internacional para calibres de ajo. Estación Experimental La Consulta. Proyecto ajo/INTA 068. La Consulta, Mendoza, Argentina. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/laconsulta/info/indices/tematica/ajo/DOC%20068%20E%20equivalencia%20%20Internacional%20para%20calibres%20de%20ajo.pdf>
- Buwalda, J.G. 1986. Nitrogen nutrition of garlic (*Allium sativum* L.) under irrigation components of yield and indices of crop nitrogen status. *Scientia Horticulturae* 29:69-76.

- Calderón, R. E., R. Serwatowsky, J. M. Cabrera y C. Gracia L. 2003. Siembra mecanizada del ajo: métodos y equipos. *Agrociencia*. 37:483-493.
- Cantwell, M., G. Hong, R. Voss, D. May, y B. Hanson. 2002. Production practices affect quality and composition of garlic. University of California. Ag & Natural Resources. Cooperative Extension. Central Valley veg crops report. Vol. 6, No. 1.
- Castellanos, J.Z., P. Vargas-Tapia, J.L. Ojodeagua, G. Hoyos, G. Alcantar-Gonzalez, F.S. Méndez, E. Alvarez-Sánchez y A.A. Gardea. 2004. Garlic productivity and profitability as affected by seed clove size, planting density and planting method. *HortSci*. 39:1272-1277.
- CONAJO. 2009. Plan rector sistema producto nacional ajo. Comité Nacional Sistema producto Ajo, A.C. Plan Rector 2009. Disponible en: <http://conajo.com.mx/index.htm>
- Díaz de León, T., C. A. Mejía y B. Hurtado G. 2010. Recomendaciones de fertilización para mejorar la nutrición de ajo. INIFAP. Campo Experimental Bajío. Fundación Guanajuato Produce, A.C. Disponible en: <http://www.inifap.gob.mx/circe/publigto/ajo.pdf>
- Eguillor, R.P. 2010. El mercado del ajo. Publicación de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias – ODEPA. Ministerio de Agricultura. Santiago de Chile.
- Espinosa Pozo M., S. Enríquez Reyes, A. Cervantes MacSwiney, M. González Castro, J. Ramos Nieves, K. Silva Arteaga. 2003. Plan estratégico de investigación y transferencia de tecnología. Cadena agroalimentaria de ajo. Etapa III. Trayectoria y prospectiva del mercado de ajo. Fundación Produce Querétaro. Disponible en: <http://www.cofupro.org.mx/Publicacion/Archivos/penit2.pdf>
- Everhart, E., C. Haynes y R. Jauron. 2003. El huerto doméstico. Guía de horticultura de Iowa State University. Disponible en: <http://www.extension.iastate.edu/pubs>
- Evans, R.G. and P.M. Waller, 2007. Application of Chemical Materials. Chapter 8. Microirrigation for Crop Production. F.R. Lamm, J.E. Ayers, F.S. Nakayama (eds). Elsevier. Pp. 285-327.
- FAO. 2009. FAOSTAT. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>

- Financiera Rural. 2008. La producción de hortalizas en México. Dirección General Adjunta de Fomento y Promoción de Negocios. Dirección Ejecutiva de Diseño de Programas y Productos. Disponible en: www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/.../Hortalizas.pdf
- García, C.R. 1998. El ajo, cultivo y aprovechamiento. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España.
- Gaviola, S. y V.M. Lipinski. 2004. Evaluación de rendimiento y nitratos en ajo cv.nieve INTA con riego por goteo. Agricultura Técnica (Chile). 64:172-181.
- Gaviola, S. y V.M. Lipinski. 2005. Ajo y Cebolla. Capítulo 23. Páginas 455-467. En: H.E. Echeverría y F.O. Garcia (eds.). Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Editorial INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Grubben, G.H., y O.A. Denton. 2004. Plant resources of tropical Africa 2. Vegetables. PROTA Foundation, Wageningen, Netherlands/Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands. 668pp.
- Huez M.A., F.A. Preciado, J. López E., A. Álvarez, J. Jiménez, P. Valenzuela. 2009. Productividad del ajo (*Allium sativum* L.) bajo riego por goteo en la Costa de Hermosillo, México. Biotecnia XI:3-12.
- ICE. 2009. Guía técnica para la producción del cultivo de ajo. Ice. Sistemas de riego, S.L. Zaragoza España Disponible en: <http://www.iceriegos.com/pictures/cultivos/4.pdf>
- Kijne, J. W. 2003. Descubrir el Potencial del Agua para la Agricultura. FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4525S/Y4525S00.HTM>.
- Kilgori, M.J., M.D. Magaji. y A.I. Yakubu. 2007. Productivity of two garlic (*Allium sativum* L.) cultivars as affected by different levels of nitrogen and phosphorus fertilizers in Sokoto, Nigeria. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. 2:158-162.
- Lipinski. V.M. y S. Gaviola, 2006. Evaluación del rendimiento y calidad de cultivares de ajo colorado fertirrigados con nitrógeno. Rev. FCA UNCuyo. Tomo XXXVIII. N° 2: 37-48.
- Luro, P. 1982. Cultivo de ajo colorado, análisis de costos y evaluación económica para una hectárea. Convenio IICA-CORFO-Río Colorado. Argentina.
- Macías D. R., R. Grijalva C., F. Robles C. 2010a. Productividad y calidad de variedades de ajo (*Allium sativum* L.) bajo condiciones desérticas en Caborca, Sonora. Biotecnia. XII (1):44-54.

- Macías, L.M., L. H. Maciel Pérez, H. Silos Espino. 2010b. "San Marqueño": Una nueva variedad de ajo blanco. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Vol.49:4-11.
- Macías, V. L., F.J. Robles, R. Velázquez. 2010c. Guía para que los productores de ajo. Selección en su semilla. Folleto para Productores Núm. 27. INIFAP-Fundación PRODUCE Aguascalientes, A.C. Disponible en: [http://www.aguascalientes.gob.mx/codagea/produce/FP27.html#PESO DEL BULBO](http://www.aguascalientes.gob.mx/codagea/produce/FP27.html#PESO_DEL_BULBO)
- Macías, V. L., C. Valadez M., y L.C. López. 2010d. Guía para cultivar ajo en Aguascalientes. Folleto para Productores Núm. 21. INIFAP-Fundación PRODUCE Aguascalientes, A.C. Disponible en: <http://www.aguascalientes.gob.mx/codagea/produce/21.htm#FERTILIZACION>
- Marr, Ch. y D. Rogers. 1993. Commercial vegetable production. Drip irrigation for vegetables. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Extension Service. Disponible en: <http://www.oznet.ksu.edu>
- Meredith, T. 2008. The complete book of garlic: a guide for gardeners, growers, and serious cooks. Timber Press. Portland, Oregon USA. pp. 25.
- Mohammad M.J. y S. Zuraiqi. 2003. Enhancement of Yield and Nitrogen and Water Use Efficiencies by Nitrogen Drip- Fertigation of Garlic. J. Plant Nutr. 26:1749-1766,
- Olmedo F. T. 2003. Curso: Producción de ajo. Proyecto Hortofrutícola "La Tirana". Departamento de Agricultura del desierto. Chile. Disponible en: <http://www.unap.cl/~agrodes/investigacion/latirana/cartillas/AjoTristan.pdf>
- Pérez, M. L., E. P. Alberto, S. Ayvar S. y E. Cevallos. 2005. Adaptación de cultivares de ajo Morado y blanco (*Allium sativum* L.) en Acatlán, Guerrero, México. Acta Universitaria. 15: 55-65.
- Pérez, M. L., P.M. García R., R. Ramírez M., J.L. Barrera. 2003. Evaluación de cultivares de ajo morado y blanco por su rendimiento económico e industrial en Irapuato, Guanajuato. Acta universitaria. 13(3):57-65.
- Sabori, R., G.A. Fierros, P. Valenzuela, L. A. Maldonado, M. Chávez. 2007. Evaluación de la productividad y calidad de variedades de ajo en riego por goteo. Memorias: 2^{do} Seminario-Demostración "Tecnología en la producción de ajo en la sierra de Sonora" INIFAP-Universidad de Sonora. Arizpe, Sonora. México.
- SAGARPA. 2009. Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable del Estado de Sonora. Concentrado Estatal (Desglose). Ciclo agrícola 2008/2009. Disponible en: <http://www.oeidrus-sonora.gob.mx/>

- SIAP. 2010. SAGARPA. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Avances de siembras y cosechas. Disponible en:
http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=50
- Smith, M, E. Fereres y A. Kassam. 2002. Crop water productivity under deficient water supply. FAO Project Activity in Support of the Global Water Action Plans. AGLW Water Management Group. FAO Home. Disponible en:
<http://www.fao.org/WAICENT/faoINFO/AGRICULT/agl/aglw/watermanagement/introduccion.stm>
- Stewart, W.M. 2001. Balanced fertilization increases water use efficiency. News & Views. A regional newsletter published by the Potash & Phosphate Institute (PPI) and the Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC). Disponible en:
[http://www.ipni.net/ppiweb/ppinews.nsf/\\$webcontents/736A94E12DC4646D85256A0300522826/\\$file/Water+Use+Efficiency.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/ppinews.nsf/$webcontents/736A94E12DC4646D85256A0300522826/$file/Water+Use+Efficiency.pdf)
- Tayel, M.Y., S.M. Shaaban, I. Ebtisam El-Dardiry, y Kh. Sabreen. 2010. Effect of injector types, irrigation and nitrogen levels on II- Garlic yield, water and nitrogen use efficiency. J. Amer. Sci. 6:38-46.
- Terán, Q.O. 1998. El cultivo de ajo. Centro de Información para el Desarrollo. CID. La Paz, Bolivia.
- Valenzuela C. P., J.M. Loaiza V., E. Valenzuela C., H. Núñez M. y A. Alvarez A. 2005. El ajo jaspeado, una alternativa para los productores de la sierra de Sonora. Revista Reconversión. 6:24.
- Valenzuela C. P., J.M. Loaiza V., E. Valenzuela C., H. Núñez M., A. Álvarez A. y J. López E. 2007. Comportamiento de genotipos de ajo en la región de Arizpe, Sonora. Memorias: 2^{do} Seminario-Demostración "Tecnología en la producción de ajo en la sierra de Sonora" INIFAP-Universidad de Sonora. Arizpe, Sonora. México.