

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE AGRONOMÍA

MEMORIA DE TITULO

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE AJO BAJO
RIEGO POR GOTEO

JUAN FRANCISCO PAIS LLANCA

SANTIAGO, CHILE, 2004

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
SUMARY	3
INTRODUCCIÓN	5
Objetivos	6
REVISION BBLIOGRÁFICA	7
Antecedentes generales del ajo	7
Requerimientos del cultivo	7
Producción comercial del ajo	8
Material de propagación	8
Densidad de plantación	8
Fertilización	8
Malezas, enfermedades y plagas	10
Cosecha	11
Riego por goteo	11
Riego por goteo subsuperficial	12
Problemática del riego en ajo	12
Evaluación económica	14
MATERIALES Y MÉTODO	15
Materiales	15
Ubicación del ensayo	15
Clima	15
Suelo	15
Fertilización	16
Cultivar a utilizado	17
Laterales de riego	17
Método	18
Tratamientos	18

Manejo del riego	19
Manejo del cultivo	20
Mediciones	20
Mediciones durante el crecimiento del cultivo	21
Mediciones al final del cultivo	22
Diseño experimental y análisis estadístico	23
Evaluación económica	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
Mediciones durante el desarrollo del cultivo	25
Diámetro de cuello y bulbo	25
Análisis por tratamiento	25
Análisis por ubicación en la cama por cada tratamiento	27
Acumulación de materia seca	28
Acumulación de materia seca por tratamiento	28
Acumulación de materia seca según ubicación en la cama por tratamiento	31
Mediciones efectuadas después de cosecha	35
Rendimientos	35
Distribución de categorías de clasificación	36
Balance hídrico	37
Evaluación de los proyectos	38
Costos e ingresos	38
Inversión inicial de los sistemas de riego	38
Costos de producción	39
Ingresos	40
Evaluación económica	41
Indicadores económicos de rentabilidad	41
Análisis de sensibilidad	42
CONCLUSIONES	44
LITERTURA CITADA	45
APÉNDICE I	51

APÉNDICE II	53
APÉNDICE III	54
APÉNDICE IV	57
ANEXO I	61

RESUMEN

Con el propósito de conocer el comportamiento y rentabilidad del cultivo de ajo bajo riego por goteo, se realizó una evaluación técnica y económica de cuatro configuraciones de riego por goteo. El ensayo se realizó en un predio ubicado en la ciudad de Llay-lay perteneciente a la provincia de San Felipe, V Región. El cultivo se desarrolló entre los meses de mayo y noviembre del 2003.

Las cuatro configuraciones de riego por goteo se distribuyeron en un diseño experimental completamente al azar con 8 repeticiones. La unidad experimental consistió en una mesa de cultivo de 1,47 m de ancho por 50 m de largo. Los tratamientos consistieron en instalación de dos o tres tuberías de goteo por cama sobre el suelo o enterradas a 20 cm.

Para la evaluación técnica se midieron parámetros de crecimiento como diámetro ecuatorial del bulbo y producción de materia seca. Además se midieron variables de rendimiento como la producción de bulbos cosechados y la distribución de tamaño de éstos.

En cuanto a la evaluación económica, cada configuración de riego se planteó como un sistema de riego, determinado los costos que implicaría la instalación de estos sistemas en la realidad. Para determinar la configuración más rentable se utilizaron indicadores de rentabilidad como el valor actual neto, tasa interna de retorno, relación beneficio costo y periodo de recuperación de la inversión. Además, se realizó un análisis de sensibilidad.

Desde el punto de vista técnico no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos a excepción de la acumulación de la materia seca total. Las variaciones observadas podrían ser explicadas por las diferentes precipitaciones que entregaban los tratamientos. Tres tuberías de goteo en superficie generan un frente de

mojamiento lateralmente homogéneo pero llega a menor profundidad. En tanto los tratamientos con dos tuberías de goteo por tener un mayor tiempo de riego logran una mayor lámina aplicada en el punto de goteo, llegando a profundidades adecuadas. El rendimiento promedio obtenido fue de 15,8 ton ha⁻¹, del cual un 79% corresponde a ajo con calidad de exportación; todos los tratamientos presentaron igual distribución de calibres.

Al evaluar económicamente los tratamientos el mejor evaluado fue el de dos tuberías de goteo por cama, enterradas a 20 cm. En este se maximizaron los recursos, ya que utilizó menos tuberías por cama y al estar enterradas no sería necesario su recambio a la mitad del proyecto por deterioro. Al realizar un análisis de sensibilidad se observó que los proyectos son más sensibles a la baja de los precios de venta, que al alza de insumos.

Palabras claves: Riego tecnificado, Riego goteo subsuperficial, *allum sativum*.

SUMMARY

During the 2003 – 2004 season a study comparing four drip irrigation configuration on garlic, was performed in Llay-llay, located in the central part of Chile. The objective of study was to compare the yield and profitability of garlic grown under two surface and two subsurface drip irrigation systems.

The four irrigation configuration were distributed in completely random experimental design with 8 replications. A cropping bed of 1,47 m wide and 50 m long composed the experimental unit, on which 2 or 3 drip tubing were installed, either on top of the soil or buried at 0,20 m under ground. To compare the productivity of the different treatments, total, bulb and leaf dry matter as well as equatorial diameter of the bulb were evaluated. Whereas to compare yield, total weight, and total weight at different commercial sizes were measured. To compare the economical differences between treatments, each configuration was considered as an independent design over 10 ha. For each design an economical evaluation using standard economical parameters and sensibility analysis was performed, discriminating for the most profitable configuration.

Besides total dry matter, no significant statistic differences in terms of yield were found between treatments. This result could be explained by the differences in wetted soil depth, reached under each irrigation configuration. The 3 drip tubing systems generated a more homogenous and less deep wetting front compared to the two drip tubing configuration, which reached more depth under similar applied water volumes, due to fewer application points. The average yield for all treatments was $15,8 \text{ t ha}^{-1}$, of which 79 % was exportable quality, all treatment showed equal size distribution.

In terms of the economical evaluation of the four drip configurations, the one with two buried drip tubing per bed had the best results since the invested resources were maximised using less tubing. In addition a longer life of the tubing is expected since they

are buried under ground. the sensibility analysis showed that the projects are mere sensitive to drop in the garlic sales price to increases in the cost of the production supplies.

Key word: Drip irrigation, Subsurface irrigation, *Allium sativum*.

INTRODUCCIÓN

Chile presenta un gran potencial para la producción de hortalizas. Actualmente se cultivan alrededor de 100 mil hectáreas de la superficie bajo riego (Chile-INE, 1997), lo que corresponde al 10 % de la superficie regada. La superficie destinada al cultivo de ajo, se ubica principalmente en la I, V, RM, VI y VII regiones, donde se concentra el 86,5% de la superficie destinada a este cultivo (Chile-INE, 1997). No obstante el ajo se puede cultivar desde la I Región hasta XII Región.

El ajo producido en Chile tiene una alta demanda tanto en el mercado nacional como internacional. El mayor auge de la exportación fue durante la década de los setenta. Luego, en la década siguiente se produjo un retroceso de la producción debido al deficiente manejo en aspectos relacionados con la selección del bulbo-semilla y riego, entre otros. A partir de los años noventa y hasta la actualidad se ha observado un repunte en la producción y exportación, debido a la introducción de material genético de mayor potencial productivo.

Pese a esto, en el cultivo del ajo, como también en el grueso de las hortalizas cultivadas en Chile, se han adoptado lentamente las nuevas tecnologías como la utilización de sistemas de riego tecnificado. Estos equipos, además de permitir un mejor aprovechamiento del agua permiten aumentar los rendimientos y la calidad del producto final. Por esta razón se plantearán los siguientes objetivos para el desarrollo de esta memoria.

Objetivos

Objetivo general

- Evaluar el cultivo del ajo bajo diferentes configuraciones de riego por goteo.

Objetivos específicos

- Evaluar calidad y rendimientos de ajos obtenidos bajo cuatro configuraciones de riego por goteo.
- Evaluar los sistemas de riego a través de la calidad y el rendimiento del cultivo de ajo, obtenido para cada configuración.
- Evaluar la viabilidad económica de implementar esta tecnología de riego en el cultivo del ajo.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Antecedentes generales del ajo

El ajo (*Allium sativum* L.) pertenece a la familia Liliaceae, subfamilia Allioidae, originaria de Asia Central y del Mediterráneo (Giaconi y Escaff, 1999). 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). Además, el ajo requiere de horas frío para la formación del bulbo. El rango óptimo de temperatura para obtener plantas capaces de desarrollar bulbos es entre 5 a 10 °C (Messiaen, 1975; citado por García, 1998).

Requerimientos del cultivo

El ajo, requiere de rangos de temperaturas específicos para cada etapa de desarrollo. Es decir, clima fresco a frío durante su primer estado de desarrollo y caluroso y luminoso desde que comienza a formarse el bulbo hasta la cosecha, siendo la temperatura un factor decisivo en la formación de bulbos (Giaconi y Escaff, 1999).

En cuanto al suelo Maroto (1986) y García (1998) señalan que el ajo es un cultivo que presenta gran plasticidad. Debido a su escaso desarrollo radical, se adapta a diferentes tipos de suelo. Cabe señalar, que el óptimo se logra en suelos provistos de una buena

dotación de materia orgánica, pH entre 6 y 7 y buen drenaje ya que el ajo es sensible al exceso de agua.

Producción comercial del ajo

Material de propagación

El ajo se produce comercialmente por propagación vegetativa por medio de bulbillos, en los cuales la calidad sanitaria y tamaño son fundamentales para lograr éxito en la producción (Aljaro, 1991a). Burba (1992), Giaconi y Escaff (1999) y Aljaro (1991a) señalan que al aumentar el tamaño de los bulbillos para semilla, se logran aumentos en el calibre y rendimiento total a cosechar, recomendándose bulbillos semilla de 4 g o superior.

Densidad de plantación

Las opiniones sobre la densidad óptima de plantación han cambiado a lo largo del tiempo. Aljaro (1980) y Giaconi (1983) recomendaban densidades entre 600 mil a 900 mil plantas por hectárea, distribuidas en camellones de 70 cm de ancho, en los cuales 30 cm estaban destinados para 2 a 4 hileras de ajos y el resto se utilizaba para la distribución del agua de riego. Las altas densidades proporcionaban altos rendimientos pero de baja calidad, debido a la disminución del tamaño del bulbo. Sin embargo, actualmente se recomiendan densidades de 300 mil plantas por hectárea o menos, plantándose camellones con hilera simple o doble, mejorando el tamaño de los bulbos, pero con bajas considerables de rendimientos. (Aljaro, 1991b; Báez, 1998)

Fertilización

El ajo es un cultivo de requerimientos medios a bajos de nitrógeno, en comparación al resto de las hortalizas. Autores como Ruiz (1985) recomiendan 150 kg de N ha⁻¹, para

densidades de 600 mil plantas por hectárea, con rendimientos de 11 t ha^{-1} . En cambio Navarrete (1988) señala que para rendimientos de 17 t ha^{-1} es necesario aplicar $240 \text{ kg de N ha}^{-1}$ para una densidad igual a la antes señalada.

Según Escaff y Aljaro (1982) no hay respuesta a la fertilización fosfatada si existen niveles de P- Olsen de más de 17 ppm y en el caso del potasio como K-intercambio sobre 70 ppm, obteniéndose rendimientos de 11 t ha^{-1} . En cambio Rodríguez (1993) señala que para hortalizas como el ajo, es necesario asegurar buena disponibilidad de fósforo y potasio ya que son de ciclo corto, se espera alta productividad, poseen una menor densidad radicular y baja exploración en profundidad. Es por esto que recomienda niveles de suministro del suelo mas altos, con valores de P- Olsen sobre 30 ppm y Potasio como K-intercambio sobre 180 ppm.

De presentar el suelo los niveles de suministro adecuados, sólo se realiza fertilización de mantención. Si el suelo presenta valores bajo los niveles de suministro, es necesario primero realizar una fertilización de corrección para llegar a los niveles de suministro adecuados y luego suplir la extracción del cultivo en la temporada (Rodríguez, 1993).

El ajo bajo fertirriego logra mayores rendimientos debido al aumento de la eficiencia de fertilización. Otra ventaja del uso de riego tecnificado es que, existe más superficie útil para el crecimiento de las plantas en comparación a un riego por surcos, por lo que es posible aumentar las densidades sin pérdida del tamaño del bulbo. Consecuentemente es necesario aplicar mayores niveles de fertilización. Catellanos *et al.*, (2001, 2002) lograron obtener rendimientos de 39.7 ton ha^{-1} , con una densidad de 600 mil plantas por hectárea aplicando mediante fertirriego 400 kg ha^{-1} de N.

Para realizar una adecuada fertirrigación y mejorar la eficiencia de fertilización es necesario saber cual es el ritmo de absorción de los nutrientes por parte del cultivo. Para

conocer esta información es preciso realizar curvas de extracción de los nutrientes a lo largo del cultivo. Para el ajo existen curvas de extracción para Nitrógeno, Fósforo y Potasio que se presentan en el Anexo I.

Malezas, enfermedades y plagas

El período crítico es la etapa de crecimiento en que el cultivo debe estar libre de malezas para evitar una reducción de rendimientos por competencia. En el cultivo del ajo corresponde al periodo entre la emergencia y el quinto mes de desarrollo, lo cual es el 70% de todo el periodo de desarrollo (Ramírez, 1991). En cuanto al control de malezas, es generalmente del tipo mixto, es decir, la utilización de herbicidas en los primeros estadios del cultivo y luego la realización de 2 a 3 limpiezas manuales, según la presión de las malezas (Pereira, 1994).

Las principales enfermedades que atacan al ajo según Bruna y Fernández (1991) y Giaconi y Escaff (1999) son el moho azul (*Penicillium corymbiferum*), fusariosis o pudrición basal (*Fusarium oxysporum*) y roya o polvillo (*Puccinia alli*). De las cuales las dos primeras se controlan haciendo tratamientos a la semilla y la última con asperjacion al cultivo. Además se debe señalar que la incidencia del nemátodo del tallo de los bulbos (*Dytilenchus dipsaci*) puede causar daños en un 30 a un 80% de los rendimientos. Esta es una plaga de difícil control (Giaconi y Escaff 1999)

González (1989) y Larraín (1991) señalan que la plaga más relevante en el cultivo del ajo es el trips de la cebolla (*Thrips tabaci*), el cual ataca raspando los primordios foliares para liberar la savia que luego succionará. En condiciones de sequía o estrés hídrico de la planta, los ataques se intensifican llegando a acabar con la totalidad del cultivo (Larraín, 1991).

Cosecha

Según García (1998) el momento de cosecha se alcanza con un 90% del follaje seco, en cambio Aljaro (1989) señala que el momento adecuado es cuando el 30 a 50% del follaje está seco. Además, Aljaro (1989) sugiere otros criterios: cuando el conjunto de hojas envolventes del bulbo presente alrededor de 2,5 mm de grosor o bien que el cociente entre diámetro ecuatorial del bulbo el diámetro del cuello, sea entre 3,5 y 4.

El proceso de recolección en Chile es del tipo mixto, es decir, la arranca de los ajos se realiza con una herramienta de escarda a tracción animal o mecánica, para luego ser recogido e hilarado en forma manual (Giaconi y Escaff 1999).

Riego por goteo

El riego tecnificado en cultivos intensivos se ha convertido en una práctica común en la producción agrícola mundial, siendo una de las innovaciones tecnológicas de más rápido crecimiento en el último tiempo. Esto ha permitido la incorporación de extensas zonas con suelos marginales o donde el agua es escasa, aumentando así la superficie cultivada.

Las ventajas que puede presentar el riego por goteo son: el uso eficiente de agua en comparación a otros sistemas de riego tecnificado, los fertilizantes, insecticidas u otros compuestos químicos pueden ser aplicados directamente a través de la línea de riego, la distribución del agua es más homogénea en todo el cultivo y evita las pérdidas de suelo por erosión que ocasionan los riegos tradicionales (Burt y Styles, 1999 y Ferrada y Fernández, 1999).

En cuanto a las desventajas se puede citar el alto costo de la implementación inicial del sistema, el riesgo de taponamiento de los emisores y se requiere de mano de obra especializada para el manejo del equipo.

Riego por goteo subsuperficial

El riego por goteo subsuperficial (RGS) no es un sistema muy conocido en Chile y, por consiguiente, poco utilizado. El RGS es un sistema de riego por goteo en el cual las laterales de riego van enterradas a una profundidad determinada según tipo de suelo y cultivo. Este sistema puede presentar beneficios adicionales a los que ya tiene el riego por goteo en superficie. Burt y Styles (1999) y Lamm (2002) señalan como ventajas: la disminución de la evaporación de agua desde la superficie del suelo y baja incidencia de malezas. Al encontrarse menos agua libre sobre el suelo, el riesgo de enfermedades es menor, además, debido a que hay menos piezas del sistema de riego expuestas, se reduce el daño de ellas por maquinaria o por labores manuales de escarda.

Dentro de las desventajas o problemas de este sistema se pueden mencionar que existen pocos indicadores visuales del buen funcionamiento y mayor dificultad al momento de hacer mantenimiento. Al detenerse el ciclo de riego existe la posibilidad de que el suelo entre a los emisores, por el vacío que ocurre en ese momento, por lo que es más probable que se obturen los goteros. Otro problema es el “efecto Chimenea”, es decir, que se forme un canal desde el emisor a la superficie del suelo generando una vía preferencial del agua provocando desuniformidad en los bulbos de mojado (Burt y Styles, 1999).

Problemática del Riego en Ajo:

Según Báez (1998) y Pereira (1994) en Chile el 100% de los productores realizan el riego del ajo mediante surcos. Esto se debe a que el ajo se planta en hileras por lo que el riego por surcos resulta adecuado. Sin embargo, al utilizar este sistema la superficie efectiva, es decir, la superficie real donde se desarrollan las plantas es de un 42% dejando el resto para el paso del agua. Debido a esto las densidades de plantación deben reducirse para obtener tamaños de bulbos adecuados para exportación.

En la totalidad de los casos, el manejo del riego se hace con escasa base técnica ya que la frecuencia y cantidad de agua a aplicar se definen sobre la base de una apreciación subjetiva. Si bien las raíces del ajo pueden llegar hasta los 60 cm de profundidad, el 80 % del agua extraída se concentra en los primeros 20 cm (Navarrete, 1988). Al considerar los primeros 20 cm como reservorio de agua, en riego por surco, se requeriría riegos más frecuentes que los que realizan los agricultores normalmente, lo implica que es probable que la planta en varias oportunidades a lo largo del desarrollo estará bajo estrés hídrico.

Ferreya y Peralta (1991) señalan que cuando las precipitaciones no suplen los requerimientos de agua del cultivo en invierno y no se realizan riegos para suplirlos, los rendimientos podrían disminuir hasta en un 39%.

Las necesidades globales de agua del ajo son $2.600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Niel y Zunino, 1974; citado por García, 1998). A su vez Navarrete (1988) señala que obteniendo 17 t ha^{-1} las necesidades de agua del ajo son $2.800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Berzoza y Chávez (2001) compararon riego por goteo con riego gravitacional. En el caso de riego gravitacional se obtuvieron rendimientos de $11,2 \text{ t ha}^{-1}$ con un consumo de $10.200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de agua y para riego por goteo el rendimiento fue de 16.5 t ha^{-1} con un consumo de $7.900 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de agua. Observándose claramente una mayor eficiencia en el uso del agua en el riego por goteo, ya que se utilizó menos agua y, además, aumentaron los rendimientos en un 47%.

Evaluación económica

El mercado del ajo en Chile ha experimentado cambios en los últimos 6 años. Los cambios se deben principalmente a la baja que han experimentado sostenidamente los precios de este producto, tanto en el mercado interno como en el mercado de exportación, registrándose en este último año bajas de un 26 % en comparación a años anteriores (CHILE-ODEPA, 2004).

A pesar de los bajos precios que se registran, los volúmenes de exportación han aumentado considerablemente, siendo actualmente México el principal comprador. Además, debido a la firma de acuerdos de libre comercio con Estados Unidos y la Unión Europea, se abren posibilidades de aumentar los volúmenes exportados y por lo tanto de incrementar la superficie cultivada con esta hortaliza (Tapia, 2003).

Debido a la tendencia de precios bajos y al aumento de los volúmenes de exportación se hace necesario, para poder competir, producir más eficientemente aumentando los rendimientos por hectárea. Para lograr esto es necesario invertir en tecnología, como la instalación de sistemas de riego tecnificado. Sin embargo, debido a que los recursos financieros son limitados, es necesario evaluar si tal inversión es económicamente viable (Gómez, 2004).

Para evaluar económicamente un proyecto existen varias herramientas y criterios, pero éstos deben utilizarse en conjunto, ya que se complementan. Basarse en un sólo indicador resulta arriesgado. La evaluación permite por ejemplo conocer en cuanto tiempo se recuperará la inversión, la relación entre el capital invertido y el capital recuperado, obtener todos los ingresos y egresos futuros transformados en moneda actual y observar el comportamiento del proyecto en diferentes escenarios críticos (Gómez, 2004).

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Ubicación del ensayo

El ensayo se realizó durante la temporada 2003- 2004 en un predio ubicado en la V Región, provincia de San Felipe, comuna de Llay Llay, Latitud 32° 51' 16" y Longitud 70° 57' 45".

Clima

Llay llay se encuentra ubicado en una zona de clima templado Mesotermal Estenotérmico Semiárido. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían en promedio, entre una máxima media en enero de 28,2 °C y una mínima media en julio de 4,4 °C. El período libre de heladas es de 231 días, con un promedio de 11 heladas por año. Anualmente, se registran 1.621 días grado base 10° y 1.147 horas de frío base 7°. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 419 mm, un déficit hídrico de 997 mm y un período seco de 8 meses. Además, este distrito se caracteriza por veranos calurosos y secos, e inviernos fríos, correspondiendo al clima tipo del valle central (Santibañez y Uribe, 1992).

Suelo

El suelo donde se estableció el ensayo está dentro de la familia franco arenosa y gruesa mixta, termic de los Typic Xerorthent y pertenece a la Serie Vichiculen, de origen sedimentario, granítico, delgado a moderadamente profundo, con clase textural superficial

franco arenosa fina. Presenta un substrato arenoso entre los 42 y 73 cm (Chile-CIREN, 1997).

Previo al establecimiento del cultivo se realizó una caracterización física y morfológica del perfil, determinándose la textura a través del método de Bouyocus, densidad aparente por el método del cilindro y la curva de retención de agua con olla y plato a presión. Los datos obtenidos se detallan en el apéndice I.

Fertilización

Para elaborar la fórmula de fertilización primero se realizó un análisis de fertilidad para medir los niveles de fósforo y potasio disponibles en el suelo, (cuadro 1). El suministro de nitrógeno se estimó de acuerdo al residuo del cultivo anterior, el cual fue cebolla entregando 30 kg ha^{-1} de nitrógeno (Rodríguez, 1993).

Cuadro 1. Niveles de P_2O_5 y K_2O presentes en el suelo donde se realizó el ensayo.

Nutriente	Nivel	Unidad
P_2O_5	23	ppm
K_2O	178	ppm

Para estimar las necesidades de nitrógeno se utilizó un coeficiente de demanda propuesto por Ruiz (1985) y una eficiencia de fertilización de un 80% indicada para fertirriego (Román, 2001). Para fósforo y potasio primero se hicieron cálculos para la corrección, de los niveles en el suelo, utilizándose niveles críticos de 30 ppm para fósforo y 180 ppm para potasio; además como eficiencia de aplicación para fósforo y potasio se utilizó 0,6 y 0,9 respectivamente (Román, 2001). Finalmente para agregar los requerimientos de fósforo propios de la planta se utilizaron coeficientes de demanda propuestos por Castellanos *et al.* (2001, 2002).

Se aplicaron 300 unidades de nitrógeno, 120 unidades de P_2O_5 y 160 unidades de K_2O por hectárea. Todos los nutrientes fueron aplicados por el agua de riego dosificándose de acuerdo a las curvas de extracción del cultivo elaboradas por Ruiz (1985) y Castellanos et al (2001, 2002), presentadas en el anexo I. Las fertilizaciones se realizaron una vez a la semana a partir del mes de junio hasta octubre. La mezcla de fertilizantes fue inyectada al agua de riego, manteniendo un caudal de inyección constante durante todo el tiempo de riego. Los tipos de fertilizantes utilizados y el calendario de fertilizaciones se detalla en el Apéndice II.

Cultivar utilizado

Se utilizó ajo morado de la variedad Ger Foll o comúnmente conocido como “Ajo chino”, cuyas características son su alta precocidad, tamaño considerablemente mayor y altos rendimientos en comparación a variedades tradicionales (Mella, 2000).

Los bulbo-semilla provienen de la misma explotación en la cual se realizó el ensayo. Como semilla se seleccionaron bulbos de 50 a 55 mm de diámetro. Los cuales se desgranaron manualmente, luego separaron según tamaño y finalmente se desinfectaron.

Laterales de riego

Para todos los tratamientos se utilizó la misma lateral de riego. Esta fue una tubería de goteo marca A.I.P. que posee los goteros insertos en el interior de la pared, separados a 30 cm con un gasto de $1,4 \text{ L h}^{-1}$.

Método

Tratamientos

El ensayo se inicio con la siembra el 1° de mayo del 2003 y concluyó con la cosecha la segunda quincena de noviembre del 2003. Se establecieron camas de 1,47 m de ancho por 50 m de largo. Se utilizaron 34 camas; de las cuales 32 correspondían a los tratamientos y 2 para evitar el efecto borde, obteniéndose una superficie total de 2.500 m². En cada cama las plantas se establecieron en 7 hileras a 20 cm entre hilera y 9 cm sobre la hilera, con lo que en cada metro lineal de cama existía una población de 77 plantas. Obteniéndose finalmente una densidad de 523 mil plantas por hectárea

Los tratamientos fueron los siguientes sistemas de riego por goteo:

- Tubería de goteo enterrado con 2 laterales por cama (TGE2)
- Tubería de goteo enterrado con 3 laterales por cama (TGE3)
- Tubería de goteo sobre el suelo 2 laterales por cama (TGS2)
- Tubería de goteo sobre el suelo 3 laterales por cama (TGS3)

Las laterales de todos los tratamientos se espaciaron equidistantes entre si y la profundidad en la que se ubicaron los tratamientos enterrados fue de 20 cm. En la figura 1 se presenta un esquema de los tratamientos mostrando la ubicación de la tuberías de goteo con respecto a la ubicación de las plantas, para los cuatro tratamientos.

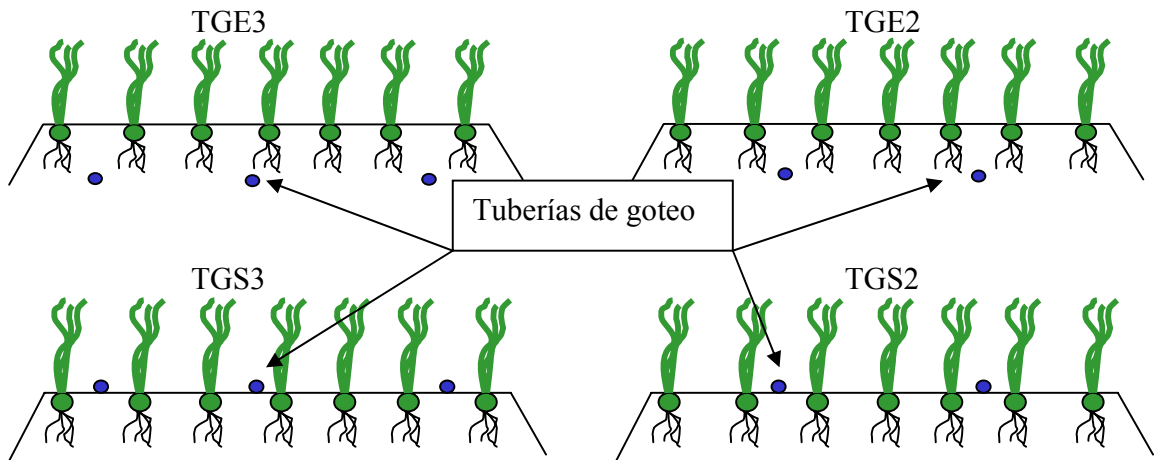


Figura 1 Esquema de los tratamiento de acuerdo a ubicación de las plantas y tuberías de goteo.

Cada tratamiento está representado por 8 camas y el arreglo aleatorizado de los tratamientos en la parcela se presenta en la Figura 2.

CAMAS																																	
B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	B
	TGS3	TGS3	TGE2	TGS2	TGE2	TGE3	TGE3	TGS2	TGS3	TGE2	TGS3	TGE3	TGE2	TGS2	TGS2	TGE3	TGS3	TGE3	TGE3	TGS3	TGE2	TGE2	TGS2	TGE2	TGS3	TGS2	TGE3	TGS2	TGS2	TGE3	TGE2	TGS3	

B = Borde

Figura 2: Esquema de distribución de los tratamientos en la parcela (no a escala)

Manejo del riego

La programación del riego fue a través de la reposición del agua evapotranspirada. Para determinar la evapotraspiración de referencia se instaló una bandeja de evaporación Clase A. Las lecturas de evaporación real se efectuaron a partir de la segunda semana de

agosto y los riegos comenzaron tres días después de la primera medición. Los coeficientes de cultivo y de bandeja se extrajeron de Doorenbos y Pruitt (1976).

Debido a que los tratamientos poseían diferentes números de tuberías de goteo las precipitaciones de los sistemas eran diferentes. Se realizó una medición de gasto de las tuberías de goteo en el ensayo para determinar la precipitación real que éstas presentaban. Se determinó que para los tratamientos con dos tuberías de goteo la precipitación fue de 3.84 mm h^{-1} y 5.78 mm h^{-1} para los tratamientos con tres tuberías de goteo. Los riegos para todos los tratamientos se realizaron con la misma frecuencia pero con diferente tiempos de riego.

La frecuencia de riego varió en el tiempo, partiendo cada tres días desde el comienzo del riego hasta mediados de septiembre. Luego, cada dos días entre mediados de septiembre y mediados de octubre, concluyendo con un riego diario hasta la cosecha. El detalle de evapotrasnpiración coeficientes de cultivo de bandeja y tiempos de riego utilizados se presentan en el Apéndice III.

Manejo del cultivo

El cultivo se realizó de acuerdo al manejo tradicional del ajo en el predio. Es decir: para el control de malezas se hizo una aplicación de herbicida de post emergencia cuando las plantas alcanzaron una altura de 8 a 10 cm. Posteriormente se realizaron dos limpiezas manuales. Con respecto al control de insectos y hongos se hicieron aplicaciones periódicas según la presión y presencia de éstas.

Mediciones

Se realizaron dos grupos de mediciones, durante el crecimiento del cultivo y al final de éste, para lo cual se dividió cada cama en ocho secciones de seis metros cada una,

dejando un metro al comienzo y al final de la cama para efecto borde. Tres secciones se utilizaron para el muestreo durante el crecimiento del cultivo, seleccionadas al azar; y las cinco restantes se dejaron intactas para realizar las mediciones al final del cultivo.

Mediciones durante el crecimiento del cultivo: para evaluar el comportamiento de los diferentes tratamientos de dos y tres laterales de riego en el desarrollo del cultivo, se hizo un muestreo de las plantas en un transecto perpendicular a las laterales de riego de cada cama, sacando siete plantas completas, correspondientes cada una a las hileras paralelas a las laterales de riego. Los parámetros medidos fueron los siguientes:

Diámetro de cuello (Dc), el cual corresponde a la parte superior del bulbo donde comienzan las hojas. Diámetro del bulbo (Db), midiendo el diámetro ecuatorial que registraba el bulbo. Materia seca de raíces (msr), bulbos (msb) y hojas (msh), separadamente para cada estructura obteniéndose la materia seca total (mst) con la sumatoria de estas

Para representar si había influencia en la posición de las tuberías de goteo se crearon gráficos de acumulación de materia seca que mostraban la posición de la planta y las tuberías de goteo en la cama.

Estas mediciones se realizaron a partir del 15 de junio del 2003, transcurrido un mes después de registrarse un 50% de la emergencia de las plantas, posteriormente las mediciones se efectuaron cada 15 días.

El procedimiento de elección del transecto a seleccionar se realizó al azar, dentro de las tres secciones definidas con antelación en cada cama. En la Figura 3 se esquematiza la forma en que se hizo un muestreo de un transecto.

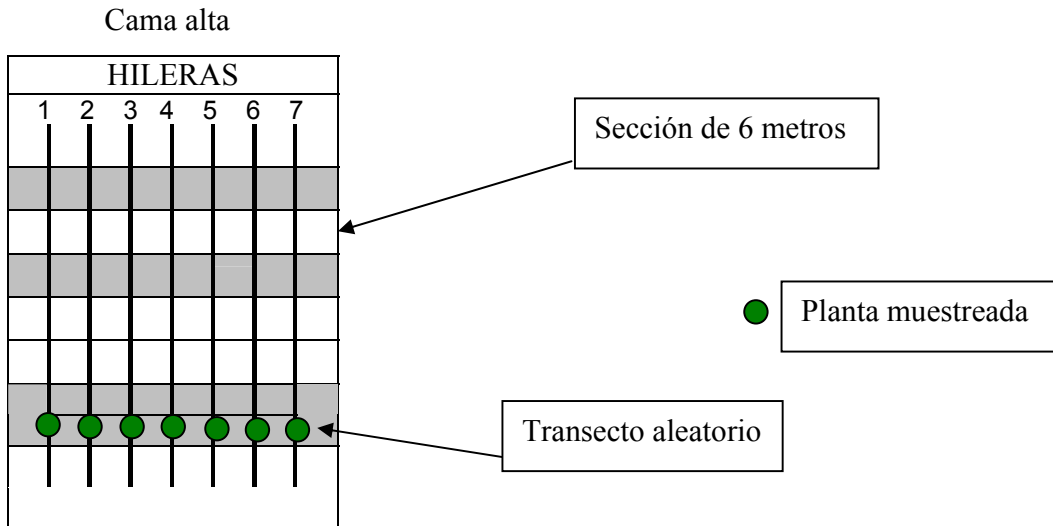


Figura 3: Muestreo de transectos en las camas.

Mediciones al final del cultivo: Se evaluó básicamente el rendimiento y la calidad. Se realizó la cosecha de la totalidad de las plantas de los cinco transectos restantes de cada cama, manteniéndose individualmente identificados, Se arrancaron y dejaron secar in situ, protegiendo los bulbos con el follaje durante 15 días. Luego de esto, los bulbos fueron desmochados. Esto último consiste en eliminar raíces y hojas, dejando sólo 2,5 cm de cuello sobre el bulbo, éstos, posteriormente se calibraron, según su diámetro ecuatorial en rangos de 10 mm, como lo muestra el Cuadro 2.

Además, se clasificaron como “fofo” a los ajos que poseían daños por golpe de sol o deshidratación y como “daño” a los ajos que poseían cualquier tipo de daño mecánico o por insectos. Luego se determinó número de bulbos por calibre y kilogramos por calibre. Finalmente se estimó la masa total de cada transecto expresado en kilogramos por hectárea.

Cuadro 2. Escala de calibres de acuerdo al diámetro ecuatorial del ajo

Calibre	Rango
1	< 35 mm
2	35-<46 mm
3	46-<56 mm
4	56-<66 mm
5	>66 mm

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro tratamientos y ocho repeticiones. La unidad experimental correspondió a una cama alta de 1,47 m de ancho y 50 m de largo.

Para comparar los efectos de los tratamientos después de la cosecha, se utilizó análisis de varianza. Cuando se encontraron significativas, las medias de los tratamientos se separaron a través de la prueba de comparación múltiple de DUNCAN ($\alpha = 0.05$).

Evaluación económica

Para evaluar la viabilidad económica de la incorporación de riego por goteo en ajos se compararon los cuatro tratamientos propuestos evaluándose:

- Costos directos de producción de una hectárea de ajo.
- Costos de implementación de los cuatro tratamientos como sistemas de riego propuestos.
- TIR y VAN con una tasa de descuento del 12%.
- Relación beneficio / costo para cada tratamiento.
- Periodo de recuperación de la inversión.
- Análisis de sensibilidad.

Todos estos parámetros fueron calculados a precio de mercado y expresado en moneda de enero de 2004. Todo el sistema de riego, excepto las tuberías de goteo, fue depreciado a 10 años con un 10 % de valor residual. Las tuberías de goteo para los tratamientos sobre la superficie del suelo fueron depreciadas en cinco años (TGS2 y TGS3) y en 10 años para los tratamientos enterrados (TGE2 y TGE3), sin valor residual. Para realizar la evaluación económica fue necesario simular el diseño de sistemas de riego para cada tratamiento. Para ellos se hicieron los siguientes supuestos:

- Se diseñaron equipos para 10 ha plantadas de ajo .
- Se consideró arriendo del terreno y maquinaria.
- Se consideró una fuente de agua superficial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediciones durante el desarrollo del cultivo

A continuación se presentan las variables medidas durante el crecimiento del cultivo las cuales fueron diámetro de cuello, bulbo y materia seca de raíz bulbo y hojas.

Diámetro de cuello y bulbo:

Análisis por tratamiento: Tanto el diámetro del cuello (Dc) como el diámetro del bulbo (Db) muestran un desarrollo similar para los cuatro tratamientos, no presentando diferencias estadísticamente significativas a lo largo de todo el periodo de evaluación, como se observa en la figura 4.

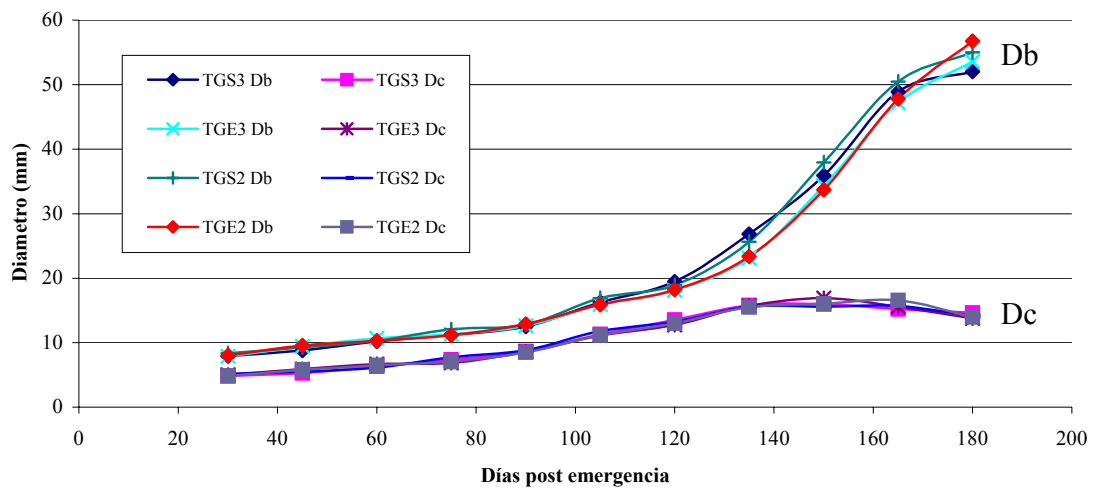


Figura 4. Evolución del crecimiento en diámetro del bulbo (Db) y el cuello (Dc) para los distintos tratamientos

Ambos diámetros muestran un lento aumento inicial desde los 30 días post emergencia (DPE) hasta los 120 DPE, observándose en esta última fecha de medición que el diámetro del bulbo y del cuello eran alrededor de 18 y 12 mm respectivamente para todos los tratamientos. Luego de los 120 DPE el diámetro de bulbo experimenta un aumento en su tasa de crecimiento, la cual coincide con el comienzo de la bulbificación, llegando al final de las mediciones a un rango entre 52 y 57 mm. En cambio el diámetro de cuello mantiene su tasa, logrando el máximo diámetro a los 150 DPE. Esto coincide con las mediciones realizadas por Mella (2000) quien a los 155 DPE, con la misma variedad de ajo, obtuvo un diámetro de 17,7 mm, 1.6 mm superior al diámetro promedio obtenido en este ensayo.

En la figura 5 se observa la relación bulbo/cuello de los cuatro tratamientos, la cual indica el momento óptimo de cosecha, presentándose constante hasta los 120 DPE donde el incremento de la relación es prácticamente lineal llegando a un rango entre 3,6 y 4,1. Rango que indica el momento adecuado de cosecha. (Aljaro, 1989; Faundez, 1996)

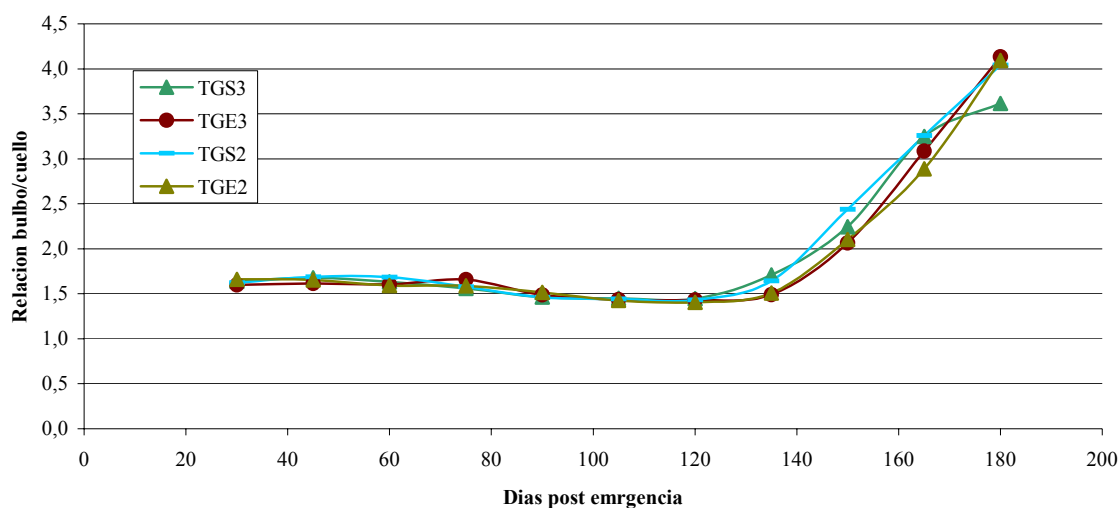


Figura 5. Evolución de la relación bulbo cuello para los diferentes tratamientos

Análisis por ubicación en la cama por cada tratamiento: Al analizar el diámetro del bulbo entre las hileras de cada tratamiento, en la última fecha de muestreo, no se observó influencia en el crecimiento de los bulbos por las tuberías de goteo. En la figura 6 se presenta el diámetro de los bulbos de acuerdo a su ubicación en la cama, indicado como hilera de ajo.

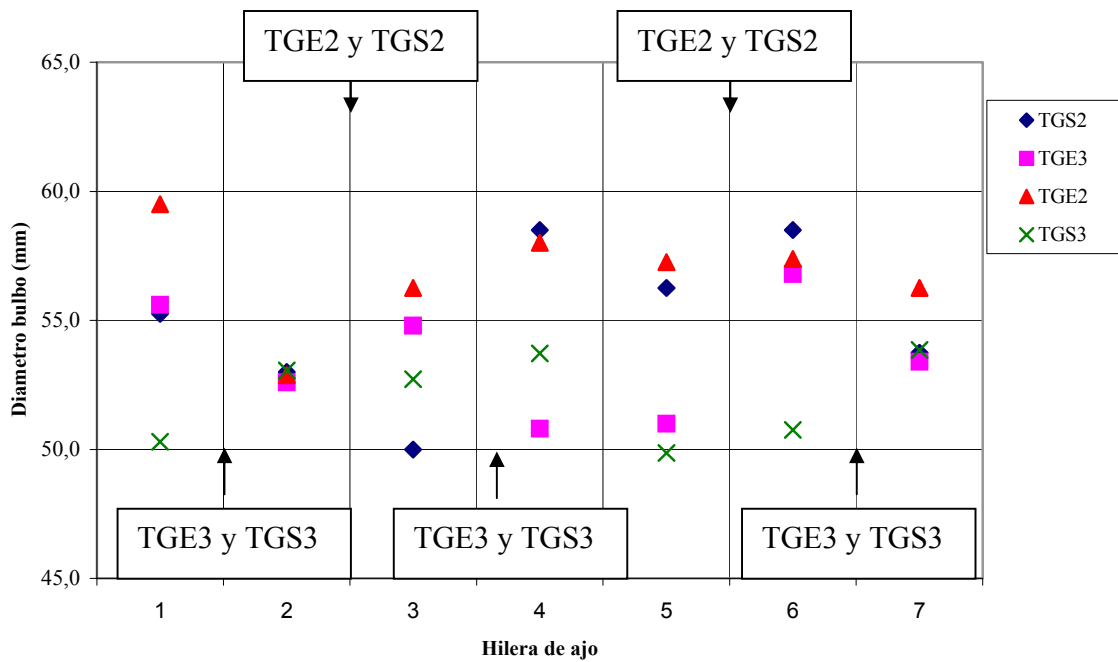


Figura 6 Diámetro de los bulbos a los 180 días post emergencia de acuerdo a su ubicación en la cama (Flechas superiores indican ubicación de tuberías de goteo para los tratamientos TGS2 y TGE3. Flechas inferiores indican posición de las tuberías de goteo para los tratamientos TGS3 y TGE3).

En el cuadro 3 se resumen los valores de diámetros promedio de bulbo de la última medición y la diferencia entre el diámetro máximo y mínimo para cada tratamiento. Además, el cuadro 3 señala que no existen diferencias estadísticamente significativas, demostrando que la ubicación de las tuberías de goteo y la cantidad de ellas no influye en el diámetro promedio de los bulbos al final del desarrollo de estos.

Cuadro 3. Diámetros promedios de bulbo y diferencia entre el mayor y menor diámetro para cada tratamiento.

Tratamiento	Diámetro. Promedio (mm)	Diferencia entre mayor y menor diámetro (mm)
TGE3	53	16
TGE2	55	19
TGS3	53	18
TGS2	55	13

No se presentan diferencias estadísticamente significativas a una probabilidad de 5%.

Acumulación de materia seca:

Acumulación de materia seca total (mst) por tratamiento: La evolución de este parámetro no mostró diferencias significativas durante el desarrollo del cultivo, para todos los tratamientos y fue siempre creciente, presentando diferentes tasas de crecimiento a lo largo del ciclo (figura 7). En la etapa inicial del desarrollo del cultivo, se observó un lento aumento del peso seco promedio de cada tratamiento hasta los 105 DPE, momento en que comenzó a manifestarse un notorio aumento en la tasa de crecimiento coincidiendo con el aumento de la tasa de desarrollo del diámetro ecuatorial del bulbo.

El desarrollo de una curva sigmoidea simple para la acumulación de materia seca total coincide con lo descrito por Ruiz (1984) y Navarrete (1988). Aunque, se observa que ambos obtuvieron niveles inferiores de materia seca total producida, debido a que utilizaron variedades de menor potencial productivo.

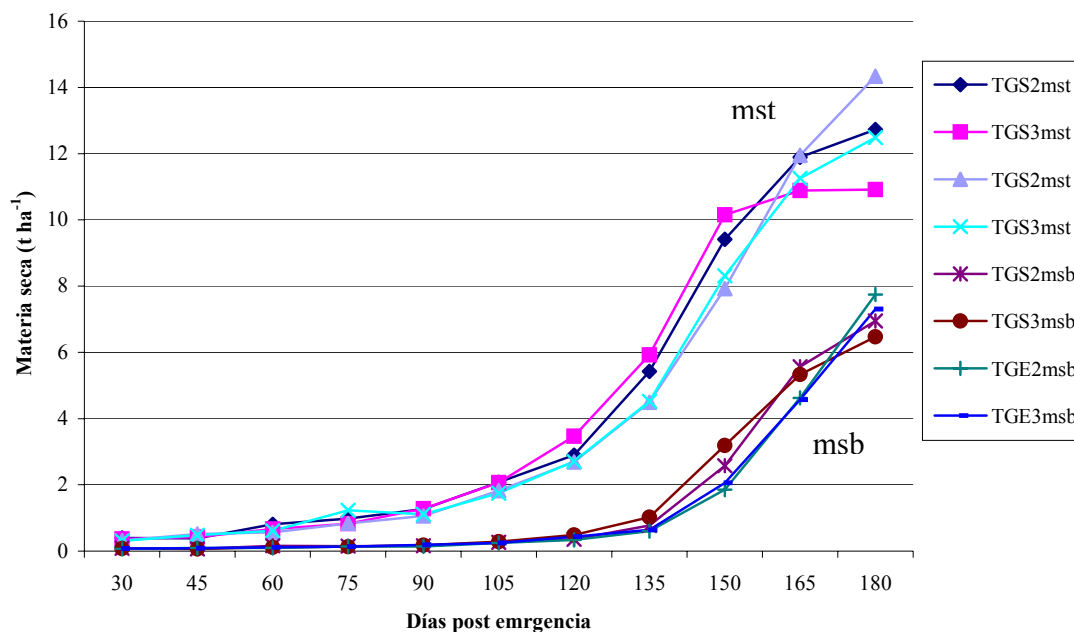


Figura 7. Acumulación de materia seca total (mst) y acumulación de materia seca del bulbo (msb) para los diferentes tratamientos.

En la figura 7 también se puede observar que desde los 150 DPE en adelante comienza una diferenciación en el comportamiento de las curvas de los tratamientos, que incluso se hace estadísticamente significativa a los 180 DPE entre TGE2 y TGS3. Para el caso de los tratamientos TGE3 y TGS2 las curvas de ambos tratamiento se mantienen similares hasta la cosecha.

El tratamiento TGE2 mantiene su tasa de crecimiento constante desde los 135 DPE hasta la cosecha. La fluctuación de producción de mst entre el tratamiento de máxima producción (TGE2) y el tratamiento de mínima producción (TGS3), se hace significativa solo a la cosecha, llegando a diferenciarse en alrededor de 3.5 t ha^{-1} de materia seca total (cuadro 4).

Cuadro 4. Producción de materia seca a los 180 DPE

Tratamientos	MS total (ton ha ⁻¹)	MS bulbo (ton ha ⁻¹)	MS hoja (ton ha ⁻¹)	Participación bulbo (%)	Participación hoja (%)
TGS3	10.9a	6.4a	3.5a	59.4a	32.0a
TGS2	12.2ab	6.9a	3.8ab	56.9ab	31.6a
TGE3	12.4ab	7.2a	4.5b	58.5a	35.9b
TGE2	14.3b	7.7a	5.6c	53.7b	39.9c

Dentro de cada columna, los promedios seguidos por la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas a una probabilidad de 5%.

En la figura 7 se observa la acumulación de mst de la planta versus la acumulación de materia seca del bulbo (msb), de cada tratamiento. Las curvas de crecimiento muestran que los bulbos comienzan a desarrollarse alrededor de los 120 DPE, lo que se señala como inicio de la bulbificación, en comparación al aumento de la tasa de mst de la planta que ocurre a los 105 DPE, 30 días antes que la de los bulbos. Esto coincide con lo descrito por Faúndez (1996) y Cabrera (1992) quienes señalan que primero ocurre una acumulación de materia seca en la parte aérea la cual, al momento de la bulbificación, abastecerá de fotosintatos a los bulbos para su crecimiento, alcanzando el máximo crecimiento al final del ciclo.

A pesar de que al momento de la cosecha existen diferencias significativas en la producción de mst, esta no se refleja en la producción de msb donde no se presentan diferencias estadísticamente significativas como muestra el cuadro 4.

La participación de la msb sobre la mst en todos los tratamientos, es sobre el 50 %, estableciéndose diferencias estadísticamente significativas entre TGS3, TGS2 y TGE3 respecto de TGE2 (cuadro 4). Según Faúndez (1996) que la msb posea un alto porcentaje de participación sobre el total indica una mayor eficiencia en la partición de la biomasa lo cual genera mayor rendimiento de bulbos frescos. Esto no sucede en este ensayo, ya que no se observan diferencias significativas en el rendimiento de los bulbos, lo cual se analizara mas adelante.

Si se observa la participación porcentual de la materia seca de la hoja (msh), TGS3 presenta los menores niveles de participación junto con TGS2 lo cual está indicando que la mayor eficiencia está dada principalmente por la menor producción de msh y no por una alta producción de mst. Esta disminución de materia seca aunque no se refleja en la producción de la msb, podría estar indicando que en los tratamientos TGS3 y TGS2, el agua no alcanza a llegar adecuadamente a la totalidad de las raíces provocando un leve estrés hídrico, debido a la ubicación superficial de las cintas.

Acumulación de materia seca total según ubicación en la cama por tratamiento: En las siguientes figuras (8 y 9) se observa la acumulación de mst, expresado en kilogramos de materia seca de cada hilera por hectárea. Al sumar las siete hileras, resulta los kilogramos de materia seca por hectárea para cada fecha, cada punto representa la ubicación de las plantas en la cama, indicado como hilera y cada serie de datos representa una fecha de muestreo.

La figura 8a representa el crecimiento del tratamiento TGE2, donde se puede observar lo homogéneo que es el crecimiento entre las hileras durante los primeros 135 DPE, luego comienza un aumento de la acumulación de materia seca de todas las hileras pero en este caso la acumulación de materia seca entre las hileras no es homogéneo como lo era hasta los 135 DPE. Esto, no sería explicado por la ubicación de las tuberías de goteo debido a que una se encuentra entre las hileras 2 y 3 y la otra entre las hileras 5 y 6. Además, se observa que en la última fecha de muestreo la producción de materia seca tiende a nivelarse a excepción de la hilera 2.

En cuanto al tratamiento TGS2, representado en la figura 8b, se observa un comportamiento similar a TGE2 siendo uniforme hasta los 135 DPE, aunque luego de esta fecha, la acumulación de mst entre las hileras se torna poco homogénea hasta los 180 DPE y nuevamente no se observa influencia en la ubicación de las tuberías sobre la producción de la materia seca.

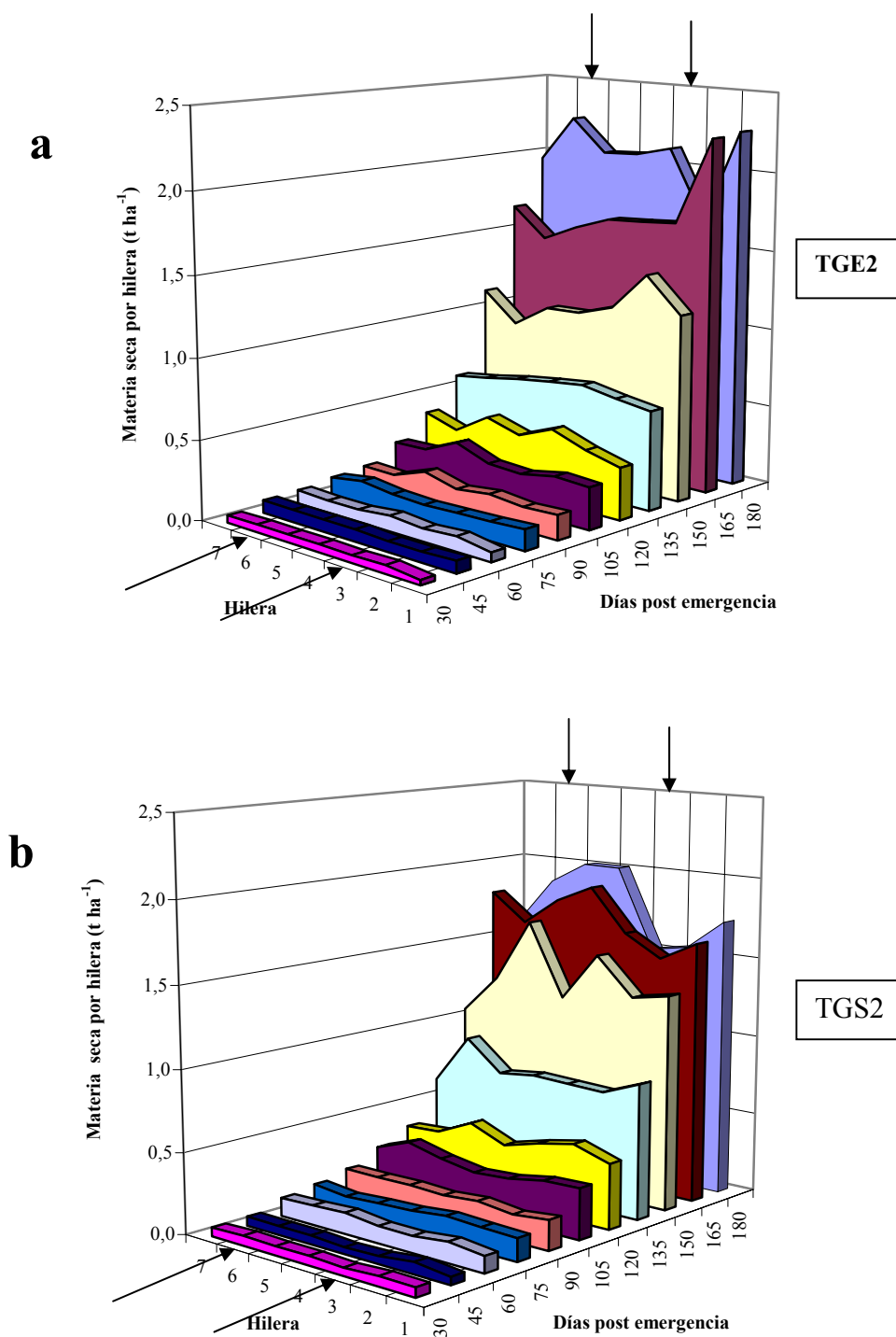


Figura 8. Acumulación de materia seca total por hileras para los tratamiento TGE2 y TGS2 (flechas indican posición de las tuberías de goteo)

La figura 9a representa el tratamiento TGE3, en este caso al igual que los tratamientos antes vistos, el crecimiento es homogéneo hasta alrededor de los 135 DPE. Cabe destacar, que aunque existe poca uniformidad entre las hileras, se puede observar claramente que en las tres últimas fechas de muestreo se mantiene cierta relación entre las hileras, pero esta relación no es lo suficientemente clara para ser explicada por la ubicación de las tuberías de goteo.

En la figura 9b se observa el crecimiento de las hileras de TGS3 luego de ocurrido los 120 DPE se torna errático y menor en comparación a los otros tres tratamientos. A pesar de que TGS3 presenta menor acumulación de mst la ubicación de las tuberías no lo explicarían ya que a los 180 DPE se ve relativamente homogénea la acumulación de mst entre las hileras.

Si bien los tratamientos con tres tuberías de goteo poseen mayor precipitación, ésta se distribuye en más puntos por superficie creando un mojado más uniforme que los tratamientos de dos tuberías de goteo y al reponer la misma demanda con igual frecuencia de riego pero con distinto tiempo de riego en los tratamientos con tres tuberías de goteo la lámina de agua aplicada en cada punto de goteo fue menor que en los tratamientos con 2 tuberías de goteo, lo cual podría derivar a que el agua no llegaba a la profundidad requerida por la planta.

Aunque TGE3 poseía el mismo tiempo de riego que TGS3, no obtuvo los mismos resultados (más bien está más cercano a los tratamientos con dos tuberías de goteo) Esto se debe a que las tuberías de goteo se encontraban a 20 cm de profundidad. Profundidad en la cual se concentra la mayoría del volumen de raíces de las plantas de ajos (Navarrete, 1998), por lo que al iniciarse un ciclo de riego el agua era suministrada inmediatamente a la zona de mayor absorción.

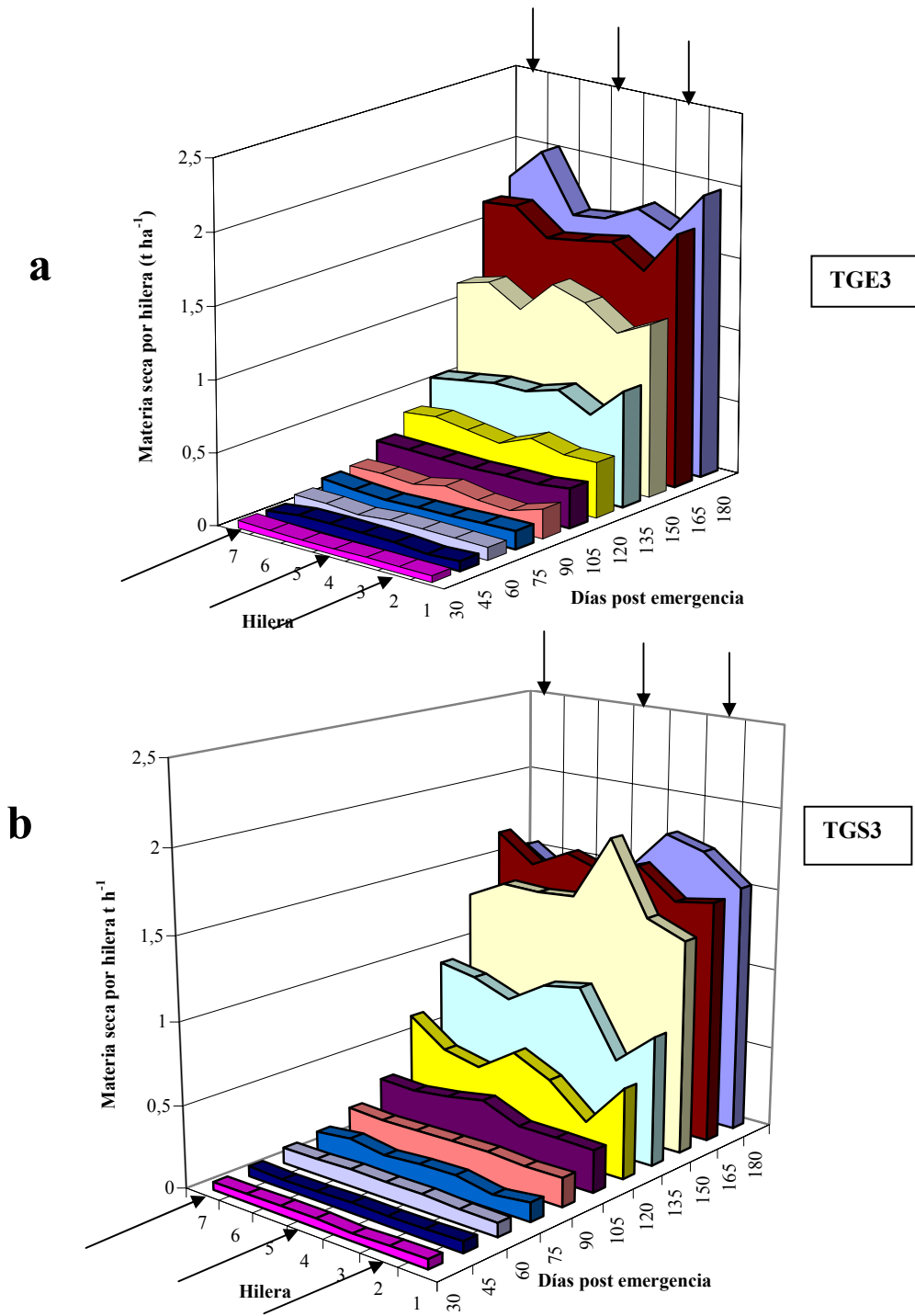


Figura 9 Acumulación de materia seca total por hileras para los tratamiento TGE3 y TGS3 (flechas indican posición de las tuberías de goteo)

Lo antes señalado se presenta como una ventaja que poseen los sistemas de riego enterrados, ya que independiente del número de tuberías de goteo por cama, si éstas se entierran generarán mejores condiciones para el cultivo porque los puntos de goteo estarán mucho mas cerca de las raíces evitándose el viaje del agua desde la superficie hasta las raíces que realiza un riego por goteo en superficie.

Mediciones efectuadas después de cosecha

Rendimientos:

Tanto los rendimientos totales, el rendimiento exportable como el descarte no presentan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (figura 10). En el caso del descarte, incluye los ajos clasificados como Fofó, Daño, Calibre 1 y Calibre 2. La proporción de ajos exportables es similar, en los 4 tratamientos llegando a un 79% del total de ajos cosechados.

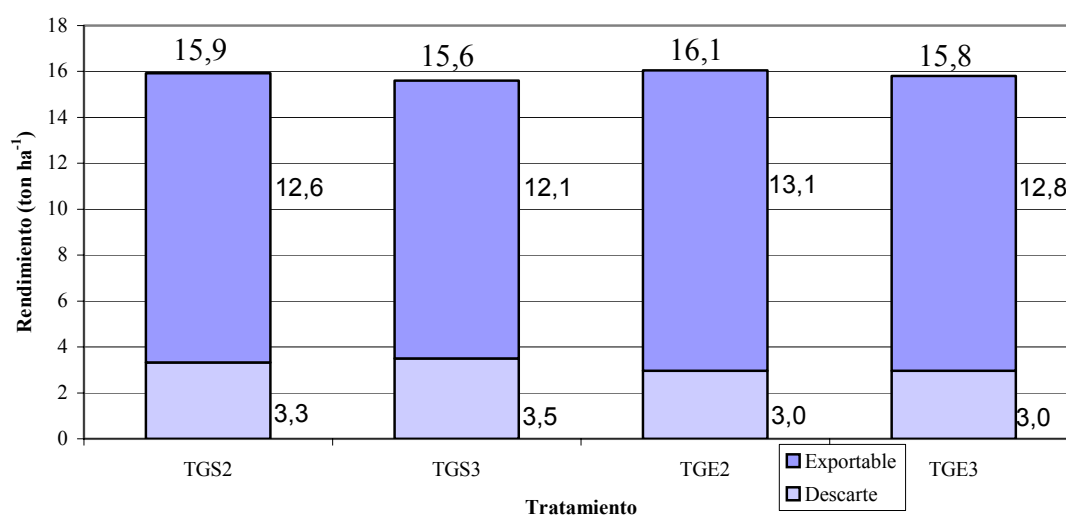


Figura10. Rendimiento de los tratamientos de riego (No existen diferencias significativas para ningún tipo de rendimiento (total, Exportable o desecho)

Distribución de categorías de clasificación:

Los tratamientos no muestran diferencias estadísticamente significativas para ninguna de las categorías a excepción de la clasificación Fofo, donde se establecen diferencias estadísticamente significativas, entre TGE3 y TGS2 (cuadro 5).

Cuadro 5. Clasificación de ajos para cada tratamiento expresado en kg ha⁻¹.

Tratamiento	Calibre 1	Calibre 2	Calibre 3	Calibre 4	Calibre5	Fofo	Daño
TGE3	1a	1.670a	7.844a	4.423a	575a	353a	907a
TGE2	20a	1.666a	7.984a	4.547a	560a	415ab	850a
TGS3	6a	1.904a	7.763a	3.878a	501a	441ab	1.076a
TGS2	7a	1.754a	7.885a	4.162a	561a	592b	969a

Dentro de cada columna, los promedios seguidos por la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas a una probabilidad de 5%.

A pesar de no haber diferencias significativas el tratamiento TGS3 aparece como el de más bajo rendimiento tanto para calibre 3,4 y 5. Además, se observa que el calibre 3, el que representa alrededor del 50 % del total de las plantas cosechadas (cuadro 5).

Los datos obtenido al final de la cosecha indican que desde el punto de vista productivo es posible utilizar cualquiera de los tratamientos establecidos en este ensayo debido a que la proporción de ajos potencialmente exportable y la distribución de calibres, permanece constante entre tratamientos.

Balance hídrico

La evapotranspiración registrada entre el 12 de agosto y el 13 de noviembre fue de 272 mm. En el cuadro 6 se observa el agua total aplicada vía riego, las precipitaciones ocurridas durante todo el crecimiento y las ocurridas durante el periodo de crecimiento.

Cuadro 6. Láminas de agua que recibieron los tratamientos durante su crecimiento y evapotranspiración durante el periodo de riego.

Tipo de carga de agua	Carga (mm)
Lámina de reposición (90% eficiencia)	303,0
Precipitaciones totales	150,0
Precipitaciones durante periodo de riego	2,5
Carga Total	450,0

Como se observa en el cuadro 6 prácticamente toda el agua que necesitó el cultivo durante el periodo de riego fue proporcionada vía riego ya que sólo se registraron 2.5 milímetros de precipitación. El resto del agua caída se concentró entre los meses de mayo y julio. Cabe destacar que el agua total caída durante el año 2003 fue sólo de 157.6 milímetros, representando el 37% de lo que Santibáñez y Uribe (1992) señalan como precipitación anual promedio para la zona.

La cantidad de agua aplicada vía riego a los tratamientos fue de $3.030 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ similar a lo registrado por Navarrete (1988) quien utilizó riego por aspersión, el cual es menos eficiente que goteo. Sin embargo, comenzó la temporada de riego más tarde que en este caso (mediados de octubre) y el aporte por precipitaciones fue mayor y se distribuyeron mejor en el tiempo. En cambio Berzoza y Chávez (2001) registraron para riego por goteo niveles de agua aplicada mucho más altos ($7.800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), pero con rendimientos similares a los que se registraron en este ensayo ($16,4 \text{ t ha}^{-1}$).

Considerando como eficiencia en el uso del agua los kilogramos de producto final (bulbos) por metro cúbico de agua adicionada, en este caso, debido a que no existen diferencias estadísticamente significativas en los rendimientos totales, tampoco existe diferencias en la eficiencia del uso del agua registrándose un valor promedio de $5,22 \text{ kg m}^{-3}$. Valor inferior al registrado por Navarrete (1988) con 6 kg m^{-3} , pero prácticamente igual al que registró Hanson *et al* (2002) con 5.24 kg m^{-3} . El nivel obtenido es adecuado debido a que al intentar niveles más altos de eficiencia, se corre el riesgo de someter la planta a estrés hídrico, con lo que los rendimientos finales se verían perjudicados.

Evaluación de los proyectos

Costos e ingresos:

Inversión inicial de los sistemas de riego: La inversión inicial (Cuadro 7) para los cuatro sistemas de riego se separa en tres ítemes. El primero consta de todos los materiales de riego necesarios para la implementación de 10 hectáreas sin incluir la tubería de goteo, la cual se incluye en el segundo ítem ya que esta se depreciará según el sistema que se establezca y por último el tercer ítem, considera el costo de instalación del sistema de riego.

Cuadro 7. Inversión inicial para cada sistema de riego expresado en \$ ha⁻¹.

Item	TGE2	TGS2	TGE3	TGS3
Material de riego	1.068.624	1.048.463	1.177.556	1.164.785
Tubería de goteo	673.200	673.200	1.009.800	1.009.800
Instalación del sistema	499.755	476.154	566.091	540.804
Total	2.241.579	2.197.817	2.752.447	2.715.389

Las diferencias de costos para los cuatro sistemas están dadas principalmente por el número de tuberías de goteo que se usarán en cada sistema. Los dos sistemas con 3 tuberías de goteo presentan un mayor costo, debido a que se utiliza mayor cantidad de tuberías de goteo y en segundo lugar estos sistemas manejan un caudal un 50% mayor con respecto a los sistemas de dos tuberías de goteo. Por esta razón la capacidad del sistema debe ser mayor, lo cual también representa una alza en los costos, en comparación con los sistemas de dos tuberías de goteo. En cuanto al costo de instalación de los sistemas de riego, este difiere de acuerdo al diseño. En el caso de los sistemas de tres tuberías de goteo se deben realizar más metros de zanjas que los sistemas de dos tuberías de goteo, además, en los sistemas que la tubería de goteo se entierra se considera el costo de enterrarla (cuadro 7).

Costos de producción: En el cuadro 8 se detallan los costos directos que implicaría establecer los 4 sistemas de riego. Prácticamente los costos de producción son similares debido a que se maneja la misma población de ajos y el manejo del cultivo es igual. Sólo existen pequeñas diferencias, en el caso de mano de obra, que esta sujeta a los rendimientos obtenidos en cada sistema y si las tuberías de goteo están o no en superficie, ya que al estar en superficie, ésta se deben retirar al final de cada temporada. En cuanto al consumo eléctrico este es similar, aunque los sistemas con dos tuberías de goteo tienen mayor tiempo de riego, estos conducen menos agua siendo menor el consumo de energía de la bomba por unidad de tiempo. En comparación con los sistemas de tres tuberías de goteo que sus

tiempos de riego son menores pero conducen un 50% mas de agua por lo que el consumo de energía de la bomba es mayor.

Cuadro 8. Costos de Producción para una hectárea de ajo

Costos	TGE2	TGS2	TGE3	TGS3
Mano de obra	1177.450	1.200.450	1.171.450	1.191.450
Insumos	1.557.421	1.557.421	1.557.421	1.557.421
Maquinaria	205.000	205.000	205.000	205.000
Arriendo suelo	300.000	300.000	300.000	300.000
Consumo eléctrico	34.066	34.066	33.235	33.235
Mantenición sistema de riego	25.000	25.000	25.000	25.000
Subtotal	3.298.937	3.321.937	3.292.106	3.312.106
Imprevistos 5%	164.946	166.096	164.605	165.605
Total	3.463.883	3.488.033	3.456.711	3.477.711

Se puede observar que los principales costos de producción, independiente del sistema de riego, son la mano de obra y los insumos representando el 36 y 47% respectivamente de los costos totales de producción (cuadro 8). Los flujos de caja para cada tratamiento se encuentran en el apéndice IV.

Ingresos: Los ingresos están dados principalmente por las ventas de exportación y en segundo plano el mercado interno al cual se vende el ajo de bajo calibre y descarte de exportación. En el cuadro 9 se observan los ingresos por venta según los rendimientos obtenidos por cada tratamiento, los cuales no presentaron diferencias significativas. El Precio que se obtuvo por kilogramo de ajo para exportación en el predio en que se realizó el ensayo fue de \$370 y para mercado interno se estimó un precio promedio de \$100 por kilogramo de ajo.

Cuadro 9. Ingresos por venta para cada tratamiento expresado en pesos (enero 2004).

Tratamiento	Rendimiento exportable kg ha ⁻¹	Ingreso por exportación	Mercado interno Kg ha ⁻¹	Ingreso mercado interno	Total ingresos
TGE2	13.100	4.847.000	1.700	170.000	5.017.000
TGS2	12.600	4.662.000	1.750	175.000	4.837.000
TGE3	12.800	4.736.000	1.600	160.000	4.896.000
TGS3	12.140	4.491.800	1.900	190.000	4.681.800

Evaluación económica:

Indicadores económicos de rentabilidad: En el cuadro 10 se observa un resumen de los valores de los indicadores económicos de rentabilidad. Todos sistemas serían viables y atractivos frente a otras posibilidades para un inversionista, pero para una decisión económica se debe elegir el más rentable de todos. El sistema más rentable es TGE2, ya que presenta los mejores valores en cada indicador, con respecto a los otros sistemas. Es decir, posee el Valor actual neto y la Tasa interna de retorno más altos, un Periodo de recuperación de la inversión de 2 años, ya que en el segundo año con los ingresos netos obtenidos se pagaría el 62% de la inversión inicial. Adicionalmente si se considera la amortización del sistema de riego se obtiene una relación beneficio / costo que indica claramente que los ingresos son superiores a los egresos.

En cuanto a las diferencias entre tratamientos con respecto a su rentabilidad se deben principalmente por los rendimientos que se obtuvieron por cada tratamiento y por la inversión inicial que se hace en cada uno de ellos. Es por ello que los sistemas con tuberías de goteo enterradas son más rentables, ya que presentan mayores rendimientos que a su vez genera mayores ingresos y la inversión es menor ya que no se debe hacer una reposición de

cintas en la mitad de la duración del proyecto lo cual, se ve reflejado en la relación beneficio / costo.

Cuadro 10. Indicadores económicos de rentabilidad.

Tratamiento	VAN 12%(\$)	TIR (%)	PRI (años)	B/C
TGE2	5.644.734	191,1	2	1,39
TGS2	4.436.790	133,7	3	1,31
TGE3	4.669.049	98,4	3	1,34
TGS3	3.166.788	64,2	4	1,24

VAN Valor actual neto, TIR Tasa interna de retorno, PRI Periodo de recuperación de la inversión y B/C. relación beneficio / costo

Análisis de sensibilidad: El objetivo del análisis de sensibilidad es determinar variaciones en la rentabilidad planteando supuestos cambios que podrían ocurrir en el futuro. Para este caso se proyecta alzas en los insumos y baja en los precios de venta con rangos de 10, 15 y 30 % para cada factor. El resumen de los valores obtenidos se muestran en el cuadro 11 y 12.

Cuadro 11. Análisis de sensibilidad según precio de insumos (VAN 12%)

Tratamientos	Insumos suben un 10%		Insumos suben un 15%		Insumos suben un 30%	
	VAN (\$)	TIR (%)	VAN (\$)	TIR (%)	VAN (\$)	TIR (%)
TGE2	4.853.012	138,5	4.457.151	119,1	3.269.568	76,9
TGS2	3.645.068	97,5	3.249.207	73,4	2.061.624	50,7
TGE3	3.877.327	73,8	2.481.466	60,5	2.293.883	44,3
TGS3	2.359.292	48,1	1.955.544	40,9	744.299	22,8

En el cuadro 11 se observa la sensibilidad de los sistemas de riego según el alza de precios de los insumos. A pesar del incremento de 30% en el precio de los insumos, el VAN en todos los sistemas se presenta positivo lo que quiere decir, que los proyectos aun

son viables en esa condición. Nuevamente el sistema TGE2 presenta la mejor condición de rentabilidad en este escenario, con respecto al resto de los sistemas, quedando TGS3 con el VAN y TIR más ajustado en comparación al restos de los sistemas de riego.

Cuadro 12. Análisis de sensibilidad según precio por venta (VAN 12%)

Tratamiento	Precios bajan un 10 %		Precios bajan un 15%		Precios bajan un 30%	
	VAN (\$)	TIR (%)	VAN (\$)	TIR (%)	VAN (\$)	TIR (%)
TGE2	3.215.768	75,5	1.969.573	46,3	-164.104	-
TGS2	2.094.970	51,6	893.559	27,8	-2.588.669	-
TGE3	2.298.665	44,4	1.082.488	26,8	-244.103	-
TGS3	854.947	24,6	-330.946	-	-3.768.736	-

En el caso de que bajen los precios por venta como se observa en el cuadro 12, todos los sistemas de riego siguen siendo rentables si los precios bajan en un 10%, pero al presentarse una baja de los ingresos en un 15% TGS3 presenta VAN negativo indicando que es el sistema que peor se comportaría ante situaciones adversas en el futuro. Con una baja de los precios de un 30% todos los sistemas presentan VAN negativo. Esto indica que todos los sistemas presentan mayor sensibilidad a la caída de los precios en comparación a la alza de los insumos.

Todos los sistemas de riego son rentables y son viables de hacer, pero como se deben maximizar los recursos el más indicado es TGE2. Las diferencias entre ellos se deben principalmente a la mayor capacidad de transporte de agua y al número de tuberías de goteo por cama que tienen los sistemas con tres tuberías y a la necesidad de reponer las tuberías de goteo en la mitad del proyecto, para los sistemas con tuberías en superficie.

CONCLUSIONES

El crecimiento y desarrollo de los ajos fue posible bajo las cuatro configuraciones de riego por goteo que se planteó en este ensayo, no encontrándose problemas durante el período de crecimiento.

Los parámetros diámetro del bulbo y diámetro de cuello no fueron indicativos para diferenciar las configuraciones de riego, pero si para determinar el momento de cosecha oportuno.

A pesar que la acumulación de materia seca total presentó diferencias significativas entre los tratamientos, los rendimientos expresados en kilogramos de bulbo por hectárea no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, así como tampoco la distribución de calibres.

El tratamiento que logró mayor nivel de acumulación de materia seca total fue TGE2, y el de menor acumulación fue TGS3.

En cuanto a la evaluación económica de los cuatro tratamientos propuestos como sistemas de riego, todos son rentables y el sistema que genera mayor maximización de los recursos es TGE2.

LITERATURA CITADA

ALJARO, A. 1980. Algunas recomendaciones para la producción de ajos. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Serie La Platina N° 42. 40 p.

ALJARO, A. 1989. Cosecha y procesamiento de ajos. Santiago, Chile. Instituto de Investigación Agropecuaria. Serie La Platina N° 7. 41 p.

ALJARO, A. 1991a. Calibre del bulbo - madre usado como semilla y distancias de plantación en ajo cultivado en hileras simples, pp: 91- 110. In: ALJARO, A. (ed.), Primer Curso- Taller en tecnologías de producción, industrialización, comercialización y exportación de ajos en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, CRI La Platina. Santiago, Chile. 19- 21 Noviembre 1991. 233 p.

ALJARO, A. 1991b. Densidad de población y distribución de plantas en el cultivo de ajos, pp: 83 – 90. In: ALJARO, A. (ed.), Primer Curso- Taller en tecnologías de producción, industrialización, comercialización y exportación de ajos en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, CRI La Platina. Santiago, Chile. 19- 21 Noviembre 1991. 233 p.

BAÉZ, M. 1998. Recopilación del manejo del cultivo del ajo *Allium sativum* en las regiones V, VI y Metropolitana. Tesis Ing. Agr. Quillota, Chile. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 99 p.

BERZOZA, M. y CHÁVEZ, N. 2001. Módulo demostrativo de fertirrigación en hortalizas en la región de Delicias, Chihuahua. [en línea] <<http://www.chapingo.mx/anei/xicongreso/Doc/F10102.pdf>> [consulta: 6 abril. 2004].

BRUNA, A. y FERNÁNDEZ, M. 1991. Enfermedades del ajo pp:122 – 140. In: ALJARO, A. (ed.), Primer Curso- Taller en tecnologías de producción, industrialización, comercialización y exportación de ajos en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, CRI La Platina. Santiago, Chile. 19- 21 Noviembre 1991. 233 p.

BURBA, J. 1992. Producción, propagación y utilización del ajo *Allium sativum* pp 63 – 126. In: IZQUIERDO, J., PALTRINIERI, G., ARIAS, C. (eds.), Organización de la Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Producción, postcosecha, procesamiento y comercialización de ajo cebolla y tomate. FAO. Santiago, Chile. 413p.

BURT, C. and STYLES, S. 1999. Drip and micro irrigation for trees, vines, and row crops. Irrigation Training and Research Center, Bioresource and Agricultural Engineering Dept, California Polytechnic State University. CAL. USA. 292 p.

CABRERA, F. 1992. Relación de la temperatura y radiación solar, con el comportamiento productivo del ajo, cv. Rosado INIA. Tesis Ing. Agr. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Escuela de Agronomía. 100 p.

CASTELLANOS, J., OJODEAGUA, J., MENDEZ, F., VILLALOVOS-REYES, S.,BADILLO, V., VARGAS, P. and LAZCANO-FERRAT, I. 2001. Phosphorus requirements by garlic under fertigation. [en línea] <[http://www.ppi-far.org/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/C9E0F75C43E30C1405256D11006D0F7B/\\$file/Requerimientos+de+P+en+cultivos+del+ajo+bajo+fertigación.pdf!open](http://www.ppi-far.org/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/C9E0F75C43E30C1405256D11006D0F7B/$file/Requerimientos+de+P+en+cultivos+del+ajo+bajo+fertigación.pdf!open)> [consulta: 03 mayo. 2003].

CASTELLANOS, J., OJODEAGUA, J., MÉNDEZ, F., ALCANTAR, S., VILLALOVOS-REYES, S., VARGAS, P., MUÑOS-RAMOS, J. and LAZCANO-FERRAT, I. 2002. Potassium requeriment for garlic under fertigation. [en línea] < [http://www.ppi-far.org/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/C9E0F75C43E30C1405256D11006D0F7B/\\$file/Requerimiento+de+K+en+cultivos+del+ajo+bajo+fertigación.pdf!open](http://www.ppi-far.org/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/C9E0F75C43E30C1405256D11006D0F7B/$file/Requerimiento+de+K+en+cultivos+del+ajo+bajo+fertigación.pdf!open)>

[far.org/ppiweb/bcropint.nsf/\\$webindex/2252A89EC8368C4585256BDC007013B9/\\$file/i02-1p09.pdf](http://far.org/ppiweb/bcropint.nsf/$webindex/2252A89EC8368C4585256BDC007013B9/$file/i02-1p09.pdf) > [consulta: 03 mayo. 2003].

CHILE-CIREN. 1997. Estudio agrológico de la V Región. Centro Información de Recursos Naturales. publicación 116. Tomo 2. 359 p.

CHILE-INE 1997. VI Censo nacional agropecuario, resultados preliminares. Instituto Nacional de Estadísticas. Universitaria. Santiago, Chile. 443p.

CHILE-ODEPA. 2004. Comercio exterior de productos e insumos agropecuarios: avance por producto.[En línea] < <http://www.odepa.cl> > [consulta 20 mayo 2004].

DOOREMBOS, J. y PRUITT, W. 1976. Las necesidades de aguas de los cultivos. Roma, Estudio FAO, Riego y Drenaje 24. 194 p.

ESCAFF, M. y ALJARO, A. 1982. Dos ensayos sobre el efecto de del nitrógeno y fósforo en ajo rosado, Santiago, Chile, INIA. Agricultura Técnica 42 (2) : 143- 147.

ESCAFF, M. 1991. Variedades de ajo en Chile pp: 55 – 74. In: ALJARO, A. (ed.), Primer Curso- Taller en tecnologías de producción, industrialización, comercialización y exportación de ajos en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, CRI La Platina. Santiago. Chile. 19- 21 Noviembre 1991. 233 p.

FAÚNDEZ, M. 1996. Partición de la biomasa y acumulación de macronutrientes en dos clones de ajo (*Allium sativum* L.). Tesis Ing. Agr., Chillan, Chile, Universidad de Concepción, Facultad de agronomía. 1996. 29 p

FERRADA, L. y FERNÁNDEZ, C. 1999. Antecedentes económicos para el riego localizado. La Serena, Chile. Instituto de Investigación Agropecuaria. Serie Intihuasi N°17. 4 p.

FERREYRA, R. y PERALTA, J. 1991. Riego en ajos pp: 28 – 54. In: ALJARO, A. (ed.), Primer Curso- Taller en tecnologías de producción, industrialización, comercialización y exportación de ajos en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, CRI La Platina. Santiago, Chile. 19- 21 Noviembre 1991. 233 p.

GARCÍA, C. 1998. El ajo cultivo y aprovechamiento. 2ª ed. Mundi- Prensa. Madrid, España. 205 p.

GIACONI, V. 1983. El cultivo de hortalizas. 4ª ed. Universitaria. Santiago, Chile. 279 p.

GIACONI, V. y ESCAFF, M. 1999. Cultivo de hortalizas. 14ª ed. Universitaria. Santiago, Chile. 337 p.

GÓMEZ, G., 2004. Evaluación de inversión: análisis matemático y financiero de proyectos. [en línea] < <http://www.gestiopolis.com/dirgp/fin/matyevaluacion.htm>. > [consulta: 05 mayo. 2004].

GONZÁLEZ, R. 1989. Insectos y ácaros de importancia agrícola y cuarentenaria en Chile. Ograma. Santiago, Chile. 310 p.

HANSON, B., MAY, D., VOSS, R., CANTWELL, M., RICE, R. 2002. Garlic in clay loam soil thrives on little irrigation. USA, California, California Agriculture, 4 (56) : 128-132.

ILLANES, B. 1992. Prospección del cultivo del ajo en la décima región. Parte I: especies, tipos de ajos y manejo del cultivo. Osorno, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Est. exp. Remehue. Boletín técnico INIA N° 186. 39 p.

LAMM, F. 2002. Advantages and disadvantages of subsurface drip irrigation.[en línea] <WWW.oznet.ksu.edu/sdi/news/pros&cons.htm> [consulta: 01 marzo. 2003].

LARRAÍN, P. 1991. Plagas en el cultivo de ajos. pp: 111 – 121. In: ALJARO, A. (ed.), Primer Curso- Taller en tecnologías de producción, industrialización, comercialización y exportación de ajos en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, CRI La Platina. Santiago, Chile. 19- 21 Noviembre 1991. 233 p.

MAROTO, J. 1986. Horticultura herbácea especial. 2ª ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 509 p.

MELLA, R. 2000. Caracterización del ajo Chino *Allium sativum* L. procedente de semilla local y del ajo rosado *Allium sativum* L. procedente de semilla local y de micro propagación, en la localidad de Rengo VI Región. Tesis Ing. Agr. Quillota, Chile. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 86 p.

NAVARRETE, C. 1988. Respuesta del cultivo del ajo *Allium sativum* L. cultivar español a distintos regímenes de riego y fertilidad. Tesis Ing. Agr. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Escuela de Agronomía. 98 p.

PEREIRA, M. 1994. Seguimiento técnico y fenológico del cultivo del ajo *Allium sativum* L. con destino a exportación. Tesis Ing. Agr. Quillota, Chile. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 143 p.

RAMÍREZ, A. 1991. Control de malezas en ajo. pp: 150 – 162. In: ALJARO, A. (ed.), Primer Curso- Taller en tecnologías de producción, industrialización, comercialización y exportación de ajos en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, CRI La Platina. Santiago, Chile. 19- 21 Noviembre 1991. 233 p.

RODRÍGUEZ, J. 1993. Manual de fertilización, Colección en agricultura, Facultad de agronomía, Pontificia universidad católica de Chile. Santiago, Chile. 363 p.

ROMÁN, S. 2001. Libro azul manual básico de fertirriego, 2ª ed. SOQUIMICH Comercial SA. Santiago, Chile. 177 p.

RUIZ, R. 1985. Ritmo de absorción de nitrógeno y fósforo y respuesta a fertilizaciones NP en ajos. Santiago, Chile, INIA. Agricultura Técnica 45 (2): 153-158.

SANTIBAÑEZ, F. y URIBE, J. 1992. Atlas Agroclimático de Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 65p.

TAPIA, B., 2003. Mercado del ajo, Santiago, Chile, ODEPA. Mercados agropecuarios, 128: 1-5.

APÉNDICE I

Cuadro 1. Características físicas y morfológica del perfil de suelo.

Profundidad cm.	Características y morfología
0 – 20 Ap	Pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2) en seco y pardo grisáceo muy oscuro (10 Y/R 3/2) en húmedo; franco arenosa, ligeramente plástico, y ligeramente adhesivo; friable; estructura de bloques subangulares finos débiles; raíces finas y muy finas comunes; poros finos y muy finos comunes; actividad biológica escasa. Cristales de cuarzo y mica muy abundantes. Limite lineal claro.
20 – 42 A1	Pardo (10 YR 4/3) en seco y pardo oscuro (10 YR 3/3) en húmedo; franco arenosa; estructura de bloques subangulares medios moderados; firme, plástico y adhesivo; raíces finas y muy finas abundantes; poros finos y medios abundantes. Limite lineal claro.
42 – 73 C1	Pardo amarillo grisáceo (10 Y/R 5/2) en seco y pardo oscuro (10 YR 3/3) en húmedo; areno francosa; grado de no estructura de grano simple; raíces finas y muy finas comunes, medias y gruesas escasas. Presencia de moteados en todo el horizonte comunes, finos en forma de puntos. Limite ondulado abrupto.
73 – 106 y + C2	Negro (10 Y/R 2/1) en seco y negro (10 YR 1.7/1) en húmedo; franco; prismas gruesos moderados; muy firme, plástico y adhesivo; raíces finas y muy finas comunes, gruesas escasas; poros finos y muy finos moderados y gruesos moderados. Presencia de crotobinas y concentraciones de sales redondeadas, medias, escasas, con fuerte reacción al HCl.

Cuadro 2. Análisis realizados al perfil de suelo

Profundidad (cm)	0 - 20	20 - 42	42 - 73	73 – 106 y +
Arcilla (%)	18,9	19	6,1	23,8
Limo (%)	27,3	23,2	20,5	32,5
Arena (%)	53,8	57,8	73,4	43,7
Clase textural	Fa	Fa	aF	F
Densidad aparente (g/cm ³)	1,31	1,60	1,33	1,34
Agua retenida a 1500 kPa (%)	8,7	9,0	4,6	13,2
Agua retenida a 1000 kPa (%)	9,9	10,8	6,3	15,8
Agua retenida a 500 kPa (%)	14,0	13,8	7,1	20,1
Agua retenida a 100 kPa (%)	16,7	16,5	7,6	23,6
Agua retenida a 33 kPa (%)	22,7	18,6	12,8	23,8
Agua retenida a 10 kPa (%)	28,4	26,2	16,6	37,4

APÉNDICE II

Cuadro 1. Dosis de nitrógeno aplicada vía fertirriego

Mes	% de extracción	Nitrógeno kg ha ⁻¹	KNO ₃ (16-0-44) kg ha ⁻¹	Urea (46-0-0) kg ha ⁻¹
Junio	11	33,3	51	54
Julio	15	45,6	109	61
Agosto	14	42,4	65	69
Septiembre	31	91,8	44	184
Octubre	29	86,8	53	170
Noviembre	0	0,0	0	0

Cuadro 2. Dosis de Fósforo aplicado vía fertirriego

Mes	% de extracción	P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹	Ácido fosfórico (0-51-0) kg ha ⁻¹
Junio	13	15,3	30
Julio	18	22,0	43
Agosto	20	23,6	46
Septiembre	21	24,6	48
Octubre	18	21,7	42
Noviembre	11	12,7	24

Cuadro 3. Dosis de Potasio aplicado vía fertirriego

Mes	% de Extracción	K ₂ O kg ha ⁻¹	KNO ₃ kg ha ⁻¹	KCl kg ha ⁻¹
Junio	14	22,4	51	0
Julio	28	44,8	109	0
Agosto	18	28,8	65	0
Septiembre	14	22,4	44	0
Octubre	17	27,2	53	0
Noviembre	8	12,8	0	21

APÉNDICE III

Cuadro 1. Evapotranspiración del ajo, coeficientes del cultivo y tiempos de riego para los tratamientos

Periodo	Eto (mm)	Kc	Etc (mm día ⁻¹)	Lamina bruta (90 % ef)	Tiempo riego TGE3 y TSG3 (min)	Tiempo riego TGE2 y TGS2 (min)
12/08 14/08	6,72	0,85	5,72	6,35	66	99
15/08 17/08	6,00	0,85	5,10	5,67	59	89
18/08 20/08	4,38	0,85	3,73	4,14	43	65
21/08 23/08	6,06	0,85	5,15	5,72	59	89
24/08 26/08	6,27	0,85	5,30	5,92	61	93
27/08 29/08	5,02	0,85	4,27	4,74	49	74
30/08 01/09	5,01	0,85	4,26	4,74	49	74
02/09 04/09	5,02	0,85	4,27	4,74	49	74
05/09 07/09	4,27	0,85	4,27	4,74	49	74
08/09 10/09	7,56	1,00	7,56	8,40	87	131
11/09 13/09	7,56	1,00	4,56	8,40	87	131
14/09 16/09	7,04	1,00	7,04	7,82	81	122
17/09 19/09	6,78	1,00	6,78	7,53	78	118
20/09 22/09	7,63	1,00	7,63	8,48	88	133
23/09 24/09	6,23	1,00	6,23	6,92	72	108
25/09 26/09	6,23	1,00	6,23	6,92	72	108
27/09 28/09	6,23	1,00	6,23	6,92	72	108
29/09 30/09	6,01	1,00	6,01	6,68	69	104
01/10 02/10	5,80	1,00	5,80	6,44	67	101
03/10 04/10	5,79	1,00	5,79	6,44	67	101
05/10 06/10	9,97	1,00	9,97	11,08	115	173
07/10 08/10	7,33	1,00	7,33	8,14	84	127
09/10 10/10	7,33	1,00	7,33	8,14	84	127
11/10 12/10	7,33	1,00	7,33	8,18	84	127
13/10 14/10	5,47	1,00	5,47	6,08	63	95
15/10 16/10	3,62	1,00	3,62	4,02	42	63
17/10 18/10	8,96	1,00	8,96	9,96	103	156
19/10 20/10	5,27	1,00	5,27	5,85	61	91
21/10	5,27	1,00	5,27	5,85	61	91
22/10	5,27	1,00	5,27	5,85	61	91
23/10	5,27	1,00	5,27	5,85	61	91
24/10	4,88	1,00	4,88	5,42	56	85

Cuadro 1. (Continuación) Evapotranspiración del ajo, coeficientes del cultivo y tiempos de riego para los tratamientos.

Periodo	Eto (mm)	Kc	Etc (mm día ⁻¹)	Lamina bruta (90 % ef)	Tiempo riego TGE3 y TSG3 (min)	Tiempo riego TGE2 y TGS2 (min)
25/10	4,88	1,00	4,88	5,42	56	85
26/10	4,88	1,00	4,88	5,42	56	85
27/10	4,88	1,00	4,88	5,42	56	85
28/10	4,88	1,00	4,88	5,42	56	85
29/10	4,88	1,00	4,88	5,42	56	85
30/10	4,88	1,00	4,88	5,42	56	85
31/10	4,88	1,00	2,25	2,50	26	39
01/11	2,25	1,00	2,25	2,50	26	39
02/11	2,25	1,00	2,25	2,50	26	39
03/11	2,25	1,00	2,25	2,50	26	39
04/11	2,25	1,00	2,25	2,50	26	39
05/11	2,25	1,00	2,25	2,50	26	39
06/11	2,25	0,95	2,25	2,50	26	39
07/11	2,37	0,95	5,06	5,62	58	88
08/11	5,32	0,95	5,06	5,62	58	88
09/11	5,65	0,95	5,36	5,96	62	93
10/11	5,65	0,95	5,36	5,96	62	93
11/11	5,65	0,95	5,36	5,96	62	93
12/11	5,65	0,95	5,36	5,96	62	93
13/11	5,65	0,95	5,36	5,96	62	93
TOTAL	281,56		272,82	303,13		

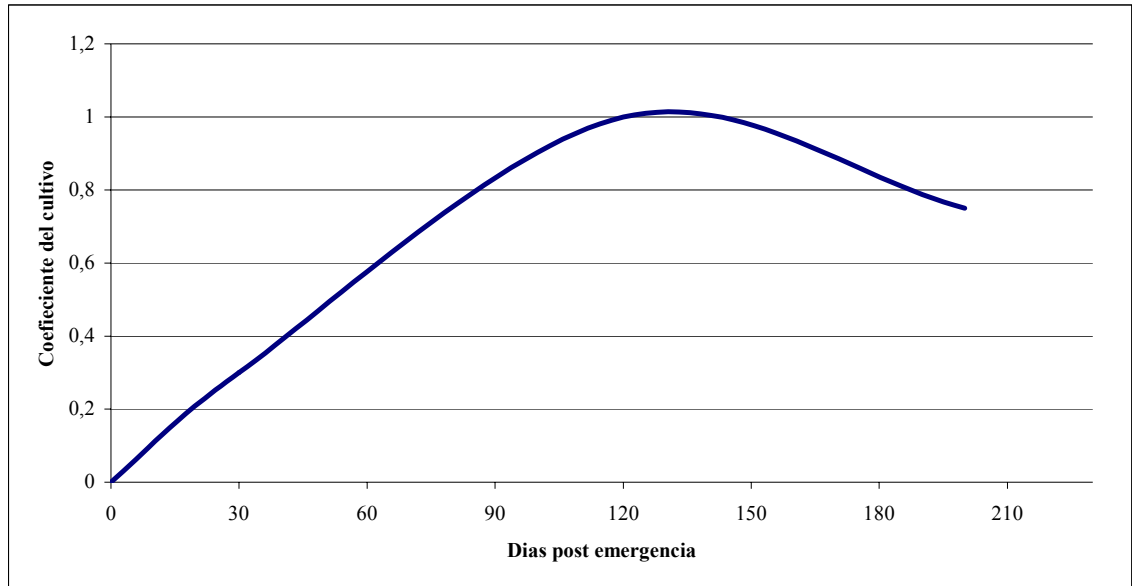


Figura 1. coeficiente del cultivo de ajo durante su crecimiento.

Cuadro 3. Flujo de ingreso y costos para una hectárea de ajos bajo el sistema de riego TGS2 (en pesos), números entre paréntesis indican ingresos negativos.

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8
COSTOS								
SISTEMA DE RIEGO								
Inversión en equipo y obra civil	2.197.818				673.200			
Depreciación	229.002	229.002	229.002	229.002	229.002	229.002	229.002	229.002
Operación y mantenimiento	59.067	59.067	59.067	59.067	59.067	59.067	59.067	59.067
PRODUCCION								
Cultivo ajo	3.428.968	3.428.968	3.428.968	3.428.968	3.428.968	3.428.968	3.428.968	3.428.968
Subtotal costos	5.914.855	3.717.037	3.717.037	3.717.037	4.390.237	3.717.037	3.717.037	3.717.037
INGRESOS								
Mercado exportación	4.662.000	4.662.000	4.662.000	4.662.000	4.662.000	4.662.000	4.662.000	4.662.000
Mercado nacional	175.000	175.000	175.000	175.000	175.000	175.000	175.000	175.000
Subtotal ingresos	4.837.000	4.837.000	4.837.000	4.837.000	4.837.000	4.837.000	4.837.000	4.837.000
Ingresos brutos netos	(1.007.855)	1.119.963	1.119.963	1.119.963	446.763	1.119.963	1.119.963	1.119.963
Impuestos 17%	-	190.393	190.393	190.393	75.959	190.393	190.393	190.393
Depreciación post impuestos	229.002	229.002	229.002	229.002	229.002	229.002	229.002	229.002
INGRESO NETO	(626.953)	1.1585.71	1.158.571	1.158.571	599.815	1.158.571	1.158.571	1.158.571

Cuadro 4. Flujo de ingreso y costos para una hectárea de ajos bajo el sistema de riego TGS3
(en pesos), números entre paréntesis indican ingresos negativos.

AÑO	1	2	3	4	5	6	7
COSTOS							
SISTEMA DE RIEGO							
Inversión en equipo y obra civil	2.715.390				1.009.800		
Depreciación	306.791	306.791	306.791	306.791	306.791	306.791	306.791
Operación y mantenimiento	58.235	58.235	58.235	58.235	58.235	58.235	58.235
PRODUCCION							
Cultivo ajo	3.253.871	3.253.871	3.253.871	3.253.871	3.253.871	3.253.871	3.253.871
Subtotal costos	6.499.892	3.784.502	3.784.502	3.784.502	4.794.302	3.784.502	3.784.502
INGRESOS							
Mercado exportación	4.491.800	4.491.800	4.491.800	4.491.800	4.491.800	4.491.800	4.491.800
Mercado nacional	190.000	190.000	190.000	190.000	190.000	190.000	190.000
Subtotal ingresos	4.681.800	4.681.800	4.681.800	4.681.800	4.681.800	4.681.800	4.681.800
Ingresos brutos netos	(1.818.092)	897.298	897.298	897.298	(112.502)	897.298	897.298
Impuestos 17%	-	152.541	152.541	152.541	-	152.541	152.541
Depreciación post impuestos	306.791	306.791	306.791	306.791	306.791	306.791	306.791
INGRESO NETO	(1.511.302)	1.051.548	1.051.548	1.051.548	194.288	1.051.548	1.051.548

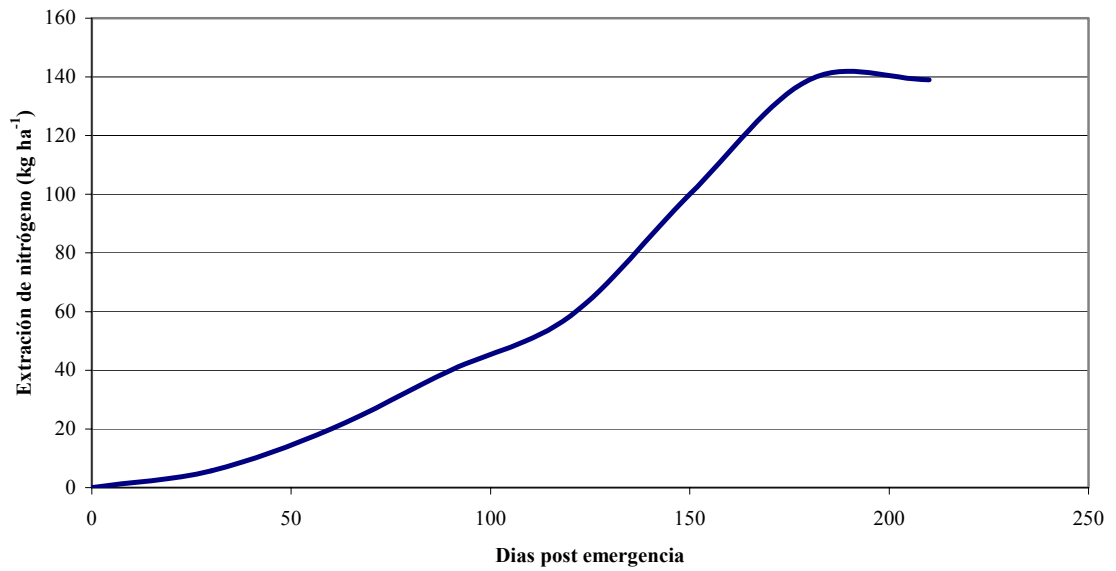
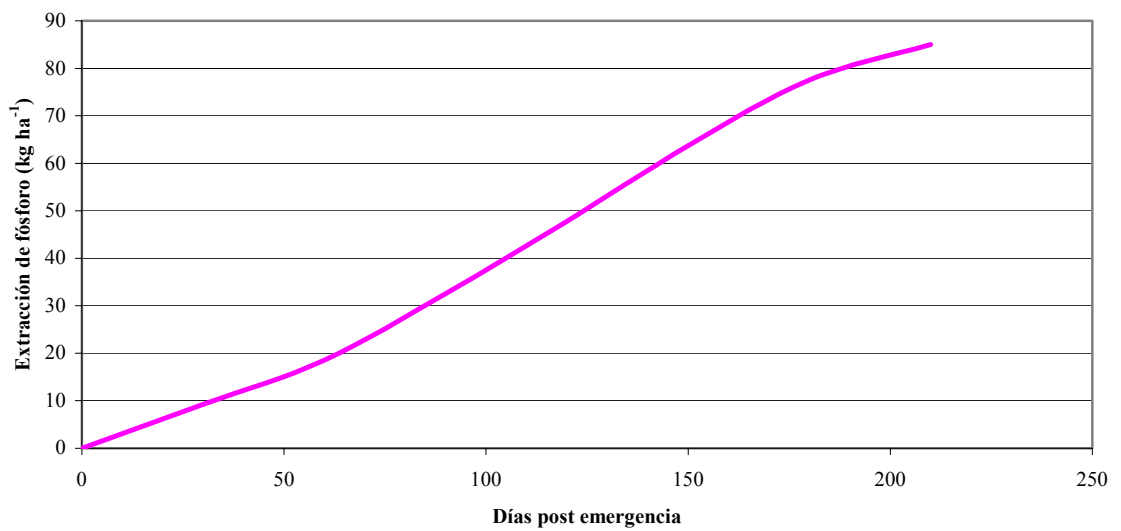
ANEXO I

Figura 1. Curva de extracción nitrógeno para el ajo (Ruiz,1985)

Figura 2. Curva de extracción de fósforo para el ajo (Castellanos et al, 2001)

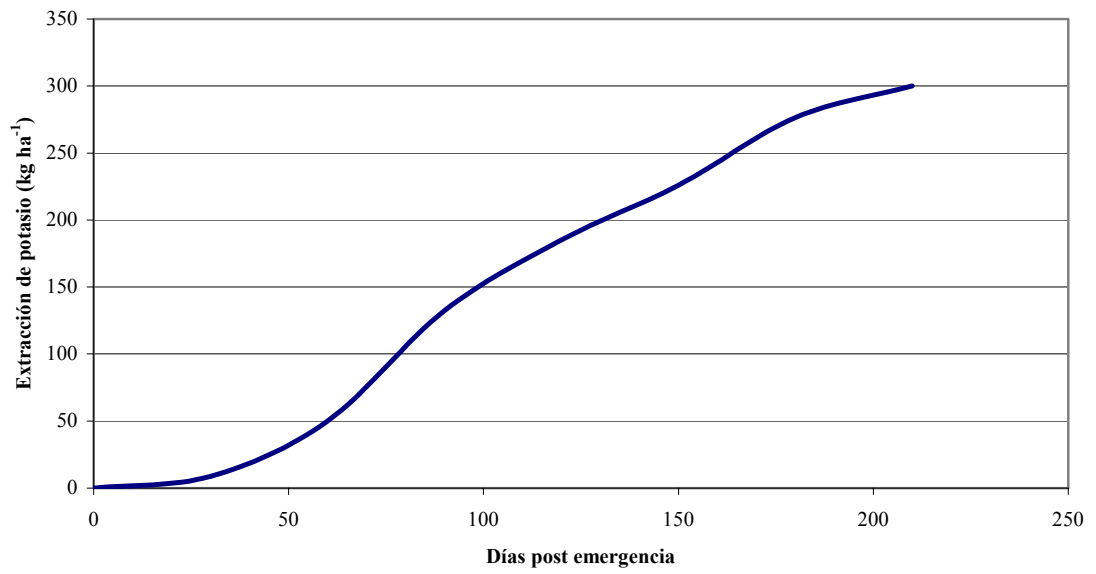


Figura 2. Curva de extracción de potasio para el ajo (Castellanos et al., 2002).