

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA



**CULTIVO DE TULIPÁN (*TULIPA GESNERIANA L.*) EN SISTEMA
CONVENCIONAL E HIDROPÓNICO**

POR

ALVARO JOSÉ FIGUEROA ARROYO

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO.**

CHILLÁN – CHILE
2022

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**CULTIVO DE TULIPÁN (*TULIPA GESNERIANA L.*) EN SISTEMA
CONVENCIONAL E HIDROPÓNICO**

POR

ALVARO JOSÉ FIGUEROA ARROYO

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO.**

CHILLÁN – CHILE
2022

Aprobada por:

Profesor Asociado, Inés Figueroa C.
Ing. Agrónomo, Mg. Cs. Dr.

Guía

Profesor Asociado, Susana Fischer G.
Ing. Agrónomo, Mg. Cs. Dr.

Asesor

Profesor Titular, Iván Vidal P.
Ing. Agrónomo, Mg. Cs. Dr.

Asesor

Profesor Asociado, Guillermo Wells M.
Ing. Agrónomo, Mg. Cs.

Decano

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
Resumen	1
Summary.....	2
Introducción	2
Materiales y Métodos.....	5
Resultados y Discusión.....	11
Conclusiones.....	20
Referencias.....	21
Anexos.....	24

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Sistema de cultivo en mesa con sistema de riego por goteo por medio de cintas con medidor de agua (a) y plantación de tulipán en hileras (b).	6
Figura 2 Sistema hidropónico NFT (a) y plantación de bulbos de tulipán en canastillos de soporte (b).	7
Figura 3 Escala del botón floral de tulipán.	9
Figura 4 Escala para la evaluación de la vida post cosecha de varas de tulipán.	10
Figura 5 Curva de crecimiento de plantas de tulipán del sistema convencional e hidropónico.	11
Figura 6 Porcentaje de botón floral de tulipán en estado de cosecha en cultivo hidropónico y convencional.	12
Figura 7 Altura de planta de tulipán en sistema convencional y sistema hidropónico.	13
Figura 8 Longitud promedio de hoja basal y de hoja secundaria de plantas de tulipán en sistema de cultivo convencional y sistema hidropónico.	14
Figura 9 Ancho de hoja basal y de hoja secundaria de plantas de tulipán en sistema de cultivo convencional y sistema hidropónico.	15
Figura 10 Longitud promedio de botón floral de plantas de tulipán en sistema convencional y sistema hidropónico.	15

	Página
Figura 11 Peso promedio de planta completa de plantas de tulipán en sistema convencional y sistema hidropónico.	16
Figura 12 Longitud promedio de raíces de plantas de tulipán en sistema convencional y sistema hidropónico.	17
Figura 13 Distribución de peso de bulbo-raíz y tallo-hoja-flor de plantas de tulipán en sistema convencional y sistema hidropónico.	18

CULTIVO DE TULIPÁN (*TULIPA GESNERIANA* L.) EN SISTEMA CONVENCIONAL E HIDROPÓNICO

CULTURE OF TULIP (*TULIPA GESNERIANA* L.) IN CONVENTIONAL AND HYDROPONIC SYSTEM

Palabras índice adicionales: técnica NFT, consumo de agua, vida postcosecha, geófitas.

RESUMEN

El tulipán (*Tulipa gesneriana* L.) es una especie ornamental de relevancia a nivel mundial. Al ser una especie estacional, Chile es considerado como un país productor atractivo de contra estación y la producción nacional especialmente de bulbos se localiza en la zona sur. Actualmente, la escases hídrica y la falta de nutrientes en los suelos de las zonas agrícolas limitan las producciones; el método de cultivo hidropónico posibilita la disminución de la cantidad de recurso utilizado, por la recirculación del agua en el sistema, además las soluciones nutritivas puede ser específicas según la especie cultivada.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el cultivo de tulipán para flor de corte en sistema hidropónico con la técnica NFT (Nutrient Film Technique) en comparación al sistema convencional en suelo. Para la realización de este experimento se utilizaron bulbos de tulipán de la variedad Denmark. El sistema de cultivo convencional se llevó a cabo en suelo como sustrato mientras que en el sistema hidropónico se utilizó la técnica recirculante NFT con un flujo continuo de agua, sobre una base con 6 tubos PVC sanitario con 39 bulbos por tubo.

Se encontró que el sistema hidropónico en cuanto al consumo de agua es más eficiente y, de plantación a cosecha, se obtienen flores de corte 5 días antes que el sistema convencional.

SUMMARY

The tulip (*Tulipa gesneriana* L.) is an ornamental species of relevance worldwide. Being a seasonal species, Chile is considered an attractive off-season producing country and the national production, especially of bulbs, is located in the southern zone. Currently, water scarcity and the lack of nutrients in the soils of agricultural areas limit production; the hydroponic cultivation method makes it possible to decrease the amount of resource used, by recirculating the water in the system, in addition, the nutritive solutions can be specific according to the cultivated species. The objective of this research was to evaluate the cultivation of tulips for cut flowers in a hydroponic system with the NFT (Nutrient Film Technique) technique compared to the conventional system in soil. To carry out this experiment, tulip bulbs of the Denmark variety were used. The conventional cultivation system was carried out in soil as a substrate, while in the hydroponic system the recirculating NFT technique was used with a continuous flow of water, on a base with 6 sanitary PVC tubes with 39 bulbs per tube.

It was found that the hydroponic system in terms of water consumption is more efficient and from planting to harvest cut flowers are available 5 days earlier than the conventional system.

INTRODUCCIÓN

El tulipán (*Tulipa gesneriana* L.) es una especie geófita monocotiledónea de la familia Liliaceae. El grupo de las geófitas son aquellas plantas que poseen estructuras subterráneas especializadas, las cuales permiten sobrevivir en épocas y condiciones adversas. Es una planta herbácea con hojas carnosas de color verde a verde – gris, sin peciolo y paralelinervadas. La planta está formada por un bulbo, que es un órgano de reserva y de multiplicación y por un disco o plato basal que es un tallo comprimido rodeado de catáfila. La escama exterior, seca, cuya función es la defensa contra la desecación y lesiones, se denomina túnica (Martínez, 2003; Nicolás, 2021).

El cultivo de tulipán se puede realizar al aire libre, sin embargo, en invernadero se obtienen flores de mejor calidad. Se puede propagar por semilla siendo la

propagación vegetativa la más utilizada y corresponde a la formación de bulbillos desde yemas axilares de las escamas (Andrango, 2017). Es una especie estacional (Anexo 1) en donde su producción, en condiciones naturales, va desde otoño a primavera (Salgado, 2016).

El origen del género Tulipa es Asia Central, pero actualmente el foco productivo de esta especie ornamental se encuentra ubicado en Holanda, siendo el país productor más importante, el mayor exportador a nivel mundial, y quien tiene el control del material genético (Morataya, 2017).

ProChile (2017), indica que el tulipán es una de las especies florales más interesantes del mercado nacional e internacional. En el año 1911, por medio de proyectos chileno – holandeses, llega a Chile el cultivo y producción de tulipanes en la zona sur del país (Cornejo, 1998). Aquí cuenta con los requerimientos edafo-climáticos como la temperatura adecuada para el desarrollo del cultivo, como para el crecimiento de flor como del bulbo. Además, en esta zona hay una escasa incidencia de áfidos y otros insectos vectores de virus, lo que contribuye al buen estado sanitario de los bulbos. En Chile, la localización preferente de la producción de bulbos y flores de tulipán se ubica desde Arauco en la VIII Región hacia el sur (Heitmann, 2012).

Según indica ODEPA (ODEPA, 2021), las exportaciones de Chile, de tulipán como flor de corte en el período 2012-2021, fueron de 7,82 ton en promedio anual, registrando el año 2013 el mayor volumen exportado con 20,5 ton. En cuanto a las importaciones en el período 2012-2021 el volumen registrado de tulipán, como flor de corte fue de 4,05 ton en promedio, y el año con mayor importación fue el 2021, entre los meses de enero a noviembre con 34,9 ton.

En algunos países el cultivo de tulipán se lleva a cabo en agua para poder tener flores de corte, disponibles durante todo el año (Sochacki y Milosy, 2019). Sin embargo, el recurso hídrico es uno de las limitantes en la producción de cualquier cultivo agrícola, aunque también es el elemento básico para llevar a cabo una producción económicamente viable. En este sentido, cabe mencionar que el cambio climático influye directamente en la escasez hídrica, lo que hace necesario disminuir el consumo de agua en las producciones agrícolas futuras (Santibáñez, 2017). Cabe

señalar que, para la producción de un kilogramo de peso fresco se necesitan aproximadamente 92 litros de agua (Mollenhauer, 2002).

De acuerdo a lo señalado precedentemente, el sistema de cultivo hidropónico con la técnica NFT (Nutrient Film Technique) permite incrementar la eficiencia de uso del agua. Este sistema facilita la reducción del consumo de agua en los cultivos, mitigando así la problemática mundial de escasez hídrica. Una de las propiedades del sistema de cultivo hidropónico es que no utiliza sustrato y las raíces de las plantas son mantenidas en una solución de nutrientes que va circulando en una lámina de agua reutilizable. Este método de producción brinda la posibilidad de cultivar en un ambiente protegido, proporcionando el manejo y monitoreo constante de factores ambientales como luz, temperatura, precipitación y viento, así como también de plagas y enfermedades; con la intención de incrementar la productividad por superficie (Beltrano *et al.*, 2015).

La finalidad de esta tecnología es proteger el cultivo, garantizar la disponibilidad de agua y oxígeno a la raíz de la planta y con ello fomentar su desarrollo, obteniendo una óptima relación aire – agua (Marulanda e Izquierdo, 2003). Este método de cultivo hidropónico posibilita la disminución de la cantidad del recurso utilizado, lo que es posible por la forma de circulación, tanto del agua como del oxígeno. Se señala que esta práctica agrícola reduce entre un 50 y 70 por ciento el consumo hídrico en comparación con el sistema convencional de riego en suelo y las condiciones de trabajo son más limpias, ya que no es necesaria la manipulación de suelo (Alveal y Campos, 2014).

La aplicación de esta técnica se ha incrementado en los últimos años principalmente en la producción de hortalizas, ya que evita problemas relacionados al cultivo en suelo, como compactación, mal drenaje y desarrollo de plagas comunes del suelo como artrópodos y nemátodos. También se debe destacar que la hidroponía, con su sistema cerrado de circulación, de agua y nutriente, es la más sostenible, evitando la pérdida por lixiviación y volatilización de nutrientes. Actualmente, las soluciones nutritivas pueden ser específicas según fenología, las variedades cultivadas, las condiciones climáticas y métodos de cultivo

considerándolos como factores que son determinantes e influyen en la formulación de las soluciones nutritivas (Vidal, 2019).

El tulipán es uno de los cultivos ornamentales que mejor se adapta al sistema hidropónico. En Holanda, alrededor del 30% de la producción de tulipanes es con la técnica de hidroponía en bandejas ya que reduce en 3 a 5 días el ciclo del cultivo en comparación con el cultivo en suelo, además la cosecha es fácil y limpia (Miller, 2002).

En Chile la técnica de cultivo hidropónico es utilizada principalmente por empresas productoras de hortalizas. Sin embargo, es posible adaptar el sistema a producción de flores cortadas, especialmente de especies bulbosas, en sistemas productivos ajustados a la agricultura familiar campesina (AFC), permitiendo diversificar los rubros productivos con sistemas de cultivo sustentables y de baja inversión.

La Universidad de Chile (2016) plantea la hidroponía como una solución a diversos problemas del ámbito de la floricultura para disponer a través de un sistema de cultivo más sostenible.

De acuerdo con lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el cultivo de tulipán para flor de corte en un sistema hidropónico NFT en comparación al sistema convencional en suelo. Los objetivos específicos fueron medir la duración del ciclo productivo, la calidad comercial de la flor y la eficiencia en el consumo de agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se desarrolló en un predio ubicado en el sector de Puente Perales, perteneciente a la comuna de Yumbel, Región del Biobío Chile (latitud 37° 14' 3,175" S, longitud 72° 32' 13,13" E y una altitud de 109 m.s.n.m.). El suelo del lugar de cultivo corresponde a las series Arenales, formados por material sedimentario y andesítico basáltico de origen volcánico, aportado en gran parte por el Cono Aluvial del Río Laja (Stolpe, 2006).

El cultivo se llevó a cabo en un invernadero que se construyó y acondicionó especialmente para el ensayo. Correspondió a un invernadero tipo capilla de 12

metros de largo por 6 metros de ancho; con una altura lateral de 2 metros. Se consideró una ventilación proporcionada por una lucarna de 20 centímetros en la parte superior y a lo largo del invernadero.

El cultivo se llevó a cabo a partir de bulbos de la variedad Denmark que corresponde a flores bicolors con pétalos de color rojo con borde amarillo. Se plantaron bulbos de calibre 11/12 adquiridos a la empresa SB Trading (Southern Bulbs Trading Spa) ubicada en la comuna de Quillota, Región de Valparaíso.

Los tratamientos correspondieron a dos sistemas de cultivo:

1. Sistema convencional: El cultivo se realizó en suelo, en una mesa de 1,20 m de ancho y 8 m de largo. La plantación se llevó a cabo el 15 de junio de 2021, en un marco de plantación de 15 cm entre hilera y 20 cm sobre hilera. El sistema de riego fue por goteo, utilizando cintas con goteros distanciados a 0,2 m, caudal 0,9 L h^{-1} y precipitación del sistema de 20 mm h^{-1} (Figura 1). En la matriz de riego se implementó un medidor para calcular la cantidad de agua utilizada (Figura 1a).

Figura 1. Sistema de cultivo en mesa con sistema de riego por goteo por medio de cintas con medidor de agua (a) y plantación de tulipán en hileras (b).

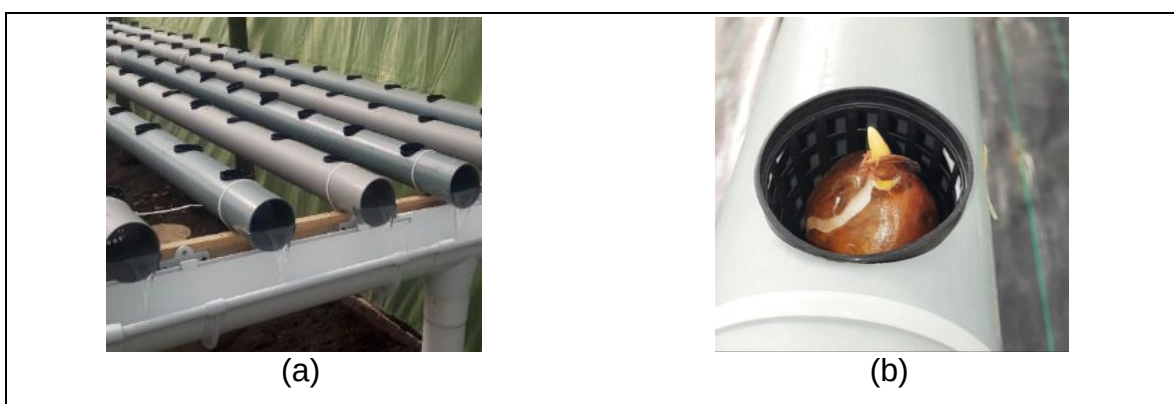


Para la fertilización se realizó un análisis de suelo previo a la plantación (Anexo 2), en base al cual se preparó una solución madre (Anexo 3). La solución madre se inyectó al sistema de riego por medio de fertirriego con Venturi, se parcializó en 3 aplicaciones en un estanque de 170 litros de agua con 2 litros de solución madre.

Durante el cultivo se realizó control de malezas manual a los 65 días posterior a la plantación.

2. Sistema hidropónico: Se utilizó el sistema hidropónico recirculante NFT (Nutrient Film Technique) con un flujo continuo de agua, el cual fue montado sobre una base de 0,9 metros de altura con una pendiente de 0,5%. El marco de plantación fue determinado por 6 tubos PVC sanitarios de 75 milímetros de diámetro, con un largo de 7,9 metros; con perforaciones de 4,8 milímetros de diámetro (Figura 2a). Se mantuvo una distancia sobre hilera de 20 centímetros y la separación entre tubos fue de 12 centímetros. La plantación fue el 15 de junio de 2021 y los bulbos se ubicaron dentro de un canastillo para hidroponía de 5 cm de diámetro y profundidad de 5 cm, con la finalidad de dar soporte al bulbo, quedando libre la circulación del agua (Figura 2b). El agua del sistema y la solución nutritiva se inyectaron por medio de una bomba de 0,5 HP durante el transcurso del día, con una frecuencia de funcionamiento de 15 min a intervalos de 30 min. El tiempo de funcionamiento fue desde las 08:00 h hasta las 18:00 h. Para medir el agua en el sistema, se incorporó un estanque dimensionado, lo que sirvió para la recirculación del agua del sistema hidropónico.

Figura 2. Sistema hidropónico NFT (a) y plantación de bulbos de tulipán en canastillos de soporte (b).



Para el cálculo de solución nutritiva se realizó un análisis de agua (Anexo 4) para poder formular y preparar la solución utilizada durante el cultivo (Anexo 5).

A diario se observó el correcto funcionamiento del sistema, tanto de la bomba como del control de pérdidas de agua. La solución nutritiva se aplicó a los 79 días posterior

a la plantación y, como el estanque disminuyó 100 litros de agua, se llenó hasta llegar nuevamente a 500 litros para el cálculo de la solución nutritiva. En este sistema no fue necesario hacer control de malezas ya que no se desarrollaron.

Manejo del cultivo

Previo a la plantación, en ambos sistemas, los bulbos fueron desinfectados con el fungicida Galben M® (i.a. Benalaxilo y Mancozeb) para lo cual se preparó la solución en concentración 5 g L^{-1} , en donde fueron sumergidos los bulbos durante 15 min y, posteriormente, fueron secados a temperatura ambiente.

Para el control preventivo de enfermedades fungosas se aplicó el mismo producto por aspersión cada 15 días. El control de plagas en el sistema hidropónico no fue necesario ya que no se observó presencia de insectos, en cambio en el sistema en suelo, sí se observaron pulgones en casi todas las plantas, pero no se aplicó control.

Variables a evaluar

Desarrollo del cultivo y vida postcosecha

- Crecimiento de la planta (cm): Se midió la altura de planta desde el estado de primera hoja desplegada, lo que correspondió a los 59 días de la plantación cuando el 100 % de las plantas alcanzaran este estado. Se seleccionaron 6 plantas al azar una por cada hilera de ambos sistemas para medir crecimiento semanal. Se midió la altura de la planta desde el punto de inserción del tallo en el bulbo, en el caso de las plantas en cultivo hidropónico y, desde la base del suelo, en las plantas de cultivo convencional.
- Momento de cosecha (días): se contabilizaron los días desde plantación hasta que el botón floral mostró 50% de color (Estado 2) pero aún se encontraba cerrado (Figura 3).

Figura 3. Escala del botón floral de tulipán donde 1- Menos del 50% de coloración de botón. 2- Más del 50% de coloración de botón. 3- Botón parcial o totalmente abierto. 4- Comienzo de signos de deshidratación y oscurecimiento de tépalo. 5- Al menos un tépalo dehiscente.



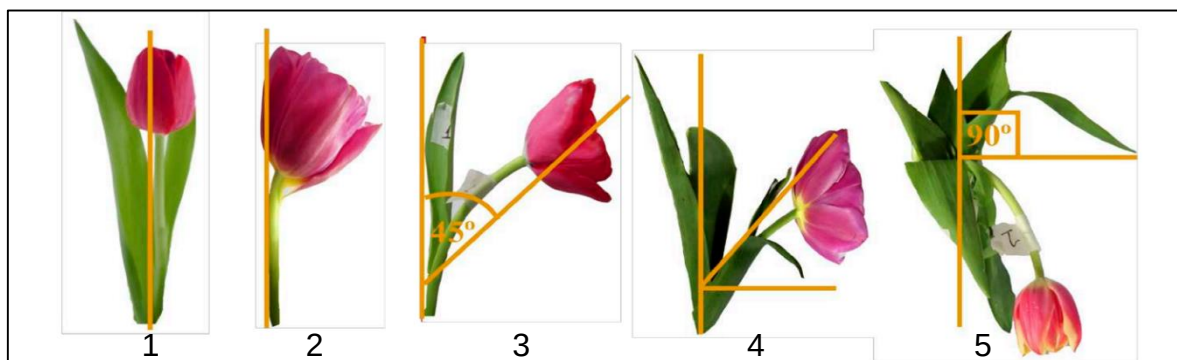
Fuente: Adaptado de Orellana, (2015)

- Altura de planta a cosecha (cm): al momento de cosecha se midió la altura desde el punto de corte del tallo floral hasta el ápice del botón floral. Convencional e hidropónico. Para la medición de la altura en el sistema convencional se cortaron las plantas a nivel del suelo, en cambio, en el sistema hidropónico fue en la inserción del bulbo y el tallo.
- Expansión foliar (cm): previo a cosecha, se midió largo y ancho de la hoja basal y secundaria de plantas.
- Longitud del botón floral (cm): al momento de la cosecha se midió el largo del botón floral desde el punto de inserción en el tallo hasta el ápice.
- Peso fresco de planta (g): posterior a la cosecha las plantas completas fueron pesadas en fresco.
- Expansión radicular (cm): se midió la longitud de las raíces de 18 plantas de tulipán por tratamiento. Las raíces se lavaron y se extendieron sobre una mesa para ser medidas.
- Proporción bulbo y raíz (%): se separó la parte aérea y se pesó el bulbo y raíz de 18 plantas por tratamiento, registrando su peso fresco (g), para posteriormente calcular el porcentaje correspondiente.

- Vida postcosecha de flores cosechadas con bulbo y sin bulbo: se cosecharon flores con y sin bulbo y, posteriormente, se colocaron en recipientes con agua potable para contabilizar los días desde cosecha hasta cuando la inclinación del tallo alcanzó los 45° desde la posición vertical de acuerdo a la Figura 4.

Figura 4. Escala para la evaluación de la vida post cosecha de varas de tulipán

1- Vara completamente erguida. 2- Vara con leve curvatura en la zona superior del tallo. 3- Inclinación menor a 45° desde posición vertical. 4- Inclinación mayor a 45° y menor a 90° desde posición vertical. 5- Inclinación mayor a 90° desde posición vertical.



Fuente: Adaptado de Orellana, (2015)

- Presencia de plagas: al momento de la cosecha se realizó una evaluación visual para determinar la presencia de plagas.

2. Consumo de agua del cultivo

Para ambos sistemas de cultivo se midió el consumo total de agua durante todo el ciclo de crecimiento y se calculó el consumo por planta, para estimar la eficiencia de uso de agua.

Diseño experimental y análisis de datos

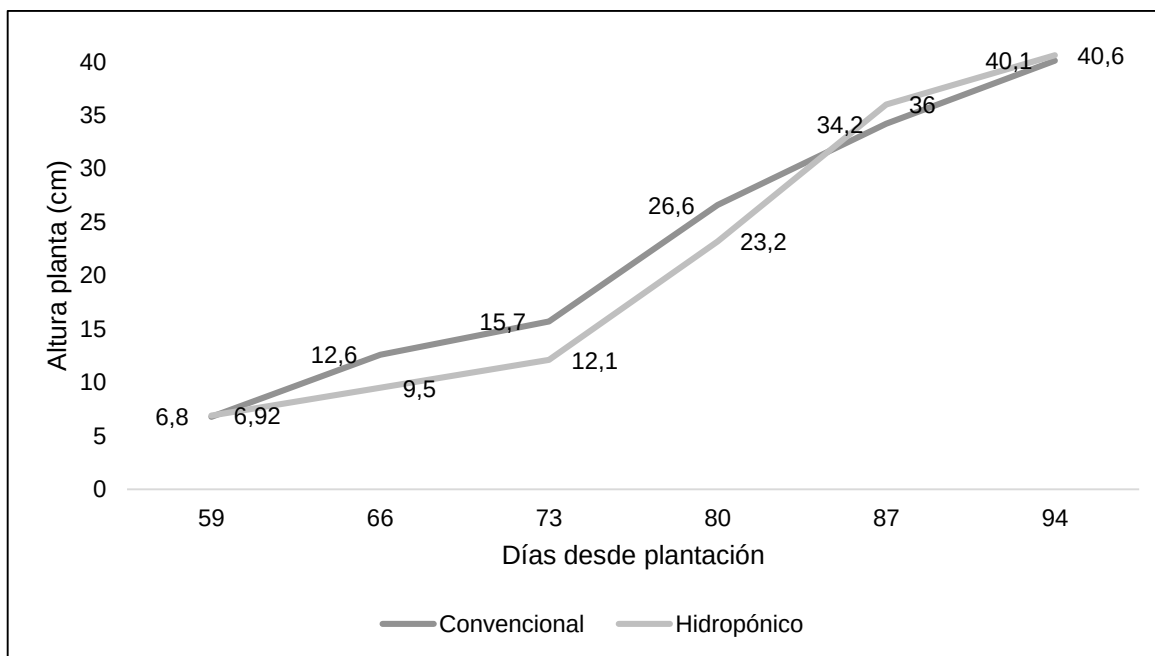
El diseño experimental fue completamente al azar con 2 tratamientos que correspondieron a los sistemas de cultivo. Sistema convencional y sistema hidropónico y 6 repeticiones. Los datos obtenidos fueron sometidos a la Prueba t de Student con una significancia de 5 % ($\alpha = 0,05$). Los análisis se llevaron a cabo con el programa estadístico Infostat (Balzarini *et al.*, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta y crecimiento

Esta variable se midió desde el estado de primera hoja desplegada y no se encontró diferencia significativa ($p>0,05$) entre sistema de cultivo convencional e hidropónico en ninguna de las fechas de medición. La altura de planta a los 59 días había alcanzado los 6,92 cm en el sistema hidropónico mientras que en el sistema convencional fue de 6,80 cm. A los 94 días de plantación el promedio de la altura de crecimiento fue 40,6 cm en el sistema hidropónico y 40,1 cm en el sistema convencional (Figura 5).

Figura 5. Curva de crecimiento de plantas de tulipán del sistema convencional e hidropónico.



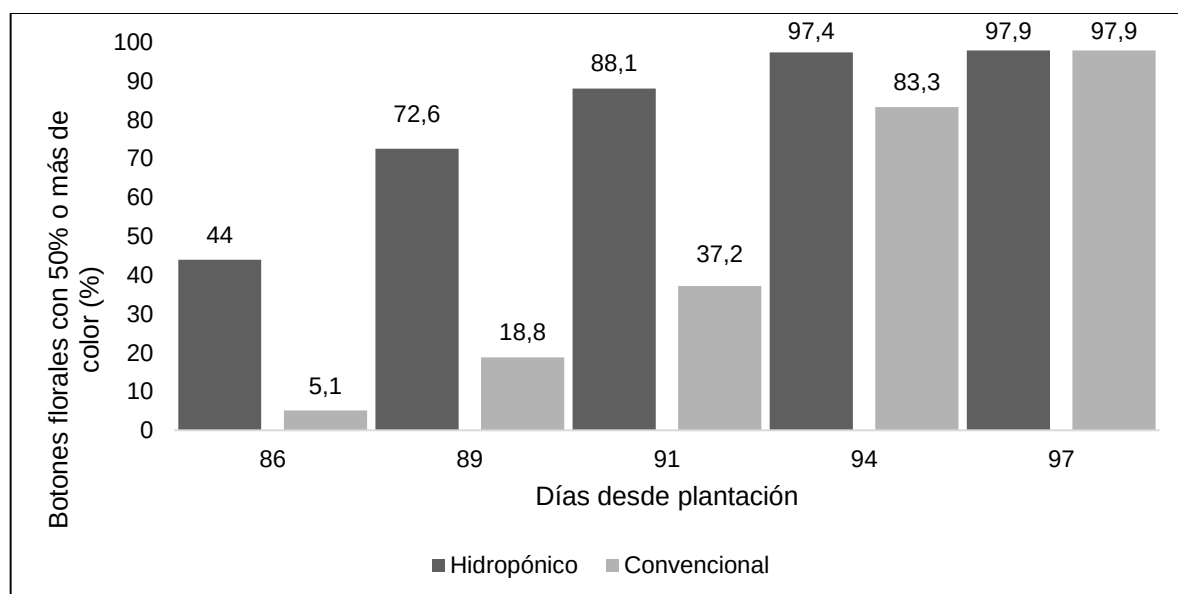
La curva de crecimiento coincide con lo señalado por Ramírez *et al.*, (2010), quienes indican la importancia de los contenidos nutrimentales del bulbo, en donde, en la etapa inicial, las reservas del bulbo son las que aportan los nutrientes que necesita la planta para desarrollarse. En hidroponía a diferencia del sistema convencional, la solución hidropónica juega un rol fundamental en el crecimiento de la planta, ya que aporta los nutrientes que el agua no tiene; en cambio en el sistema convencional el suelo posee nutrientes para el crecimiento de los tulipanes. Entre los 66 y 80 días, se observó una diferencia en altura, pero no significativa estadísticamente ($p>0,05$),

ya que las plantas de cultivo convencional presentan una mayor altura. Esto podría deberse al aporte de nutriente del suelo ya que la aplicación de la solución nutritiva, en ambos sistemas, comenzó a los 79 días de plantación, lo que explicaría el incremento, en ambos sistemas, de la altura de la planta, siendo levemente superior en el cultivo hidropónico.

Momento de cosecha

Se encontró una diferencia de 5 días entre los sistemas (Figura 6), en donde el sistema hidropónico a los 89 días de plantación presentó un 72,6% plantas listas para corte, entre plantas con un 50% color y botón parcial o totalmente abierto.

Figura 6. Porcentaje de botón floral de tulipán en estado de cosecha en cultivo hidropónico y convencional.



En cambio, en el sistema convencional a los 89 días de plantación, presentó un 18,8% entre plantas con 50% color y botón parcial o totalmente abierto. Además, a los 94 días de plantación, el sistema convencional presentó un 83,3% de plantas listas para corte, con 50% color y botón parcial o totalmente abierto. En el sistema hidropónico a los 94 días de plantación se observó un 97,4% de plantas con 50% color y botón parcial o totalmente abierto.

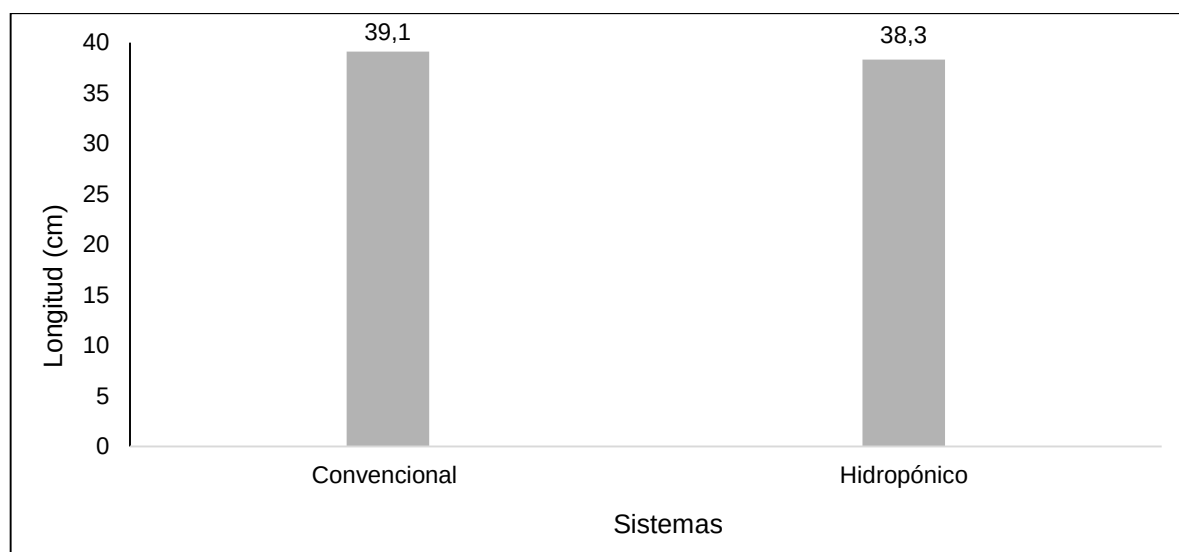
En ambos sistemas la medición anterior fue 3 días antes; en el sistema hidropónico a los 86 días se observaron solo 103 plantas en botón visible representando un 44%. En el sistema convencional, a los 91 días, se encontró 147

plantas en botón visible representando un 62,8%. En estado de botón visible y con menos de 50 % de color no se recomienda cosechar ya que puede ocurrir que el botón floral no se encuentre maduro y no desarrolle el color.

Altura de planta

Para la altura de planta en cosecha, no se encontró diferencia significativa ($P > 0,005$) entre ambos sistemas, presentando el sistema convencional 39,1 cm. mientras que el sistema hidropónico 38,3 cm (Figura 7).

Figura 7. Altura de planta de tulipán en sistema convencional y sistema hidropónico.



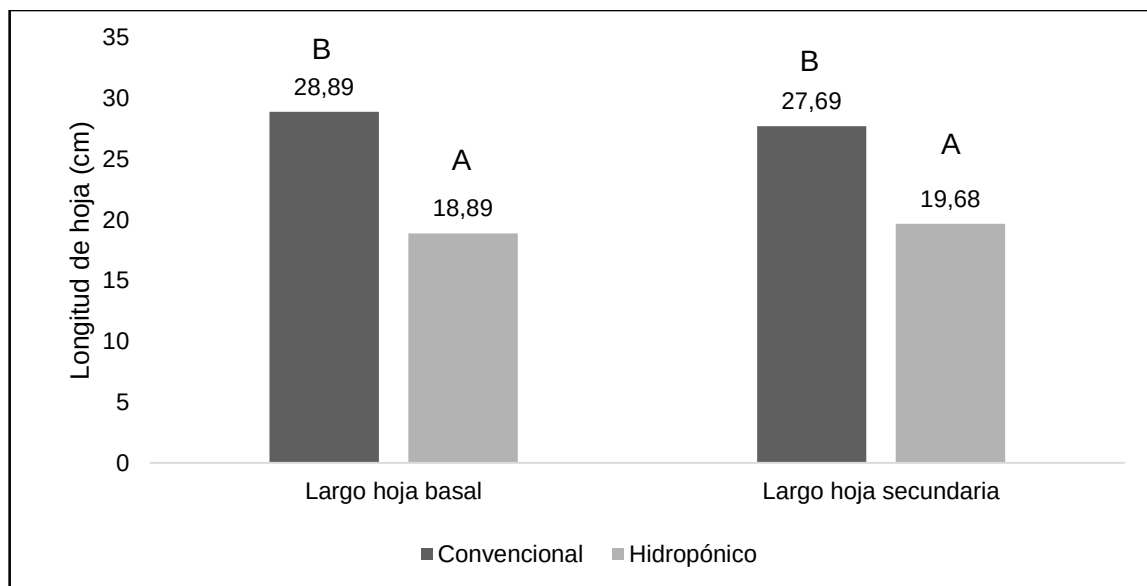
La calidad de los tallos florales en cosecha, están estrechamente relacionados con la aplicación de fertilizante ya que las reservas nutrimentales con las que cuenta los bulbos no son suficientes para garantizar la calidad de los tallos florales (Rodríguez-Mendoza *et al.*, 2011). Por lo cual, como en ambos sistemas se aplicó solución nutritiva a partir de los 79 días desde plantación, se podría señalar que depende de la fertilización más que del sustrato de crecimiento.

Longitud expansión foliar

En la longitud tanto de la hoja basal como de la hoja secundaria se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el sistema convencional e hidropónico. Donde en el sistema convencional presentó mayor longitud la hoja basal, con 29,89 cm de largo, a diferencia del sistema hidropónico que alcanzó 18,89 cm. En la hoja

secundaria presentó 27,69 cm y 19,68 cm de longitud en sistema convencional e hidropónico respectivamente (Figura 8).

Figura 8. Longitud promedio de hoja basal y de hoja secundaria de plantas de tulipán en sistema de cultivo convencional y sistema hidropónico.



Los resultados obtenidos muestran que la planta en cultivo convencional en suelo presentó un mayor desarrollo foliar para ambas hojas.

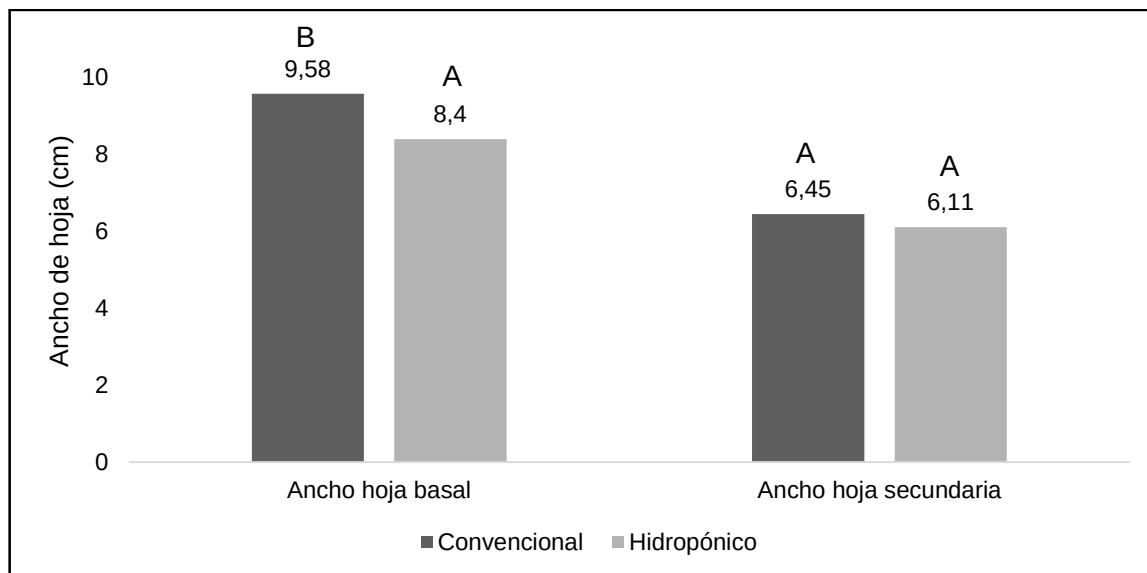
El desarrollo foliar de la planta es un atributo fundamental en la comercialización ya que en una planta no solo destaca el botón floral, si no que la planta completa (tallo, hojas y botón floral). Las hojas, en un ramo floral, es lo que se describe como follaje y es la base de cualquier creación, dando mayor calidad a la flor cortada.

Ancho de hoja basal y secundaria

Para el ancho de la hoja basal se observó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre ambos sistemas de cultivo, donde la hoja basal fue más ancho en el sistema convencional (9,58 cm) que en el sistema hidropónico, el cual fue de 8,40 cm.

Sin embargo, en el ancho de hoja secundaria, no se encontró diferencia ($p > 0,05$) entre ambos sistemas. La hoja del sistema convencional presentó un ancho de 6,45 cm y del sistema hidropónico 6,11 cm (Figura 9).

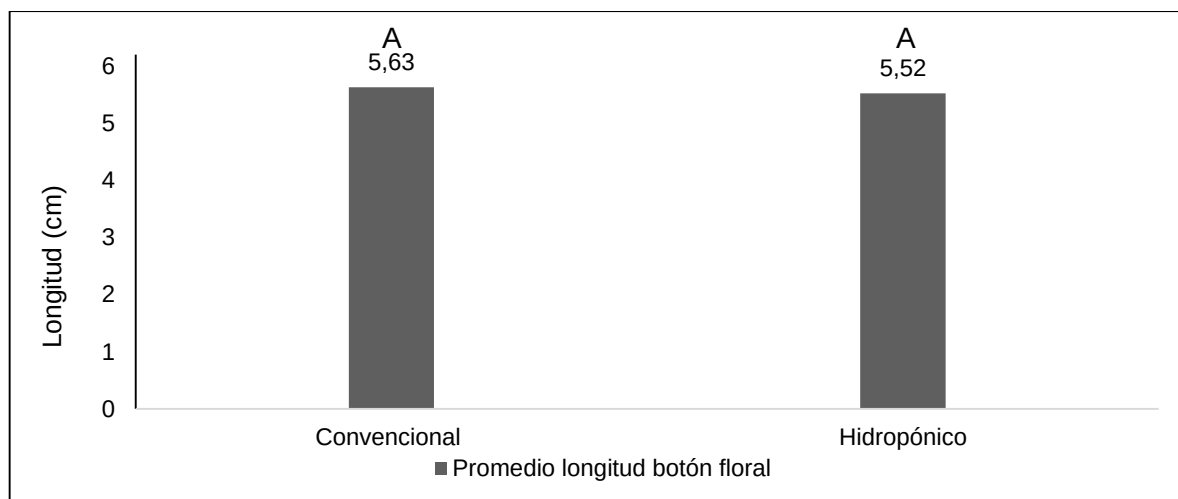
Figura 9. Ancho de hoja basal y de hoja secundaria de plantas de tulipán en sistema de cultivo convencional y sistema hidropónico.



Longitud del botón floral

Para la longitud del botón floral no se observó diferencia significativa ($p > 0,05$) entre sistema convencional e hidropónico. El promedio de longitud del botón floral, del sistema convencional, fue de 5,63 cm y en el sistema hidropónico fue de 5,52 cm (Figura 10). La longitud del botón floral en ambos sistemas está dentro del rango señalado por la empresa proveedora (5 a 6 cm), lo que cumple con la calidad comercial de la planta en ambos sistemas.

Figura 10. Longitud promedio de botón floral de plantas de tulipán en sistema convencional y sistema hidropónico.

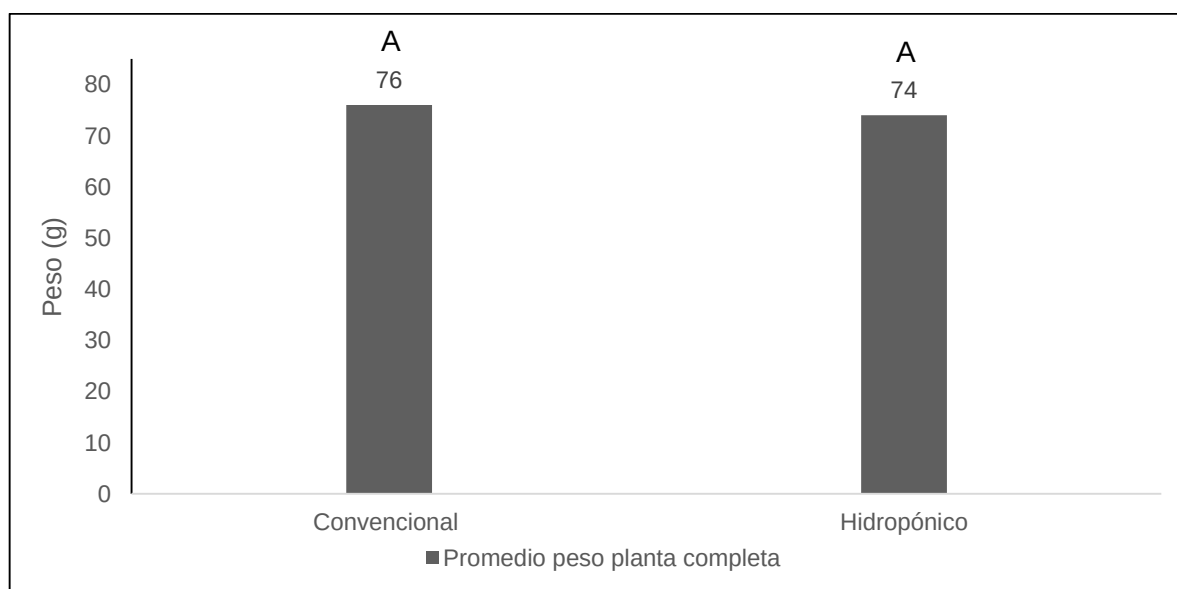


Peso planta completa

Para la variable peso de planta completa (raíz, bulbo, tallo, hojas y flor), entre sistema convencional e hidropónico, no se encontró diferencia significativa ($P>0,05$) con promedio de peso en el sistema convencional de 76 g y para el sistema hidropónico de 74 g (Figura 11).

Los resultados se podrían deber a que, en ambos sistemas, se utilizó una solución nutritiva similar, basada en la demanda de nutrientes del cultivo de tulipán y, el análisis de suelo en el sistema convencional, mientras que, en el sistema hidropónico, se utilizó el análisis de agua.

Figura 11. Peso promedio de planta completa de plantas de tulipán en sistema convencional y sistema hidropónico.



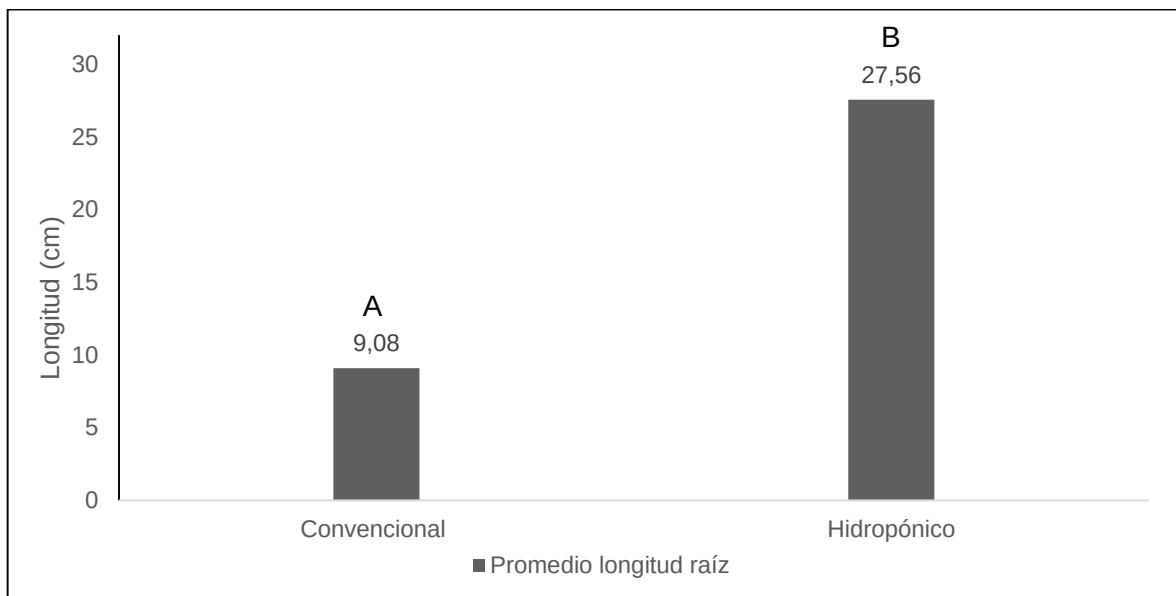
Longitud raíz de tulipán

Se observó diferencia significativa ($p<0,05$), siendo el sistema hidropónico el que presentó mayor longitud de raíces en las plantas de tulipán, con un promedio de 27,56 cm mientras que en el sistema convencional fue de 9,08 cm en promedio (Figura 12).

En este estudio, la menor longitud de raíces, en el sistema convencional podría deberse a que el suelo de este sistema presentaba compactación y baja porosidad, lo que limitó el crecimiento de raíces. Por otra parte, al momento de la evaluación,

la extracción de los bulbos para medir la longitud, fue de mayor complejidad retirar los restos de suelo las raíces.

Figura 12. Longitud promedio de raíces de plantas de tulipán en sistema convencional y sistema hidropónico.



Para el sistema radicular los autores Francescangeli y Bobadilla (2017), señalan que los suelos para el cultivo de tulipán deben ser liviano, tener muy buen drenaje y sin compactación para facilitar la plantación y cosecha de los bulbos. El sustrato ideal, que se utiliza en producción de plantas ornamentales debe permitir una adecuada penetración de raíces, alta retención de agua y buena aireación (20%)

Para el crecimiento de las plantas se debe complementar la fertilización con un sustrato capaz de permitir el desarrollo de raíces en un espacio reducido, con suficiente agua y aire (Trejo-Téllez *et. al.*, 2013). En cambio, en el sistema hidropónico las plantas alcanzaron una mayor longitud de raíces ya que tenían más espacio para desarrollarse y la limitante solo fue el diámetro de los tubos de la técnica NFT.

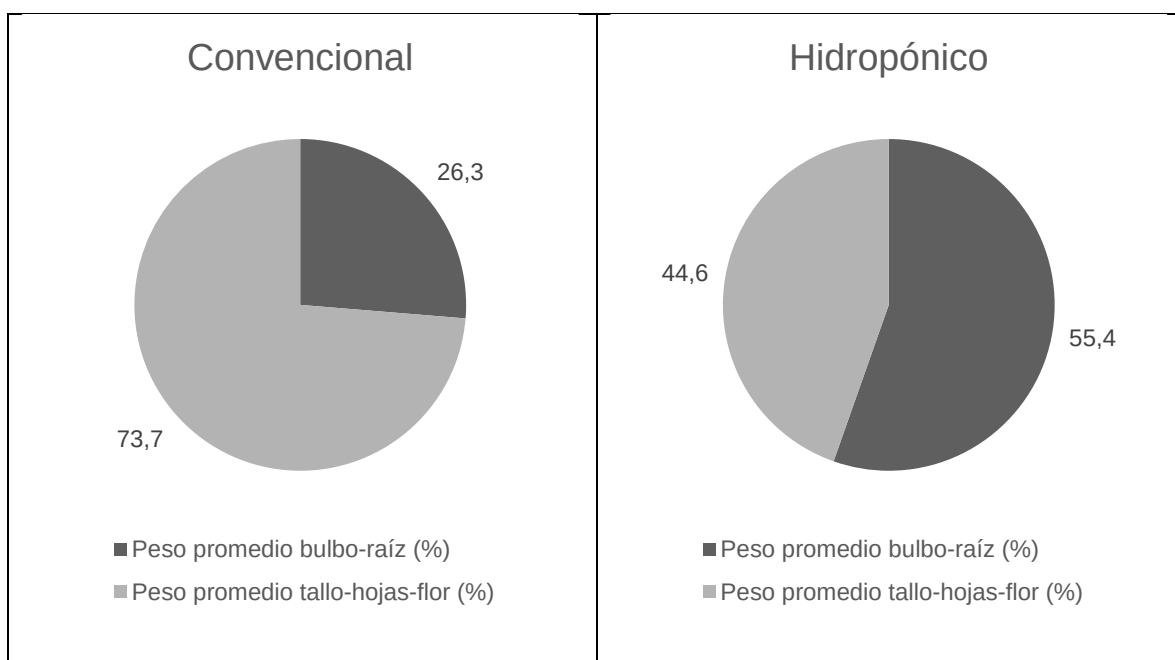
Pero el crecimiento radicular fue horizontal tomando el mismo curso del flujo de agua, llegando algunas plantas a entrecruzar sus raíces.

Proporción bulbo-raíz y de peso tallo-hoja-flor

El análisis del peso bulbo-raíz, presentó diferencia significativa ($p<0,05$), donde el mayor peso de bulbo-raíz se observó en plantas del sistema hidropónico, con 41 g que corresponde al 55,4% del peso total de la planta, en comparación al sistema convencional con un peso promedio de 20 g que corresponde al 26,3%.

Además, en la variable peso de tallo-hoja-flor se encontró diferencia significativa ($p<0,05$), observando que en el sistema convencional, un peso promedio de 56 g (73,7%), en comparación al sistema hidropónico cuyo peso promedio fue de 33 g (44,6%) (Figura 13).

Figura 13. Distribución de peso de bulbo-raíz y tallo-hoja-flor de plantas de tulipán en sistema convencional y sistema hidropónico.



De acuerdo con los resultados obtenidos la planta de tulipán compensó el peso entre sus componentes. Así, en sistema convencional, las raíces y bulbo presentaron menor peso, concentrado mayor peso fresco en la parte aérea, desde la inserción de tallo en el bulbo. En cambio, en el sistema hidropónico, se observó lo contrario ya que las raíces fueron voluminosas y de mayor peso que la parte aérea que presentó un menor peso fresco.

Vida postcosecha de flores cosechadas con bulbo y sin bulbo

No se observaron diferencias ($P>0,05$) al comparar ambos sistemas, tanto en flores cosechadas sin bulbo, donde el corte en sistema convencional fue a nivel de suelo y en el sistema hidropónico donde se cortaron en la inserción del tallo con el bulbo. Los resultados para ambos sistemas fueron de 14 días de vida postcosecha en florero.

En las flores cosechadas con bulbo tampoco se observaron diferencias entre ambos sistemas, sin embargo, las varas con bulbo duraron 28 días en florero.

Al comparar las varas de tulipán con o sin bulbo, la diferencia en los días postcosecha para ambos sistemas fueron de 14 días. Esto se explicaría debido a que el bulbo aporta nutrientes a las varas cosechadas.

Según Orellana (2015), la apariencia, calidad y longevidad de las flores depende de las condiciones del cultivo, el momento oportuno de la cosecha y el manejo de post cosecha. Los tulipanes presentan una corta vida de postcosecha, ya que son flores de tejidos que requieren de abundante agua para mantenerse turgentes. Debido a esto, es muy importante mantener las varas de tulipán en frío con temperaturas recomendadas entre 0 a 2 °C y humedad de 90 a 95%. De acuerdo a los resultados, cosechar las flores con bulbo podría ser una alternativa de comercialización tanto por la mayor duración postcosecha como por lo atractivo de mantener el bulbo unido a la flor.

Presencia de plagas

Según Pedreros y Tima (2002), los pulgones dañan a la planta reduciendo su calidad ornamental y puede ser vectores de virus. Se controlan con aplicaciones de químicos, cuando sus poblaciones son elevadas. Por lo tanto, el sistema hidropónico presentó una ventaja con respecto al sistema de cultivo convencional lo que reduciría las labores de manejo del cultivo.

En el ensayo, al momento de cosechar las varas de tulipán, se observó presencia de pulgones en el sistema convencional donde se contabilizaron en promedio 4 pulgones por planta. Mientras que en el sistema hidropónico no se observaron, por lo que no se realizó control de plagas, en ningún sistema.

Una de las prácticas agrícolas que pudo tener efecto en la baja incidencia de plagas en este ensayo fue el control de malezas ya que en el sistema convencional se desarrolló gran cantidad de malezas lo que llevó a la aparición de pulgones en el cultivo, en cambio en el sistema hidropónico como no hubo malezas no se observó presencia de pulgones. Por lo tanto, el sistema hidropónico presentó una ventaja con respecto al sistema de cultivo convencional lo que reduciría las labores de manejo del cultivo.

Consumo de agua del cultivo

El consumo de agua en el sistema convencional de las 234 plantas de tulipán, durante todo el ciclo del cultivo en los 92 días desde plantación a cosecha, fue en promedio de 410 L m^{-2} .

En cambio, en el sistema hidropónico se estimó midiendo el consumo con respecto al total de agua del estanque, en los 92 días de plantación a cosecha, fue de 21 L m^{-2} .

Estos resultados permiten afirmar que el sistema hidropónico, en cuanto al consumo de agua, es más eficiente que el sistema convencional, lo que contribuiría a un ahorro de este importante y escaso recurso.

CONCLUSIONES

El sistema hidropónico permite reducir el ciclo productivo de plantación a cosecha

En cuanto a la calidad de la flor, la longitud del botón floral y la longitud de la vara es similar en ambos sistemas de cultivo (convencional e hidropónico).

En el sistema hidropónico se reducen las labores culturales como el control de maleza y plagas.

El sistema hidropónico es más eficiente en cuanto al uso de agua en comparación al sistema convencional.

REFERENCIAS

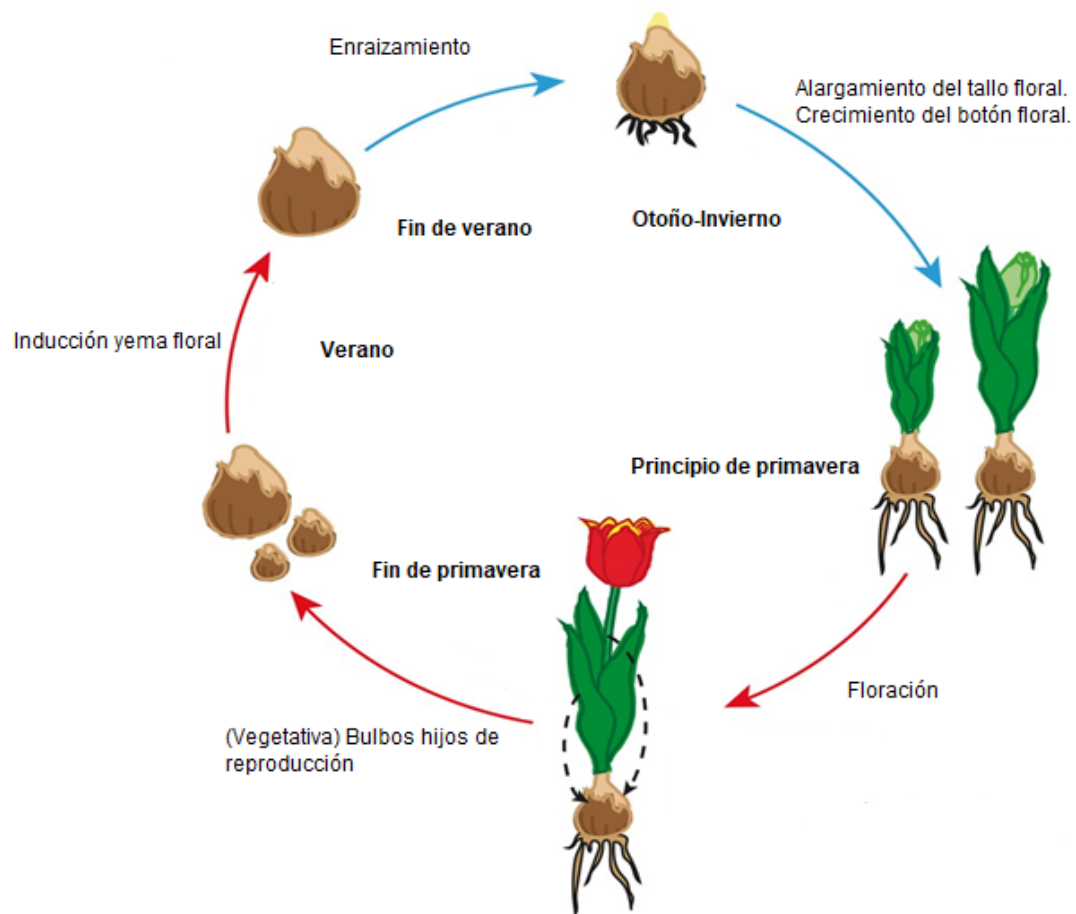
1. Alveal, M.A. y K.C. Campos. 2014. Estudio comparativo de sistemas de riego hidropónico y por goteo. Seminario de título, Ingeniero de Ejecución en Mecánica. Universidad del Bío-Bío, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica. Concepción, Chile.
2. Andrango, J.E. 2017. Evaluación del efecto de la densidad de siembra en el crecimiento y calidad post cosecha en tres variedades de tulipán, en Machachi-Ecuador. Proyecto de investigación, Ingeniero en Agroempresas. Universidad San Francisco de Quito USFG, Colegio de Ciencias e Ingenierías. Quito, Ecuador.
3. Balzarini, M.G., L. González, M. Tablada, F. Casanoves, J.A. Di Rienzo y C.W. Robledo. 2008. InfoStat: software estadístico. Manual del usuario. Versión 2008. Brujas. Córdoba, Argentina.
4. Beltrano, J., D.O. Giménez, M.F. Ruscitti, A.V. Carbone, R. Andreau, A.L. Vasicek, B.L. Ronco, S.B. Martínez y M. Garbi. 2015. Cultivo en hidroponía. Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires, Argentina.
5. Cornejo, M.A. 1998. Forma del bulbo y su incidencia en la producción de bulbillos de tulipán (*Tulipa* sp.). Memoria de título, Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía. Chillán, Chile.
6. Francescangeli, N. y S.E. Bobadilla. 2017. Guía práctica para el cultivo de flores y bulbos de tulipán. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina.
7. Heitmann, W. 2012. Intercambio comercial de bulbos florales para el mercado chileno. Memoria de título, Ingeniero Agrónomo. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía. Valdivia, Chile.
8. Leeggangers, H.A.C.F. 2017. The hot, the cold and the tulip: The regulation of flowering time and dormancy release. Thesis, Doctor. Wageningen University. Wageningen, The Netherlands.
9. Martínez, S.R. 2003. Análisis de mercado y estudio técnico - económico de producción de bulbos de tulipán. Estudio de caso. Panguipulli. Décima Región, Chile. Tesis, Licenciado en Agronomía. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía. Valdivia, Chile.
10. Marulanda, C. y J. Izquierdo. 2003. La huerta hidropónica popular: Curso audiovisual. Manual técnico. (3a. ed.). FAO. Santiago, Chile.

11. Miller, B. 2002. A primer on hydroponic cut tulips. GPN Mag. 12(8): 8-12.
12. Mollenhauer, C.J. 2002. Determinación de los parámetros necesarios para la demanda potásica del cultivo de tulipán (*Tulipa* sp.). Tesis, Licenciado en Agronomía. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía. Valdivia, Chile.
13. Morataya, A.C. 2017. Análisis de pre-factibilidad sobre el establecimiento del cultivo de tulipán (*Tulipa gesneriana*) bajo macro túnel para venta en el mercado local. Sistematización de práctica profesional. Trabajo, Ingeniera Agrónoma con énfasis en Gerencia Agrícola en el Grado Académico de Licenciada. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
14. Nicolás, J. 2021. Efecto de la fertilización biológica- mineral en tulipán cv Barcelona. Tesis, Posgrado en Especialidad en Floricultura. Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias Agrícolas. Toluca, México.
15. ODEPA (Chile). 2021. Avance por grupo de productos [en línea: programa computacional]. ODEPA, Chile. <<http://www.odepa.gob.cl/avance-por-grupos-de-productos/>>. [Consulta: 11 diciembre 2021].
16. Orellana, K.D. 2015. Efecto de la atmósfera modificada sobre la vida en florero de tulipanes de corte. Memoria de título, Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile.
17. Pedreros, A. y P. Tima. 2002. Técnicas de producción de tulipanes: Provincia de Arauco, Región del Bío Bío. Boletín INIA N°95. INIA Quilamapu. Chillán, Chile.
18. ProChile. 2017. El mercado de bulbos de tulipanes y liliun en Rusia [en línea]. ProChile. <https://www.prochile.gob.cl/wpcontent/uploads/2017/09/fmp_bulbos_de_lilium_y_tulipanes_rusia_2017.pdf>. [Consulta: 18 agosto 2020].
19. Ramírez, M., L.I. Trejo-Téllez, F.C. Gómez y P. Sánchez. 2010. La relación K^+/Ca^{2+} de la solución nutritiva afecta el crecimiento y calidad postcosecha del tulipán. Rev. Fitotec. Mex. 33(2): 149-156.
20. Rodríguez-Mendoza, M.N., B. Osorio-Rosales, L.I. Trejo-Téllez, M.L. Arévalo-Galarza y A.M. Castillo-González. 2011. Producción organomineral de tulipán (*Tulipa gesneriana* L.) para flor de corte. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 17(3): 117-127.

21. Salgado, C. 2016. Análisis de mercado y estudio técnico-económico para la producción de bulbos de tulipán en la Región de los Ríos. Memoria de título, Ingeniero Agrónomo. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía. Valdivia, Chile.
22. Santibáñez, F. 2017. El cambio climático y los recursos hídricos de Chile. pp: 147-178. En: A. Apey, D. Barrera y T. Rivas (Eds.). Agricultura chilena: Reflexiones y desafíos al 2030. ODEPA. Santiago, Chile.
23. Sochacki, D. and I. Miłosz. 2019. The effect of different nutrient solutions on quality of cut tulips forced hydroponically. *Acta Hortic.* 1237: 193-198.
24. Stolpe, N.B. 2006. Descripciones de los principales suelos de la VIII Región de Chile. Publicaciones del Departamento de Suelos y Recursos Naturales N°1. Universidad de Concepción. Facultad de Agronomía. Chillán, Chile.
25. Trejo-Téllez, L.I., M. Ramírez-Martínez, F.C. Gómez-Merino, J.C. García-Alvarado, G.A. Baca-Castillo y O. Tejeda-Sartorius. 2013. Evaluación física y química de tezontle y su uso en la producción de tulipán. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 4(5): 863-876.
26. Universidad de Chile. 2016. Factibilidad técnica y económica de un sistema hidropónico para flores bulbosas. Universidad de Chile. Facultad de Agronomía. Santiago, Chile.
27. Vidal, I. 2019. Cultivos sin suelos e hidropónicos. pp: 133-153. En: *Fertirrigación: Desde la teoría a la práctica*. Universidad de Concepción. Facultad de Agronomía. Chillán, Chile.

ANEXOS

Anexo 1. Ciclo de tulipán



Fuente: Adaptado de: Leeggangers, 2017 y Cornejo, 1998.

Anexo 2. Análisis de suelo previo a establecimiento del ensayo (Laboratorio de la empresa Irrifer, Casa Matriz km 12 Camino a Cato, Chillán.)

Determinación	Invernadero 3	Categoría normal o nivel suficiencia
pH	6.6	6,0-7,0
Mat. Orgánica (%)	2.3	2,0-8,0
Cond. Eléctrica (dS/m) (1:2,5)	0.23	<1,0
Amonio N-NH ₄ (mg/kg)	1	> 10
Nitrato N-NO ₃ (mg/kg)	1	> 10
N disponible (mg/kg)	2	20-60
Fósforo disponible (mg/kg)	20	20
Potasio Interc. (cmol/kg)	0.48	0,30-0,45
Potasio disponible (mg/kg)	187	115-175
Calcio inter. (cmol/kg)	6.1	4,0-8,0
Magnesio inter. (cmol/kg)	4.20	0,6-1,5
Sodio inter. (cmol/kg)	0.08	<1,0
Suma de bases (cmol/kg)	10.9	5,0-10,0
Azufre disponible (mg/kg)	1.5	16-30
Aluminio interc. (cmol/kg)	0.01	<0,15
CICE (cmol/kg)	10.9	>5,0
Saturación de Al (%)	0.1	<2,0
Saturación de K (%)	4.4	5-10
Saturación de Ca (%)	56.2	65-75
Saturación de Mg (%)	38.6	10-15
Relación Calcio/Magnesio	1.5	4-6
Relación Potasio/Magnesio	0.1	0,3-0,6
Hierro (mg/kg)	78.6	>2,5
Manganeso (mg/kg)	6.3	>3,0
Cinc (mg/kg)	1.6	>1,0
Cobre (mg/kg)	2.5	>0,5
Boro (mg/kg)	0.8	0,6-1,5

Métodos analíticos utilizados:

Las determinaciones anteriormente mencionadas fueron realizadas según: Sadzawka R., A. y otros. 2006. Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile. Rev. 2006, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Serie Actas INIA N°34, Santiago, Chile. 164p.

Anexo 3. Composición de solución nutritiva para sistema convencional en suelo de cultivo de tulipán (Chileindoor, con dirección en Juan de Dios Rivera 642, Concepción.)

	Grs en 1.000 L	N	P	K	Ca	Mg	S
Nitrato de Calcio	285	37,05	0	0	74,1	0	0
15-30-15	425	63,75	127,5	63,75	0	0	0
K Plus	0	0	0	0	0	0	0
Sulfato de amonio	205	43,05	0	0	0	0	45,1
Sulfato de potasio	0	0	0	0	0	0	0
Sulfato de Magnesio	100	0	0	0	0	16	13
Basafer	20	143,85	127,5	63,75	74,1	16	58,1

Anexo 4. Análisis de agua de riego del ensayo (Laboratorio de la empresa Irrifer, Casa Matriz km 12 Camino a Cato, Chillán.)

Determinación	Agua	SEVERIDAD DE PROBLEMAS		
		NINGUNO	MODERADO	ALTA
pH	7.3	5,5 - 7,0	< 5,5 o >8,0	< 4,5 o > 8,0
Conductividad eléctrica (dS/m)	0.20	< 0,75	0,75 - 3,0	>3,0
Salinidad (mg/l)	128	< 480	480 - 1920	>1920
RAS	0.4	< 3,0	3,0 - 6,0	>6,0
Dureza (GHF)	8.6	<20	20-30	>30
Cationes y aniones (mg/l)		--		
Potasio	0.0			
Calcio	18.9	20 - 100	100 - 200	>200
Magnesio	9.4	< 63	>63	
Sodio	9.3	<70	70 - 180	>180
N-Amonio (N-NH ₄)	0.0			
N-Nitrato (N-NO ₃)	1.7			
Carbonatos	0.0			
Bicarbonatos	91.5	< 60	60 - 180	>180
Azufre (S-SO ₄)	2.5			
Cloruros	13.5	< 70	70 -300	>300
Cationes y aniones (meq/l)		--		
Potasio	0.00			
Calcio	0.94	1,0 - 5,0	5,0 - 10,0	> 10
Magnesio	0.78	< 5,2	> 5,2	
Sodio	0.40	< 3,0	3,0 - 7,8	> 7,8
N-Amonio (N-NH ₄)	0.00			
N-Nitrato (N-NO ₃)	0.12			
Carbonatos	0.00			
Bicarbonatos	1.50	< 1,00	1,00 - 2,95	>2,95
Azufre (S-SO ₄)	0.16			
Cloruros	0.38	< 2,0	2,0 - 8,5	> 8,5
Microelementos y Fósforo(mg/l)		--		
Fosforo	0.01			
Hierro	0.00	< 0,2	0,2 - 1,5	> 1,5
Manganeso	0.04	< 0,1	0,1 - 1,5	> 1,5
Cinc	0.03			
Cobre	0.01			
Boro	0.00	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3,0

Anexo 5. Composición solución nutritiva para sistema hidropónico técnica NFT (solución nutritiva) (Chileindoor, con dirección en Juan de Dios Rivera 642, Concepción.)

	Grs en 1.000 L	N	P	K	Ca	Mg	S
Nitrato de Calcio	360	46,8	0	0	93,6	0	0
15-30-15	425	63,75	127,5	63,75	0	0	0
K Plus	260	35,62	0	119,6	0	0	0
Sulfato de potasio	135	0	0	67,5	0	0	24,3
Sulfato de Magnesio	158	0	0	0	0	25,28	20,54
Basafer	20	146,17	127,5	250,85	93,6	25,28	44,84

Nitrato de Calcio

Tipo A	grs
K Plus	260
Sulfato de Magnesio	158
Ultrasol 15-30-15	425

Tipo B

Tipo B	grs
Nitrato de Calcio	360
Basafer	20

Anexo 6. Consumo de agua sistema convencional.

Fecha (semana)	Lectura medidor		Cantidad de litros
	Anterior	Actual	
14 jun – 20 jun	3084	3387	303
21 jun – 27 jun	3387	3680	293
28 jun – 04 jul	3680	3964	284
05 jul – 11 jul	3964	4260	296
12 jul – 18 jul	4260	4548	288
19 jul – 25 jul	4548	4857	309
26 jul – 01 ago	4857	5139	282
02 ago – 08 ago	5139	5434	295
09 ago – 15 ago	5434	5718	284
16 ago – 22 ago	5718	6009	291
23 ago – 29 ago	6009	6305	296
30 ago – 05 sep	6305	6594	289
06 sep – 12 sep	6594	6891	297
13 sep – 19 sep	6891	7024	133