

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**EFFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL
CRECIMIENTO Y EN LA EFICIENCIA EN EL USO DEL
AGUA DE ALOE VERA (*Aloe barbadensis* M.)**

**Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Agrónomo
Mención: Fruticultura.**

RODRIGO MARCOS ESPINOZA GARRIDO

PROFESOR GUÍA	Calificaciones
Sr. Herman Silva R. Profesor de Biología, MSc. Dr.	5,5
 PROFESORES EVALUADORES	
Sr. Edmundo Acevedo H. Ingeniero Agrónomo, M.S. Ph. D.	6,0
Sr. Hugo Nuñez K. Ingeniero Agrónomo, Mg, Sc.	6,0

**SANTIAGO - CHILE
2011**

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	4
INTRODUCCION.....	5
MATERIALES Y METODOS.....	8
Ubicación del experimento.....	8
1. Materiales.....	8
1.1. Material vegetal.....	8
1.2. Materiales.....	8
1.3 Tratamientos hídricos.....	9
2. Métodos.....	10
2.1. Descripción del experimento.....	10
2.1.1. Riego.....	10
2.2. Crecimiento.....	10
2.2.1 Numero de hojas y de hijuelos.....	10
2.2.2 Área foliar.....	10
2.2.3 Determonación de materia verde (M.V.) y materia seca (M.S.) totales y parciales por órganos y distribución de asimilados.....	11
2.3. Transpiración.....	12
2.4. Distribución de asimilados.....	12
2.5. Eficiencia en el Uso del Agua.....	13
2.6. Diseño experimental y análisis estadístico.....	14
RESULTADOS Y DISCUSION.....	15
1. Condiciones climáticas del invernadero.....	15
2. Agua perdida por transpiración.....	17
3. Crecimiento.....	18
3.1. Número total de hojas.....	18
3.2. Número de hijuelos.....	19
3.3. Area foliar.....	20
3.4. Materia verde.....	21
3.4. Materia seca.....	22
4. Distribución de Asimilados.....	22
5. Eficiencia en el uso del agua.....	23
CONCLUSIONES.....	25
BIBLIOGRAFIA.....	26

RESUMEN

Aloe vera es una especie CAM resistente a la sequía de gran proyección económica debido a que tiene importantes propiedades relacionadas con el área de la industria cosmética, alimenticia y farmacológica, es una especie adecuada para ser cultivada en zonas áridas y semiáridas. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la disponibilidad de agua en la producción de biomasa aérea y en la eficiencia en el uso del agua (EUA) de Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller). El trabajo se realizó en condiciones de invernadero en el Campus Antumapu de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile y comprendió la temporada 2007 y 2008. Los tratamientos hídricos se evaluaron a través de variación del peso de las macetas. El tratamiento 1 (T1) consistió en mantener las macetas entre el 60% y el 80% de la capacidad de campo (C. de C.) del suelo y el T2 consistió en mantener entre el 30% y el 50% de la C. de C. del sustrato.

Para evaluar crecimiento se realizaron cosechas cada 45 días, con la finalidad de obtener: materia verde, materia seca, área foliar, número de hojas, número de hijuelos, distribución de asimilados y eficiencia del uso del agua.

Las variables: EUA y distribución de asimilados, presentaron diferencias que estadísticamente no fueron atribuibles al efecto del tratamiento. Las variables: materia seca, materia verde, número de hojas, número de hijuelos y área foliar, presentaron diferencias que estadísticamente fueron atribuibles al efecto del tratamiento.

El valor promedio calculado de EUA para la especie, en función de la materia seca fue de $10,8 \text{ g de MS L}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$ para el T1 y T2. Mientras que los valores promedio calculado de EUA en función de la materia verde fueron de $85 \text{ y } 68 \text{ g de MV L}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$ para el T1 y T2 respectivamente. La distribución de asimilados en la planta para el T2 favoreció el desarrollo de las raíces, las que se encontraron más dispersas y en mayor cantidad alcanzando un 43% del peso total de la planta, todo esto como estrategia de sobrevivencia ante una condición hídrica desfavorable.

Palabras clave: Déficit hídrico, crecimiento, eficiencia en el uso del agua, Aloe vera.

ABSTRACT

Aloe vera is a CAM species resistant to drought of great economic development because it has important properties related to the area of cosmetics, food and drug, is an appropriate species to be cultivated in arid and semiarid areas. The objective of this study was to evaluate the effect of water availability in biomass production and efficiency in water use (WUE) of Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller). The work was conducted under greenhouse conditions Antumapu Campus of the Faculty of Agricultural Sciences, University of Chile and understood the 2007 season and 2008. Water treatments were assessed through measurements on the variation of the weights of the pots. Treatment 1 (T1) was to keep the pots between 60% and 80% of field capacity (C. of C.) soil and T2 was to keep between 30% and 50% of the C. of C. the substrate.

To evaluate growth harvests were performed every 45 days, in order to obtain: dry matter, leaf number, number of tillers, green matter, leaf area, water use efficiency and distribution of assimilates.

The variables: WUE and distribution of assimilates, presented statistical differences were not attributable to treatment effect. The variables: dry matter, fresh matter, leaf number, number of tillers and leaf area, showed statistically differences were attributable to treatment effect.

The calculated value of WUE for the species, based on the dry matter was $10.8 \text{ g DM L}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$, for the T1. While the average values calculated according to the GM borders was between 85 and 68 $\text{g GM L}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$ for de T1 and T2 respectively. The distribution of assimilates in the plant for T2 favored the development of roots, which were more dispersed and more of reaching 43% of the total weight of the plant, all of this as a survival strategy to unfavorable water conditions.

Keywords: Water deficit, growth, Efficiency in water use, Aloe vera.

INTRODUCCION

La escasez de agua es un problema importante a nivel nacional y mundial, ya que afecta directamente la producción de alimentos para el ser humano en diversas latitudes del planeta, siendo vital para su producción (Jury and Vaux, 2005). En nuestro país, unas $\frac{3}{4}$ partes del territorio nacional presentan condiciones áridas y semiáridas (Astaburuaga, 2004). Estas zonas se caracterizan por presentar periodos con déficit hídrico, típico de los climas mediterráneos, donde es fundamental que el agua sea utilizada de la forma más eficiente posible (Cooper *et al.*, 1987). Por lo tanto, es importante estudiar nuevas especies que sean capaces de adaptarse a estas condiciones y que a su vez se transformen en una alternativa económicamente atractiva para la actividad agrícola. Como la introducción de nuevas especies a estas zonas no ha sido exitosa, es necesario estudiar plantas que puedan adaptarse y que tengan un futuro promisorio de ser incorporadas a la agricultura. Algunas especies introducidas en la zona árida y semiárida de Chile han sido aquellas pertenecientes al género *Atriplex* (C4) (Silva y Lailhacar, 2000) género *Opuntia* (CAM) (Silva *et al.*, 2001); Jojoba (*Simmondsia chinensis*), Higuera (*Ficus carica*) y Alcaparra (*Capparis spinosa*) (Botti, 2000), que pueden convertirse en una alternativa para el desarrollo agrícola de estas zonas.

Una de las alternativas mas promisorias es la presentada por Aloe Vera, planta que ya cubre aproximadamente una superficie de 60 a 70 ha distribuidas entre la III y V Región del país (Alfaro, comunicación personal).

Aloe Vera

Aloe barbadensis M. es una planta tropical o sub-tropical con hojas de color verde y turgentes (Chun-hui *et al.*, 2007), es originaria de la zona sureste de Africa (Cowling, 1982). Perteneciente a la familia Liliaceae, es perenne y sus hojas suculentas crecen verticiladamente alrededor del tallo. Estas hojas son altamente apreciadas y de un alto valor económico, siendo utilizadas en la medicina natural y en la industria alimenticia (Min-Jin *et al.*, 2007). Aloe Vera además tiene un gran potencial de desarrollo, no sólo por su interés como producto básico para la obtención de cosméticos, sino también por su posibilidad de formar parte de compuestos farmacológicos y nutracéuticos de gran proyección económica (Yongchaiyudha *et al.*, 1996; Syed *et al.*, 1996; Yagi y Takeo, 2003). Aloe Vera es una planta CAM que mantiene sus estomas cerrados durante el día, fija el CO₂ durante la noche, se adapta a condiciones áridas y semiáridas, presenta bajos requerimientos de agua y puede soportar sequías prolongadas (Rodríguez-García *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2010), es de lento crecimiento, y tiene un rendimiento por hectárea del orden de 5 a 6 ton/ha⁻¹ año⁻¹ de materia seca (Figueredo y Morales, 2010). En la IV Región de nuestro país, existe una población aproximada de 60.000 plantas producto de introducciones desde comienzos de siglo en la zona de Combarbalá y desde Venezuela entre los años 1997 y 1999 (FIA, 1999) que se mantienen sólo con aplicación de riego y sin manejo agronómico. Por tratarse de una especie con un alto potencial económico y productivo para zonas con pluviometría limitada, es que Aloe Vera es una nueva alternativa de cultivo, que podría ocupar superficies alteradas y erosionadas por la agricultura o bien sin uso agrícola, principalmente en la zona norte del país. Para ello es que se requiere contar con respuestas cuantitativas de crecimiento,

rendimiento en biomasa y uso de agua, conducente a un manejo agronómico idóneo de la especie.

Eficiencia en el uso del agua (EUA).

Las plantas a lo largo de su ciclo de vida enfrentan a un dilema de prioridades opuestas, uno de los problemas más importantes para las plantas terrestres es evitar la deshidratación y por otra deben mantener abiertos sus estomas para fijar el CO₂ atmosférico y al mismo tiempo, evitar la pérdida excesiva de agua (Nobel, 1991). Este problema es actualmente analizado en términos de “productividad del agua” (Jury y Vaux, 2005) ampliamente conocido como eficiencia en el uso del agua (EUA), que se define como la producción de materia seca por unidad de agua transpirada por los vegetales (Condon *et al.*, 1990; Izquierdo y Muñoz, 1985). Este valor se conoce también con el nombre de eficiencia de transpiración para diferenciarla de la cantidad de materia seca producida por unidad de agua evapotranspirada y que incluye el agua que pierde un cultivo por evaporación directa desde el suelo. A escala instantánea es la relación existente entre la tasa de asimilación neta de CO₂ en una hoja y su tasa de transpiración (Farquhar y Richards, 1984).

La EUA se ve afectada por factores propios de la planta (como por ejemplo la vía de fijación de CO₂) y por otros de origen ambiental, uno de estos últimos corresponde a la humedad atmosférica, que se relaciona inversamente con el déficit de presión de vapor (dpv), el que se define como la diferencia entre la presión de vapor de agua a saturación de la presión de vapor real del aire, ambas a una temperatura determinada. Un aumento en el déficit de presión de vapor eleva la transpiración sin un aumento simultáneo de la fotosíntesis, lo que conduce a una disminución de la EUA (Sanchez-Diaz y Aguirreolea, 1993). Teóricamente un aumento en la EUA se podría obtener con un cierre parcial de los estomas, sin embargo, un aumento en la EUA por esta causa raramente sucede en condiciones campo, porque al disminuir la conductancia estomática se produce un aumento en la temperatura de la hoja, lo que a su vez aumenta el déficit de presión de vapor (dpv) entre la hoja y el aire, y disminuye la EUA (Ludlow y Muchow, 1990).

Se han descrito diversos procedimientos para determinar la EUA, desde el uso de isótopos de carbono (O’ Leary, 1981; Farquhar y Richards, 1984), la cuantificación de cenizas, (Masle *et al.*, 1992) hasta la medición de la biomasa, granos o frutos producidos en relación a la cantidad de agua utilizada para esa producción. Una de las metodologías más utilizadas para medir la EUA se basa en la medición de la biomasa total con respecto a la cantidad total de agua aportada por riego y/o perdida por evapotranspiración (Fisher y Turner, 1978), generalmente asociada a una pobre evaluación de la biomasa radicular lo que impide establecer una medición de la materia seca total y de la distribución de asimilados, especialmente a nivel de campo.

Otra metodología utilizada en la determinación de la EUA es a partir de la relación de materia seca acumulada (MS) y agua perdida por transpiración (Heiholt, 1989).

Altos valores de EUA no están necesariamente asociados a altos rendimientos, incluso una alta EUA puede en realidad estar asociada a menor crecimiento y rendimiento. Diversos autores encontraron incrementos en la EUA frente a un estrés hídrico, señalando un mayor efecto del déficit hídrico en la transpiración que en la incorporación de CO₂ a los tejidos (Pimienta Barrios *et al.*, 2001), Blum (2005), concluyó que una alta EUA es mas una función de bajo uso de agua que de un aumento neto en la producción

de biomasa. Otros investigadores, han visto una disminución en el valor de la EUA (Misra y Chaudary, 1985). Sin embargo, hay investigaciones que muestran que este valor es una constante y no cambia por la falta de agua (Fuenzalida *et al.*, 1992). Así, Neales (1973), ha observado valores similares a las plantas C4. Algunos autores postulan que la EUA es constante dentro de una especie y no cambia por falta de agua (Griffith *et al.*, 1989; Silva, 1982). Otros autores postulan que las plantas sometidas a un déficit hídrico disminuyen o aumentan su EUA (Misra y Chaudary, 1985; Silva *et al.*, (2010).

A nivel inter-específico, la EUA está determinada por la vía bioquímica de fijación de carbono en la fotosíntesis, por la composición de la materia seca y por el déficit de saturación atmosférico (Gregory, 1991). La EUA de las plantas CAM es superior a las C3 y C4, ya que el intercambio gaseoso se realiza en la noche, cuando el déficit de saturación atmosférica alcanza un valor mínimo y por lo tanto la planta pierde una cantidad de agua menor por transpiración, sin embargo poseen una lenta tasa de crecimiento. El mayor valor de la EUA en las plantas CAM se debe más a este comportamiento temporal de los estomas que a su metabolismo de fijación de carbono relacionado con la acumulación de ácido málico, ya que las especies C4 también poseen la PEP carboxilasa como fijadora inicial del CO₂ y sin embargo su EUA es menor (Nobel, 1988).

En plantas CAM, los estudios de la EUA han sido efectuados en base a intercambio gaseoso. Silva y Acevedo (1995), en un estudio de 8 procedencias de *Opuntia* sp. registraron una alta variabilidad en el valor de la EUA que va entre 36 y 83 mg de MS/g de agua transpirada a escala diaria.

En este estudio se analiza la relación existente entre materia seca acumulada (MS) y el agua perdida por transpiración, por lo que el objetivo general fue evaluar el efecto de la disponibilidad de agua en la producción de biomasa aérea y en la eficiencia en el uso del agua (EUA) en la planta en función de la materia seca producida y del agua perdida por transpiración.

Como hipótesis se postuló que la eficiencia del uso del agua en *Aloe Vera* (*Aloe barbadensis* M.), se mantendrá constante independiente de los montos de agua aplicados.

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- Evaluar el efecto de la disponibilidad de agua en la producción de materia seca (MS) de *Aloe Vera*
- Determinar la eficiencia en el uso del agua de la especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento.

El ensayo se llevó a cabo durante los meses de Enero del año 2007 a Marzo del año 2008 bajo condiciones de invernadero en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, ubicada en la Región Metropolitana, Provincia de Santiago, Comuna de la Pintana a 33° 34` de latitud sur, 70° 38` longitud oeste y a 604 m.s.n.m.

1. Materiales.

1.1. Material vegetal.

El material biológico fue proporcionado por la empresa “Aloe Vera Chile” que está ubicada en la localidad de Limache, V Región. La recolección se llevó a cabo durante el mes de Diciembre del año 2006, y correspondió a un total de 108 plantas. Cada una de las plantas tenía alrededor de 2 años de edad y se obtuvieron mediante reproducción vegetativa (hijuelos) con un peso fresco promedio inicial de 525 g. La longitud promedio de las hojas fue de 30 a 35 cm y morfológicamente similares.

1.2. Materiales.

Para evaluar la pérdida de peso por transpiración, las plantas se establecieron en macetas recubiertas con bolsas plásticas, de 23 cm de altura por 24 cm de diámetro previamente perforadas en la base, se agregó un volumen de suelo equivalente a 7,8 kg. y en la superficie se colocó una cubierta plástica para evitar pérdidas por evaporación directa del agua desde el suelo. La clase textural del suelo utilizado correspondió a franco-arenosa que previamente fue secado en estufa y esterilizado con bromuro de metilo.

Para medir el área foliar de las hojas se utilizó un medidor de área foliar (Li-Cor 6400) y para la obtención de la materia seca se utilizó una estufa a aire forzado

Para obtener registros diarios de humedad y temperatura, en el invernadero se instaló un Termohigrógrafo (Wilh Lambrecht GmbH Göttingen). Dichos valores con posterioridad permitieron llegar a un valor promedio de dpv para el periodo de estudio, expresado en kPa.

1.3. Tratamientos hídricos.

Para la determinación de las características del suelo utilizado, se realizó un análisis físico en el laboratorio de análisis de suelo del INIA La Platina, que entregó valores de 1,2 g/cc para la densidad aparente (D_a); 4.01 % para el punto de marchitez permanente (PMP) y 7.64 % para la capacidad de campo (C. de C.).

El ensayo comprendió un periodo de un año y la aplicación de dos tratamientos hídricos. El tratamiento 1 (T1) consistió en aportar agua a las macetas hasta alcanzar un peso equivalente al 80 % de la C. de C. del sustrato, que en términos de peso correspondió a agregar 474 g de agua. Luego las macetas se regaron cuando el contenido de agua descendió hasta el 60% de la C. de C. del suelo, que correspondió a una disminución de 118 g. de peso por maceta. El tratamiento 2 (T2) consistió en aportar agua a las macetas hasta alcanzar un peso equivalente al 50% de la C. de C. del sustrato, que en términos de peso correspondió a agregar 297 g de agua. Luego las macetas se regaron cuando el contenido de agua descendió hasta el 30% de la C. de C. del suelo y que correspondió a una disminución de 119 g. de peso en la maceta. (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos hídricos.

	Peso sustrato seco.	Peso sustrato a C. de C.	Peso sustrato a riego.
T 1 (Tratamiento Húmedo)	7800 g	8393 g	8274 g (80% C. de C.)
T 2 (Tratamiento Seco)	7800 g	8393 g	8097g (50% C. de C.)
Diferencia			177 g

Al momento de cosechar, se promedió el peso de las plantas y se descontó del peso total de la maceta. De esta manera sólo se consideró la fluctuación de peso del sustrato y fue posible aplicar los diferentes tratamientos hídricos.

2. Métodos.

2.1 Descripción del experimento.

2.1.1 Riego.

Se realizaron tres riegos, el primero fue de establecimiento durante el mes de Enero al momento de finalizar la plantación y por un monto equivalente a 1 litro de agua. El segundo riego se realizó durante los primeros días de Febrero y correspondió a la misma cantidad de agua del mes anterior.

Finalmente durante los primeros días del mes de Marzo y para comenzar con la aplicación de los tratamientos hídricos diferenciados, se aplicó un último riego a todas las macetas, correspondiente a la C. de C. del sustrato equivalente a un monto de 593 g de agua, a los 60 días después del trasplante. Así todas las plantas contaron con las mismas condiciones hídricas al momento de iniciar el ensayo.

Posterior a estos riegos y según las variaciones en los pesos de las macetas se aplicaron los montos de agua correspondientes a cada tratamiento, que consistieron en llevar al T1 al 80% de su C. de C. y al T2 al 50% de la C. de C. En el caso del T1 se aplicaron 55 riegos de 118 g de agua cada uno, cada vez que el peso de la maceta disminuía hasta el 60% de la C. de C. del sustrato. Al T2 no se le aplicaron riegos ya que nunca llegó al límite inferior de 30% de la C. de C. La duración de los riegos fue de aproximadamente 30 segundos por maceta.

Las variables: número de hojas, número de hijuelos, AF, MV y MS total y parcial, se evaluaron con una frecuencia de 45 días cosechando 6 plantas por tratamiento. Durante el periodo experimental, se cosecho un total de 96 plantas y se realizaron 8 cosechas.

2.2 Crecimiento.

Los parámetros de crecimiento evaluados fueron:

2.2.1 Número de hojas y de hijuelos.

La medición del número de hojas se realizó mediante el conteo de estas al momento de cosechar las plantas. Para evaluar la capacidad reproductiva de la planta en condiciones de invernadero, se contabilizaron los hijuelos en cada cosecha.

2.2.2 Área foliar (AF).

El área foliar se midió proyectando la superficie de cada hoja cosechada sobre un papel que luego fue recortado e introducido en el medidor de área foliar (Li-Cor 6400). Este instrumento entregó un valor que fue multiplicado por dos, debido a que el mesófilo fotosintético de la hoja de Aloe Vera está separado por la presencia de parénquima de reserva y por ello presenta una doble superficie fotosintética.

2.2.3 Determinación de materia verde (MV) y materia seca (MS) totales y parciales por órganos y distribución de asimilados.

Antes de comenzar con el ensayo se realizó una cosecha a tiempo cero (C0) en 12 plantas al azar, para contar con valores iniciales que luego serían descontados a los valores obtenidos en las cosechas sucesivas, para cuantificar las variaciones atribuibles a los aportes de agua de cada tratamiento a lo largo del tiempo. Esta cosecha consistió en cuantificar MV (materia verde) en gramos, MS (materia seca) en gramos, AF (área foliar) en cm² y distribución de asimilados en gramos.

Los valores totales de materia verde y materia seca, así como los valores individuales de materia verde de raíz, tallo y hojas; y los valores de materia seca, fueron cuantificados en todas las cosechas, y se basó en un método que implica la destrucción completa del recurso a evaluar para la obtención de los datos (Azocar *et al.*, 2001). Este procedimiento implica desprender el suelo de la planta, pesarla en forma completa y finalmente cortar y separar los órganos para pesarlos en fresco y luego en seco después de ser sometidos por 72 horas a la estufa con aire forzado a 75° C.

Debido a que las hojas de Aloe Vera presentan una gran cantidad de parénquima de reserva con alto contenido de agua en su interior, que dificulta una correcta medición de la materia seca, fue necesario construir previo al estudio una curva de secado (Figura 1), ya que los tejidos de la planta demoraban mas tiempo del establecido en los protocolos para la obtención de la materia seca en estufa. El objetivo fue calcular el tiempo exacto en el que el peso de las muestras dejaba de variar y se hacía constante en el tiempo.

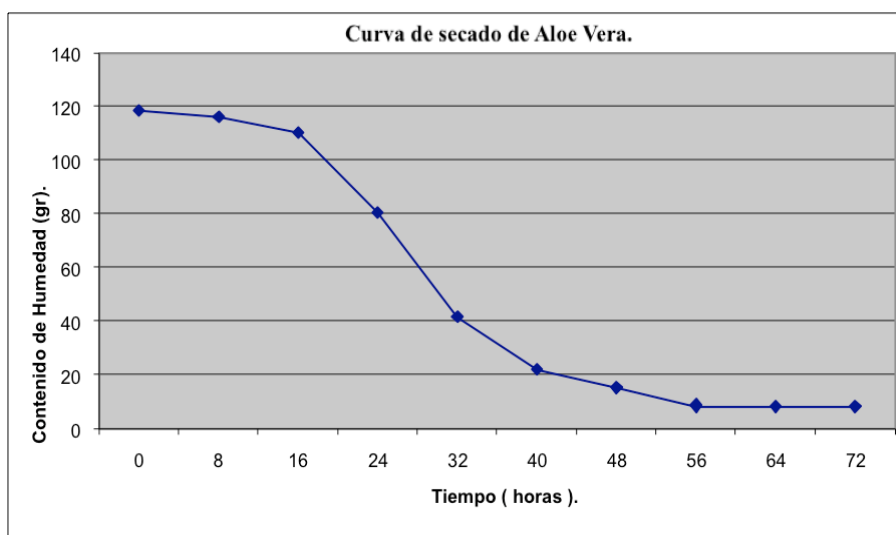


Figura 1.- Curva de secado de Aloe vera (n=3).

El procedimiento utilizado para la obtención de la materia seca, fue sacar la planta del macetero y separar el suelo de las raíces. Luego se separó raíces, tallo y hojas, los tejidos vegetales se cortaron en trozos de tamaño pequeño y se pusieron en placas petri, que luego fueron introducidas en una estufa a aire forzado a temperatura de 70-75° C según protocolo de secado de muestras vegetales, durante el tiempo necesario para que su peso fuera constante en el tiempo. El valor que se obtuvo fue de 72 horas (Figura 1).

2.3 Transpiración.

Cada 7 días se pesaron las macetas y fueron rotadas para evitar el efecto borde. Por diferencia de peso con la cosecha anterior se midió la cantidad de agua transpirada por planta en cada maceta, el procedimiento consistió en descontar el peso promedio de la MV total proveniente de la cosecha anterior a las macetas que quedaban por regar y de esta manera aportar el monto de agua exacto para alcanzar el nivel hídrico requerido por cada tratamiento. La forma en que se determinaron las pérdidas de peso de las macetas, fue con mediciones en una balanza de 30 kg con una sensibilidad de 5 g.

2.4 Distribución de asimilados.

La distribución de los asimilados producidos por Aloe Vera, se analizó en términos de Materia Seca (MS) para cada órgano. La planta se cosechó por completo separando el suelo de las raíces y se pesó. Luego se separó raíz, tallo y hojas, para ser sometidos a estufa a aire forzado por 72 horas para su secado y obtención de peso seco en gramos.

2.5 Eficiencia en el Uso del Agua (EUA).

La EUA se calculó en función de cosechas periódicas de MS y MV total cada 45 días y de la cantidad de agua perdida por transpiración (T) hasta el momento de la cosecha, expresándose en g de MS y MV por litro de agua transpirada.

La EUA se corrigió por el déficit de presión de vapor (dpv) promedio del periodo experimental que correspondió a un valor de 1,03 kPa para condiciones de invernadero. Este valor de dpv se obtuvo a partir de la diferencia entre la presión de vapor a saturación (e_s) y la presión de vapor actual (e_a). Los valores de e_s y e_a se calcularon a partir de los datos de temperatura y humedad relativa registrados 3diariamente por el Termohigrógrafo Wilh Lambrecht GmbH Göttingen, instalado al interior del invernadero, según la formula:

$$e_s = 7,07 * e^{0,05979 * T^{\circ}} ; e_a = e_s * HR/100 \quad (1).$$

Donde:

e_s : Presión de vapor a saturación (kPa).

e_a : Presión de vapor actual (kPa).

T° : Temperatura media (°C).

HR : Humedad relativa (%).

La EUA se calculó entonces de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$EUA = (1 / dpv)(MS \text{ ó } MV/T) \text{ expresado en } g L^{-1} kPa^{-1}. \quad (2).$$

Donde:

dpv : Déficit de presión de vapor (kPa).

MS : Materia seca (g).

T : Transpiración (L).

2.6 Diseño experimental y análisis estadístico.

El ensayo se realizó bajo un diseño de bloques aleatorios, donde la unidad experimental correspondió a una planta de Aloe Vera. El ensayo quedó constituido por 3 bloques, y cada bloque compuesto por los dos tratamientos hídricos distribuidos en forma alternada y homogénea (es importante considerar que esta forma de ubicar los tratamientos dentro del bloque no invalida el criterio de aleatoriedad de éste). Cada bloque contó con 32 macetas, correspondiendo 16 a cada tratamiento, contabilizando un total de 96 unidades experimentales. Para evitar el efecto borde, las macetas fueron rotadas cada de 7 días dentro del bloque. Se realizó un análisis de varianza para verificar si existían diferencia entre las variables evaluadas en cada tratamiento, utilizando el programa SPSS 15.0.1 año 2006 para Windows. En caso de existir diferencias significativas entre los tratamientos se aplicó el test de comparación múltiple de Tukey, a nivel de 5% ($\alpha = 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Condiciones climáticas en el invernadero.

Durante el verano del año 2008 se observaron máximos valores de temperatura (T°) y déficit de presión de vapor (dpv), así como el valor mínimo de humedad relativa (HR). Durante el invierno del 2007 por el contrario, se registraron los mínimos valores de temperatura (T°) y déficit de presión de vapor (dpv), y el valor máximo de humedad relativa (HR), (Cuadro 2).

La HR mínima, media y máxima mostraron un comportamiento similar entre ambos años, siendo levemente superior durante el 2008 (Cuadro 2), lo que conjugado con un alto valor de T° media, llevó a la obtención del máximo valor de dpv del periodo experimental en Marzo del año 2008 registrando 1,65 kPa, otro valor alto para el periodo se registro en Diciembre del 2007 con 1,52 kPa y el valor mínimo se presento en el mes de Agosto del 2007 con tan solo 0,59 kPa. El promedio para todo el periodo experimental fue de 1,03 kPa.

Cuadro 2. Promedios mensuales obtenidos diariamente durante los meses de Marzo 2007- Marzo 2008 en invernadero.

Mes	T° mín. ($^{\circ}$ C)	T° máx. ($^{\circ}$ C)	T° media ($^{\circ}$ C)	HR mín. (%)	HR máx. (%)	HR media (%)	e_s (kPa)	e_a (kPa)	dpv (kPa)
Año 2007									
Marzo	10,4	33,7	22,5	32,1	75,7	53,9	2,71	1,46	1,25
Abril	7,2	27,3	17,3	33,2	77,2	55,2	1,98	1,09	0,89
Mayo	6,3	24,2	15,3	37,4	75,7	56,6	1,76	0,99	0,77
Junio	6,0	20,5	13,3	38,5	76,1	57,3	1,57	0,89	0,68
Julio	5,9	21,7	13,8	39,7	77,7	58,7	1,61	0,95	0,66
Agosto	6,6	19,1	12,9	46,1	77,4	61,8	1,52	0,93	0,59
Septiembre	6,2	21,3	13,8	42,4	78,7	60,6	1,61	0,97	0,64
Octubre	8,4	24,7	16,6	36	74,7	55,4	1,91	1,1	0,81
Noviembre	11,1	28,6	19,9	32	73,2	52,6	2,32	1,22	1,1
Diciembre	8,5	39,7	24,1	22,3	76	49,2	2,98	1,47	1,52
Año 2008									
Enero	9,9	39,2	24,5	25,9	86,7	56,3	3,05	1,71	1,34
Febrero	13,2	39,6	26,4	32	85,8	58,9	3,42	2,01	1,41
Marzo	12,4	34,7	28,1	33,1	79,7	56,5	3,79	2,1	1,65
Promedio	8,70	28,98	19,28	34,6	78,18	56,4	2,35	1,32	1,03

e_s : Presión de vapor a saturación.

e_a : Presión de vapor actual.

dpv : Déficit de presión de vapor.

Los resultados muestran que los valores de dpv se relacionan inversamente con el valor promedio mensual de HR (Figura 2).

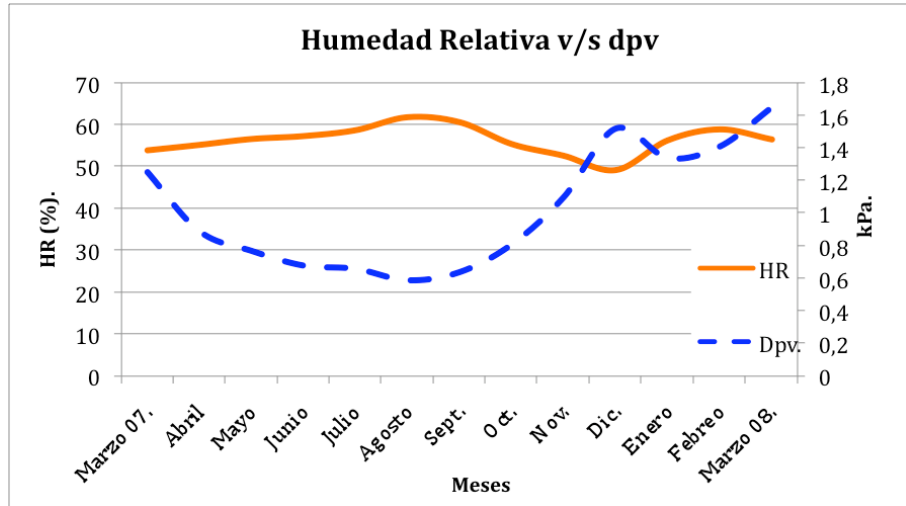


Figura 2.- Relación entre la Humedad relativa promedio mensual y el dpv, durante la temporada 2007-2008 en invernadero.

2. Agua perdida por transpiración.

Los montos de agua aplicados a lo largo del ensayo se pueden observar en la figura 3 y corresponden 7.060 g de agua para el T1 y 593 g de agua para el T2.

El valor máximo alcanzado por el T1 corresponde a la suma de 55 riegos de 118g de agua cada uno, acumulados en el tiempo hasta su última cosecha, que sumado a 593 g de agua equivalentes a un riego a C. de C. de homogenización al inicio de la temporada alcanza el total de 7060 g de agua aplicados al T1. El T2 no recibió agua durante el periodo de estudio, debido a que el peso promedio de las macetas no descendió hasta el nivel requerido de 30% de C. de C. para realizar el aporte de agua. En la figura se observa que T1 tuvo mayor disponibilidad de agua para sus plantas que el T2.

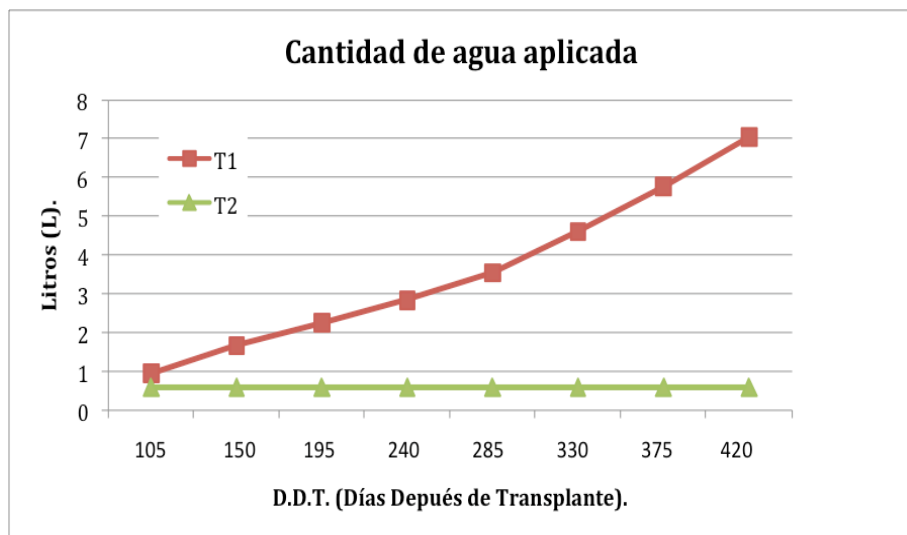


Figura 3. Cantidad de agua aplicada durante el periodo experimental (n=6).

El contenido de agua en el sustrato fue diferente a lo largo de la temporada, dado que los tratamientos hídricos aplicados fueron distintos. La demanda hídrica de las plantas se debió ajustar a estos montos, motivo por el cual se produjeron diferentes niveles de estrés y transpiración en las plantas. Esto se reflejó en una transpiración diaria promedio durante la temporada de $19,61 \text{ g maceta}^{-1}\text{día}^{-1}$ para el T1 y $1,62 \text{ g maceta}^{-1}\text{día}^{-1}$ para el T2.

En la figura 4 se observa la tasa de transpiración calculada para Aloe Vera durante la temporada, que vario entre 17,9 y 4,8 mg H₂O cm⁻² día⁻¹.para ambos tratamientos.

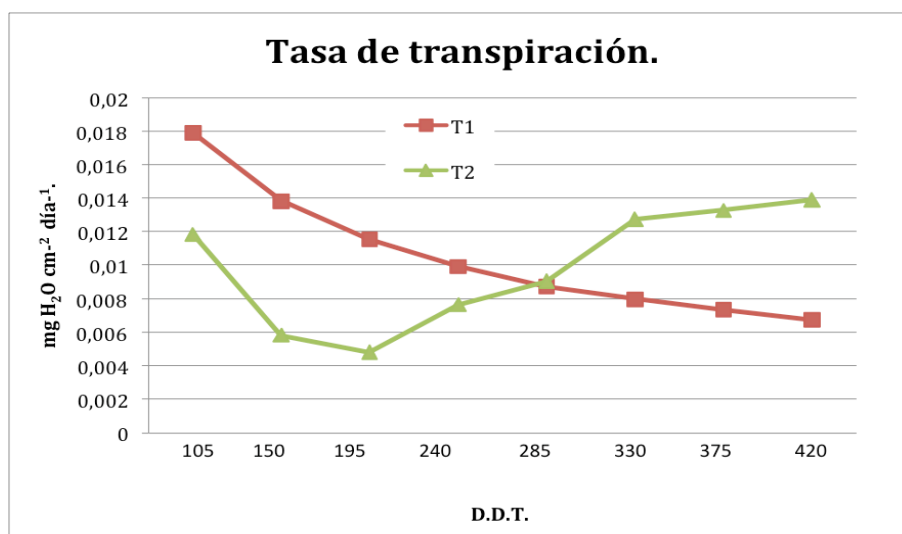


Figura 4. Tasa de transpiración de Aloe vera durante la temporada. (n=6).

3 Crecimiento.

Para medir el crecimiento se cuantificaron las siguientes variables: número total de hojas, número de hijuelos, área foliar, producción de materia verde y producción de materia seca.

3.1. Número total de hojas.

La producción de hojas durante el periodo de estudio se muestra en las figura 5, en ella se puede observar que el T1 aumentó en el tiempo presentando una correlación de 0,92. El T2 en cambio presentó una correlación de 0,66 mostrando un aumento inicial hasta la cuarta cosecha, para luego experimentar un leve descenso y mantenerse constante en el tiempo.

Se puede decir entonces que el número de hojas totales se ve afectado significativamente por efecto del tratamiento, lo que concuerda con estudios de Añez y Vásquez (2005), que indican que el número de hojas y sus dimensiones presentan diferencias debido al efecto de la disponibilidad de agua.

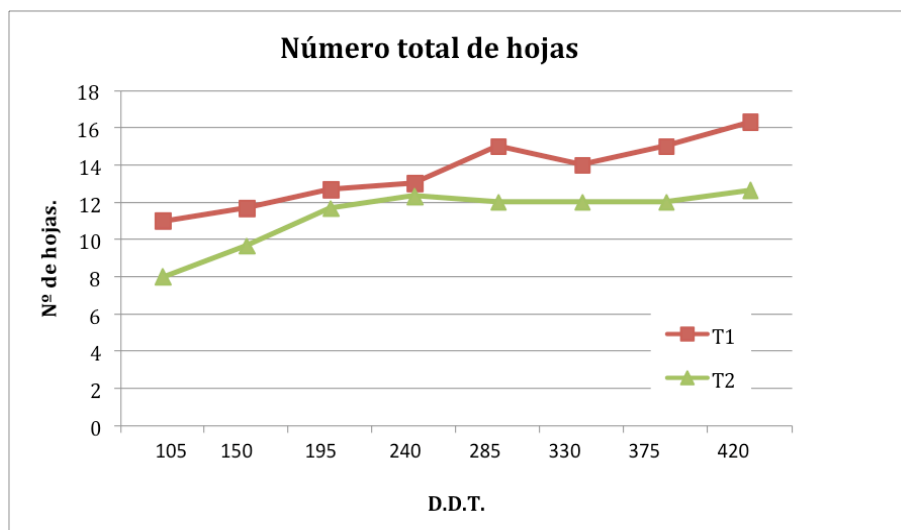


Figura 5. Número total de hojas a lo largo del ensayo para los diferentes tratamientos (n=6).

Las hojas en el T2 fueron más pequeñas que en el caso del T1, diferencia que se refleja al comparar los gramos de materia verde producidos en el tiempo (Figura 8), donde el T1 muestra un claro aumento y el T2 disminuye, debido a la deshidratación de las hojas de la planta. Sagardía (2010), obtuvo resultados similares en su trabajo de campo, donde el mayor número de hojas se obtuvo en los tratamientos con mayor aporte hídrico y un menor tamaño de las hojas en los tratamientos con menor cantidad agua. La mayor producción de hojas fue durante el periodo que comprende los 330 y 420 DDT que correspondió a los meses de verano.

3.2. Número de hijuelos.

La producción de hijuelos en el tiempo se observa en la figura 6, donde el T2 no regado presenta una correlación de 0,53 y prácticamente no tuvo variación en la producción de hijuelos, manteniéndose constante en el tiempo con sólo una unidad. En el T1 la producción de hijuelos aumentó en función del tiempo y mostró una correlación de 0,95. Esta diferencia significativa es atribuible al efecto del tratamiento sobre las plantas y concuerda con investigaciones de Añez y Vásquez (2005) y Silva *et al.*, (2010), quienes indican que el número de hijuelos es afectado significativamente por el riego y por la densidad de plantación. El valor promedio de producción de hijuelos para la temporada fue de 4,8 para el T1 y 0,68 para el T2 valores similares a los obtenidos en campo por Sagardía (2010) para su tratamiento sometido a la menor tasa de riego.

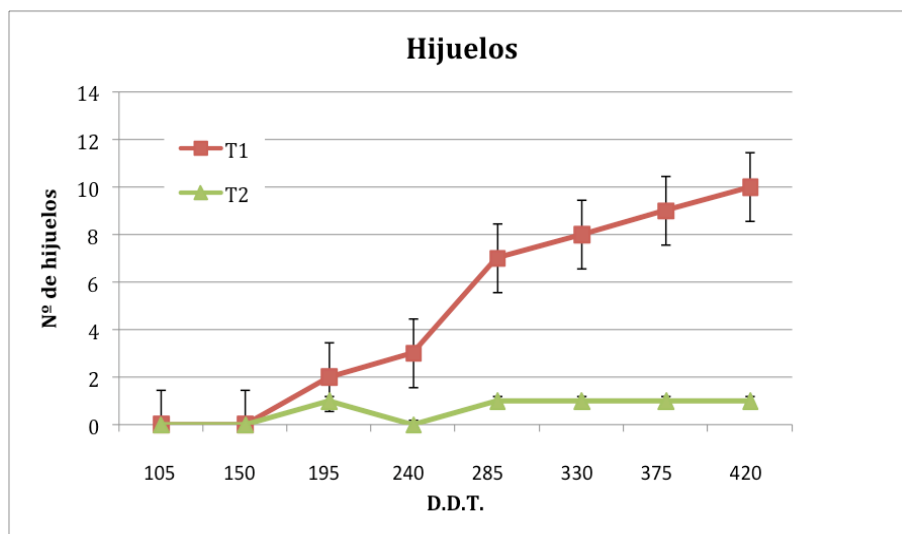


Figura 6. Producción de hijuelos en el tiempo para ambos tratamientos (n=6).

3.3. Área foliar.

La figura 7 muestra el desarrollo del área foliar en el tiempo, se aprecia una diferencia significativa atribuible al efecto del tratamiento. El T1 tuvo un aumento en el área foliar y una correlación de 0,95 resultado de riegos periódicos durante el ensayo. Inicialmente en el T2 se observó un ligero aumento en las dos primeras cosechas, probablemente debido a la utilización del agua provenientes del parénquima de reserva de las hojas de la planta o del agua del primer riego, pero luego tuvo una disminución de los valores debido a la deshidratación y marchitamiento de las hojas por falta de agua. Blum (2005), señala que una reducción del área foliar es uno de los mecanismos importantes de las plantas para moderar el uso del agua y reducir lesiones en condiciones de sequía. Taíz y Zeiger (2002) sostienen además, que una disminución en la cantidad de gel en la hoja está acompañada de una reducción en el área foliar como respuesta al estrés hídrico.

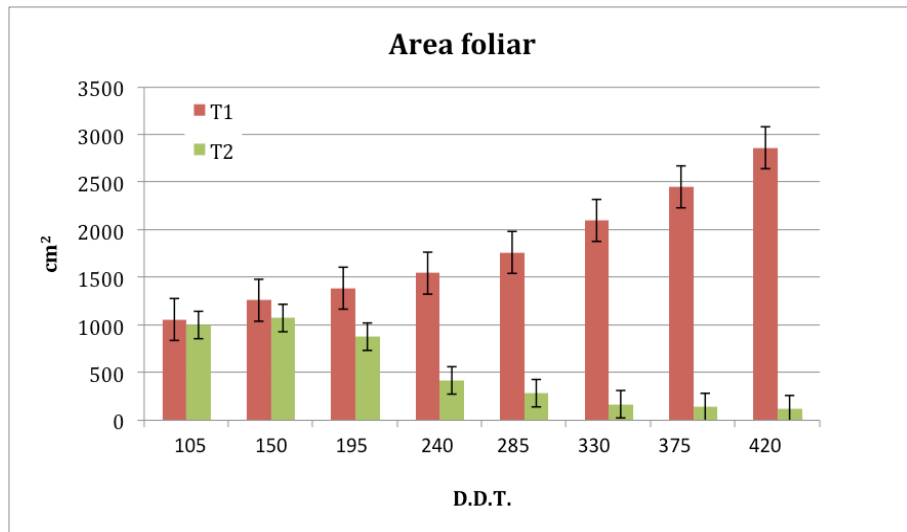


Figura 7. Variación del Área Foliar en el tiempo para ambos tratamientos (n=6).

3.4. Materia verde.

La diferencia entre los gramos producidos por el T1 y por el T2 que muestra la figura 8, es estadísticamente significativa atribuible al efecto del tratamiento. La materia verde total producida por el T1 fue consecuencia directa del aporte periódico de agua. En el caso del T2 los gramos de materia verde disminuyeron en el tiempo, debido a que las hojas sufrieron deshidratación pero no murieron, presentando una resistencia natural al régimen hídrico desfavorable, condición ya reportada en otro estudio por Silva *et al.*, (2010).

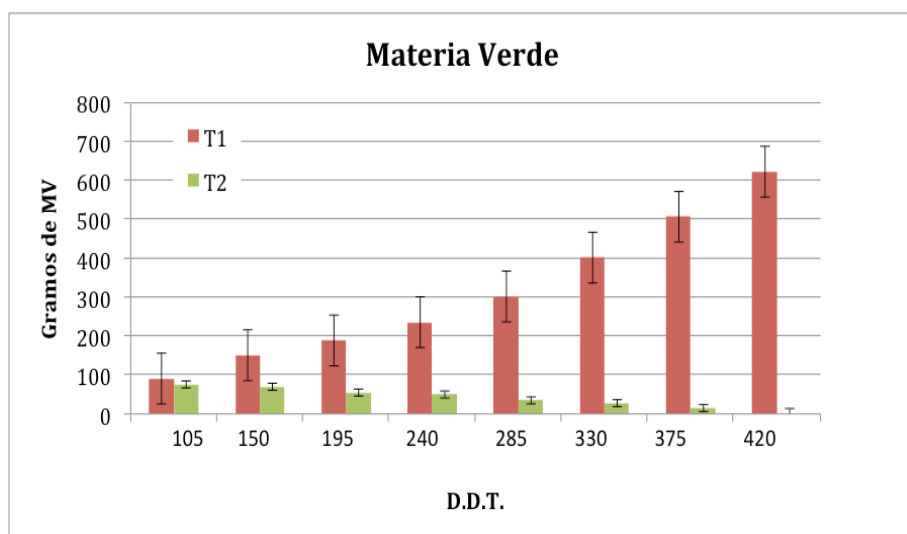


Figura 8. Crecimiento en términos de biomasa aérea (g) (n=6).

3.5. Materia seca.

La acumulación de MS total se puede observar en la figura 9 que muestra una diferencia significativa entre ambos tratamientos debido al efecto de los regímenes hídricos. Esta diferencia se debe básicamente a que el T1, al ser regado periódicamente durante el transcurso del ensayo, dispuso de una mayor cantidad de agua para seguir creciendo y desarrollándose, lo que se tradujo en un aumento en la acumulación de MS.

Por el contrario, el T2 tuvo un descenso constante en la acumulación de MS, ya que no mostró crecimiento debido a la falta de agua. Sagardía (2010), reportó el mismo comportamiento en condiciones de campo para la misma especie.

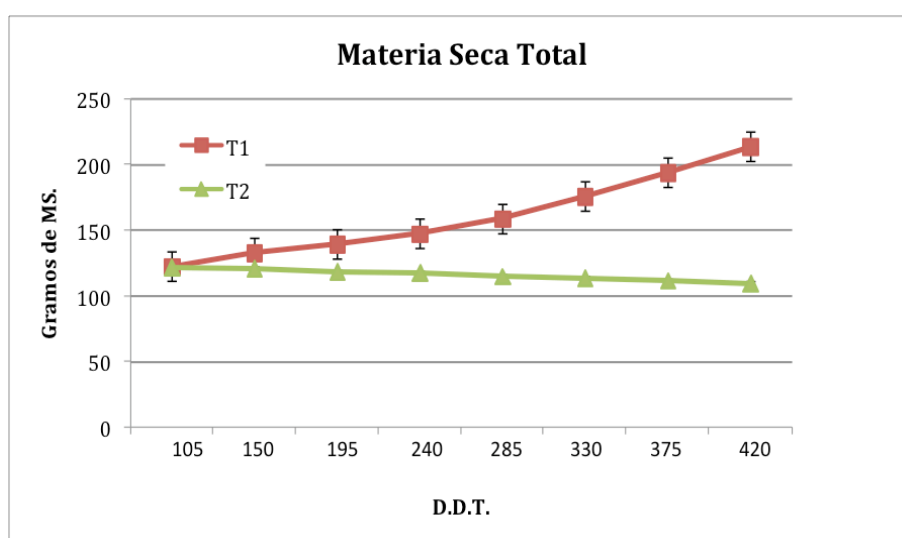


Figura 9. Variación de la cantidad de Materia Seca a lo largo del ensayo para ambos tratamientos (n=6).

4. Distribución de asimilados.

Las diferencias que se observan en la distribución de asimilados destinados a los diferentes órganos de la planta, no fueron estadísticamente significativas atribuibles al efecto del tratamiento.

Las siguientes figuras muestran la distribución de asimilados para raíz (r), tallo (t) y hojas (h); expresados como porcentaje del crecimiento total de la planta para los dos tratamientos en base a MS.

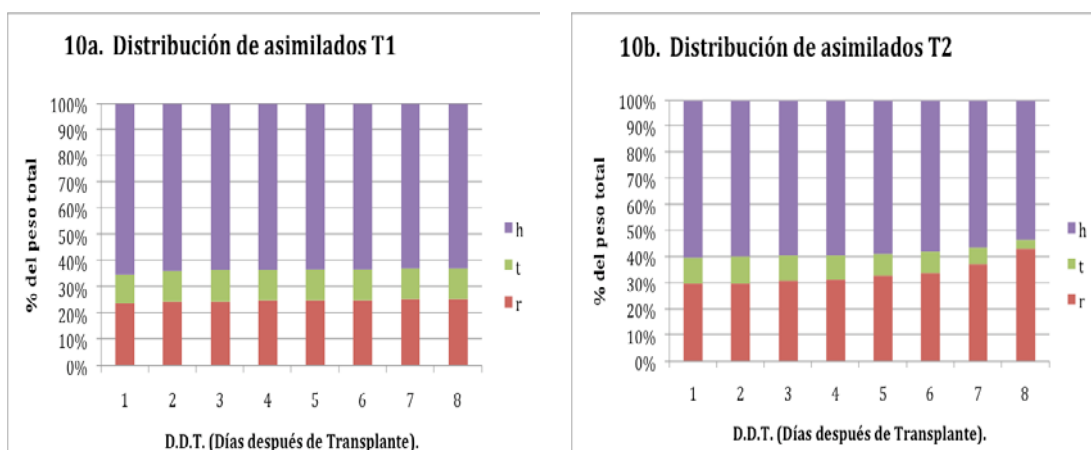


Figura 10. Distribución de los asimilados en el tiempo (n=6).

En el T1 (Figura 10.a) se puede observar, que en el transcurso del tiempo el porcentaje de asimilados destinados hacia la raíz, tallo y hojas, fue prácticamente el mismo desde la primera hasta la última cosecha. En el caso de las hojas, éstas siempre correspondieron a un 62-65% del peso total de la planta; para las raíces se destinó el 22-25%, mientras que el 10 a 15 % restante correspondió al tallo. La mayor distribución de asimilados hacia las hojas podría deberse a la aparición de hojas nuevas.

El T2 no regado (Figura 10.b) se observó que el crecimiento de tallos y hojas disminuyó en el tiempo, mientras que las raíces aumentaron. Lo que concuerda con otros autores que señalan que una mayor cantidad de asimilados se destinan a las raíces en condiciones de sequía, para favorecer una mayor capacidad de absorción (Van Den Boogaard *et al.*, 1997). Se genera una búsqueda del recurso hídrico por parte de las raíces; aumentando la distribución de fotoasimilados hacia estas en condiciones de sequía (Hamblin *et al.* 1990), una reducción en el área foliar y redistribución de nutrientes hacia las raíces y probablemente una menor presión de turgor, son adaptaciones de la especie al estrés hídrico (Taiz y Zeiger, 2002).

5. Eficiencia en el uso del agua.

Los valores calculados de EUA se obtuvieron al integrar en la fórmula (2) los siguientes datos: valor promedio de la temporada del déficit de presión de vapor (dpv), calculado para invernadero que correspondió a 1,03 kPa, valor que fluctuó entre 1,59 kPa y 0,59 kPa; el monto del riego aportado como tratamiento hídrico y los valores calculados de materia seca y materia verde al momento de cada cosecha.

En la figura 11 se puede observar que la eficiencia del uso del agua tuvo una diferencia muy marcada entre los dos tratamientos. Esta diferencia no fue estadísticamente significativa atribuible al efecto del tratamiento, bloque o acción conjunta de estos.

El monto calculado de EUA en función de la MS obtenida en las cosechas, fluctuó entre los 3 y 18 g de MS L⁻¹ kPa⁻¹ para el T2 y para el T1 se mantuvo constante entre los 10 y 11 g de MS L⁻¹ kPa⁻¹. Por su parte Silva *et al.*, (2010) en su estudio de campo obtuvo valores de orden de 15,6 y 24,5 g L⁻¹ para sus tratamientos regados y valores de 10,9 y 10,8 g L⁻¹ para los tratamientos secos.

El valor calculado de EUA en función de la MV fluctuó entre 8 y 124 g MV L⁻¹ kPa⁻¹ para el T2 mientras que el T1 se mantuvo entre los 85 y 92 g MV L⁻¹ kPa⁻¹.

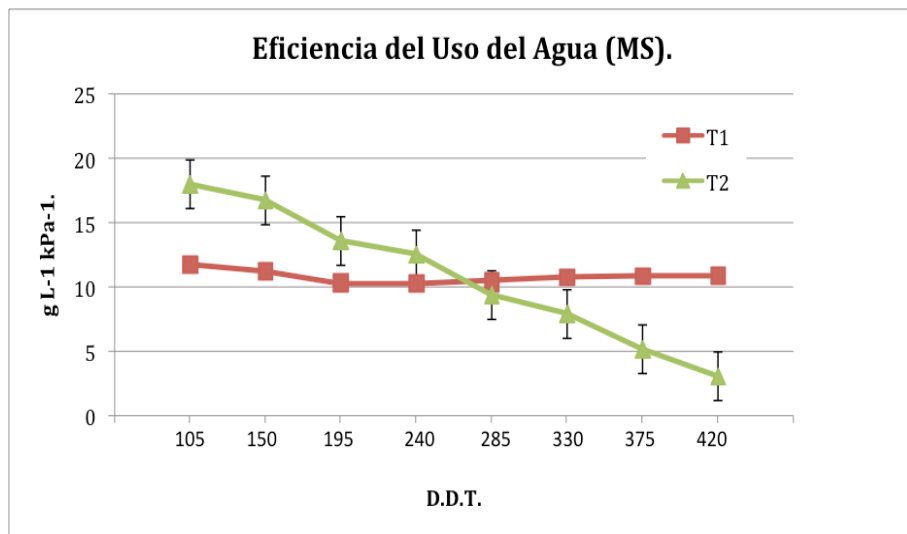


Figura 11. Eficiencia del Uso del Agua en el tiempo para T1 y T2. (n=6).

En la figura 11 el T1 inicialmente disminuyó para luego aumentar levemente y mantenerse constante en el tiempo. El T2 experimentó un descenso constante y paulatino a lo largo de todo el periodo de estudio.

CONCLUSIONES

En función de los resultados obtenidos bajo condiciones de invernadero, la planta de Aloe Vera tuvo un alto rendimiento de materia seca en relación a la cantidad de agua aplicada. Tuvo una eficiencia en el uso del agua que fluctuó entre 3 y 18 g de MS L⁻¹ kPa⁻¹ para el T2, mientras que el T1 se mantuvo constante entre 10 y 12 g de MS L⁻¹ kPa⁻¹.

El valor calculado de EUA en función de MV fluctuó entre 80 y 92 g MV L⁻¹ kPa⁻¹ para el T1 y entre 8 y 124 g MV L⁻¹ kPa⁻¹ para el T2 .

De todas las variables observadas la distribución de asimilados y EUA presentaron diferencias, que estadísticamente no fueron atribuibles al efecto del tratamiento. No obstante el resto de las variables como; número total de hojas, número de hijuelos, materia verde, área foliar y materia seca, mostraron diferencias significativas atribuibles al efecto del tratamiento y presentaron crecimiento en función de la materia verde.

Con respecto a la distribución de asimilados dentro de la planta, lo importante a destacar es que en el T2 los órganos aéreos como tallo y hojas disminuyeron su crecimiento dentro de la planta. Contrario a esta tendencia, las raíces experimentaron un crecimiento que llegó hasta el 43% del peso total de la planta, observándose además que estaban muy dispersas en el sustrato en busca de agua, esto como estrategia de sobrevivencia ante un régimen hídrico desfavorable.

La hipótesis planteada al inicio del estudio postulaba que la eficiencia en el uso del agua de Aloe Vera (*Aloe barbadensis* M.) se mantendría constante. Esta sólo se cumplió para el T1 ya que en el T2 siempre disminuyó.

BIBLIOGRAFIA

- Astaburuaga, R. 2004. El agua en las zonas áridas de Chile. Revista ARQ (Santiago) 57: 68-73.
- Añez, B. and Vásquez, J. 2005. Growth and production of Aloe in response to different plantation densities and fertilization level used. Agricultura Andina. 10: 52-57.
- Azócar, P., Paton, D., Santibáñez, F. y Torres, C. 2001. Modelo para estimar fitomasa en repanda (*Atriplex repanda* Phil.) en función de parámetros métricos, precipitación y densidad. Avances en producción animal. 26: 1-2.
- Botti, C. 2000. Cultivos frutales para zonas áridas. Pp: 13- 27. In: Claudia Botti. Simposio internacional. Santiago, Chile, 27-28 de Abril. Universidad de Chile. Santiago Chile.
- Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential-are they compatible, dissonant, or mutually exclusive?. Australian Journal of Agricultural Research, 56: 1159-1168.
- Chun-hui, L., Chang-hai, W., Zhi-Liang, X. and Yi, W. 2007. Isolation, Chemicals characterization and antioxidant activities of two polysaccharides from the gel and the skin of *Aloe barbadensis* Miller irrigated with sea water. Process Biochemistry 42: 961-970.
- Cooper, P., Gregory, P., Tully, D., and Harris, H. 1987. Crop and water use efficiency in west Asia and North Africa. experimental Agriculture. 23:113-158.
- Condon, A., Richards, R. and Farquhar, G. 1990. Genotypic variation carbon isotope discrimination and transpiration efficiency in wheat. Leaf gas Exchange whole plant Studies. Australian Journal Plant Physiology. 17: 9-22.
- Cowling, R.M., 1982. Patterns of plant endemism in the south east cape. The Naturalist. 27: 17-36.
- Farquhar, G. and Richards, R. 1984. Isotopic composition of plant carbon correlates with water-use-efficiency of wheat genotypes. Australian Journal of Plant Physiology. 11: 539-552.
- Figueredo, C. y Morales, J. 2010. Plan integral para la comercialización de Aloe Vera en Colombia. Tesis de Grado. Centro de estudios empresariales para la perdurabilidad. Fac. de Administración. Universidad del Rosario. Bogotá Colombia, 138 p.
- Fuenzalida, J., Rodriguez, E. y Fernandez, I. 1992. Eficiencia en el uso del agua en sorgo y pasto sudán. XLIII Congreso de la Sociedad Agronómica de Chile.

FIA Corpadeco IV Región. 1999. Estudio de factibilidad económica para el *Aloe barbadensis* en la IV Región. C96-1-A-006.

Fischer, A. and Turner, C. 1978. Plant productivity in the arid and semiarid zones. *Ann. Rev. Plant Physiology*. 29: 277-317.

Gregory, J. 1991. Concepts of Water Use Efficiency. *In*: Jazel, H., Cooper, P. and Pala, M. (eds). Soil and crop management for improved water use efficiency in rainfed areas. Proceedings of a International Workshop. Aleppo, Syria, pp:9-20.

Griffiths, H., Smith, H., Luttge, U., Cram, W., Diaz, M., Lee, H., Medina, E., Schafer, C. and Stimmel, K. 1989. Ecophysiology of xerophytic and halophytic vegetation of a coastal Alluvial plain in northern Venezuela. IV *Tillandsia flexuosa* Sw. and *Schomburgkia humboldtiana* Reichb epiphytic CAM plants. *New Phytologist* 111:273-282.

Hamblin, A., Tennant, D. and Perry, M. 1990. The cost of stress: Dry matter partitioning changes with seasonal supply of water and nitrogen to dryland wheat. *Plant and Soil*. 122: 47- 58.

Heilholt, J. 1989. Water use efficiency and dry matter distribution in nitrogen and water stressed winter wheat. *Agronomy Journal*. 81: 464-469.

Izquierdo, A. y Muñoz, G. 1985. Eficiencia en el uso del agua en Tunas (*Opuntia ficus-indica*(L.) Miller) y factores que la regulan. Memoria Licenciado en Ciencias Agrícolas, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 85p.

Jury, W. and Vaux, H. 2005. The role of science in solving the world's emerging water problems. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2005 Nov 1;102 (44):15715-20.

Ludlow, M. and Muchow, R. 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. *Advances in Agronomy*. 43: 107-151.

Masle, J., Farquhar, D. and Wong, C. 1992. Transpiration ratio and plant mineral content are related among genotypes of a range of species. *Australian Journal. Plant Physiology* 19: 709-721.

Misra, K. and Chaudary, N. 1985. Effect of limited water input on root growth, water use efficiency and grain yield of wheat. *Fields Crops Research* 10:125-134.

Min-Jin, Z., Hai-Wang, C., Pu-Liu, Z. and Jia-Gong, W. 2007. Physiological and ecological characters studies en *Aloe vera* under soil salinity and seawater irrigation. *Process Biochemistry* 42: 710-714.

Neales, T. 1973. The affect of night temperature on CO₂ assimilation, transpiration, and water use efficiency in *Agave americana* L. *Australian Journal of Biology Science* 26: 705-714.

Nobel, P. 1991. Physicochemical and Environmental Plant Physiology. San Diego, California p 635.

Nobel, P.1988. Environmental Biology of Agaves and Cacti. Cambridge University Press, New York. 270 p.

O' Leary, M. 1981. Carbon Isotopes in Photosynthesis: Fractionation techniques may reveal new aspects of carbon dynamics in plants. *BioScience*. 38 (5): 328-336.

Pimienta-Barrios, E., Robles-Murguía, C. y Nobel, P. 2001. Net CO₂ uptake for *Agave tequilana* in a warm and temperate environment. *Biotropica* (33) 312-318.

Rodríguez-García, R., Jaso de Rodríguez, D., Gil-Marin, J.A., Angulo-Sánchez, J.-L. and Lira-Saldivar R.H. 2007. Growth, stomatal resistance, and transpiration of *Aloe vera* under different soil water potentials. *Industrial Crops and Products* 25(2)123-128.

Sagardía, S. 2010. Estimación del coeficiente de cultivo (Kc) para *Aloe vera* en las Cardas (IV región, costa) y efecto de la disponibilidad de agua en su crecimiento. Memoria de título en Fac. de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile, 38 p.

Sanchez-Díaz, M. y Aguirreolea, J. 1993. Relaciones hídricas. 49-90. In: Azcon-Bieto, J. y Talon, N. (Eds.). *Fisiología y Bioquímica Vegetal*. Mc Graw-Hill Interamericana de España. Madrid. 581p.

Silva, H. 1982. Acondicionamiento a la sequía. Crecimiento y eficiencia en el uso del agua en *Atriplex repanda* Phil. Tesis Magíster en Ciencias. Fac. de Ciencias. Universidad de Chile, 208 p.

Silva, H. y Acevedo, E. 1995. Eficiencia en el uso del agua en diez taxa de *Opuntia* introducidas en la región árida mediterránea de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 68: 271-283.

Silva, H. et Lailhacar, S. 2000. Efficacité transpirationnelle au nivea des échanges gazeux chez des espèces du genre *Atriplex* installés dans la zone aride mediterranée du Chili. In: G. Gintzburger, M. Bounejmate and A. Nefzaoui (eds). *Fodder shrub development in arid an semi-arid zones*. Proceedings of the workshop on native and exotic fodder shrubs in arid and semi-arid zones. Icarda. Aleppo. Siria : 423-426.

Silva, H., Acevedo, E. y Silva P. 2001 Anatomía de tejido fotosintético de diez taxa de *Opuntia* establecidas en el secano árido mediterráneo de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 74: 341-351.

Silva, H., Sagardía, S., Seguel, O., Torres , C., Tapia, C., Frank, N. and Caremil, L. 2010. Effect of water availability on growth and water use efficiency for biomass and gel production in *Aloe Vera (Aloe barbadensis M.)*. *Industrial Crops and Products*. 31: 20-27

Syed, A., Ahmad, A., Holt, H., Mohammad, A. and Afzal, M. 1996. Management of psoriasis with *Aloe barbadensis* extract in a hydrophylic cream: a placebo-controlled, double blind Study. *Tropical Medicine and International Health* (1) 505-509.

Taiz, L. and E. Zieger. 2002. Stress Physiology. pp: 591-623 In: *Plant Physiology* 3rd ed. Sinauer Associates. Sunderland, U.S.A. 960 p.

Van Den Boogaard, R., Alewijnse, E., Veneklass, E. and Lambers, H. 1997. Growth and water-use efficiency of 10 *Triticum aestivum* cultivars at different water availability in relation allocation of biomass. *Plant Cell and Environment*. 20: 200-201.

Yagi, A. y Takeo, S. 2003. Anti-inflammatory constituents, aloesin and aloemanna in Aloe species and effects of tanshinon VI in *Salvia miltiorrhiza* on heart. *Yakugaku Zasshi-Journal of The Pharmaceutical Society of Japan* (123) 517-532.

Yongchaiyudha, S., Rungpitarangsi, N., Bunyapraphatsara, I. and Chokechaijaroenporn, O. 1996. Antidiabetic activity of Aloe Vera juice. Clinical trial in new cases of diabetes mellitus. *Phyomedicine* (3):241-243.