

SISTEMA DE PROPAGACIÓN DE PLANTAS CON ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO DE SUSTRATO

M. Quiroga, J.J. Guanco, R. Echazú
INENCO – Instituto UNSa. – CONICET
Universidad Nacional de Salta
Av. Bolivia 5150 – A4408FVY Salta, República Argentina
FAX 54 387 4255489 – e-mail: mirtaqui@gmail.com

Recibido 25/07/17, aceptado 22/09/17

RESUMEN: La propagación vegetativa de plantas es de gran interés comercial. Se presenta el diseño de un equipo de propagación con posibilidades de aplicación en el aprovechamiento de saltos térmicos de baja entalpía, con dos compartimentos, uno de ellos con un intercambiador de calor en la base del sustrato de cultivo. Se evaluaron variables térmicas del sistema y un ensayo comparativo de enraizamiento bajo invernadero, con esquejes de romero y orégano. Sobre las variables indicativas de crecimiento de las dos especies se realizó un análisis estadístico de la varianza. El sistema tuvo una distribución de temperaturas uniforme y mantuvo buena temperatura para el enraizamiento en períodos fríos de invierno en Salta. Tanto romero como orégano tuvieron un excelente comportamiento aunque las temperaturas resultaron en algunos casos superiores a las deseables.

Palabras clave: energía solar, propagación de plantas, camas de cultivo calefaccionadas.

INTRODUCCIÓN

La producción de plantas, puede realizarse mediante semillas, con los sistemas de siembra conocidos, o bien por métodos de propagación vegetativa. La propagación vegetativa es una forma de producir plantas asexualmente, es decir obtener múltiples plantas a partir de una planta madre, sin intervención de los mecanismos reproductivos sexuales, particularmente no hay cruzamiento ni recombinación genética, por lo que la planta hija será idéntica genéticamente a la planta que le dio origen.

La multiplicación vegetativa se basa en la propiedad de las células vegetales de modificar su condición de diferenciación (especialización como parte de un tejido) para transformarse en una célula capaz de multiplicarse (meristemática) y dar origen a los diferentes órganos vegetativos que conforman una planta (raíz, tallo, hojas). De esta manera un grupo de células, un tejido, un órgano de una planta, en las condiciones adecuadas, puede dar origen otras plantas, que tendrán una gran uniformidad en sus características vegetativas como productivas (clones) (Sívori et al., 1980).

La clonación o multiplicación de plantas por la vía asexual existe desde el inicio de la agricultura y la domesticación de especies por el hombre puede realizarse de diferentes maneras: estacas, acodos, injertos, división de matas y la más reciente cultivo de tejidos in vitro. (Hartmann y Kester, 1991). La multiplicación vegetativa tiene un sin número de aplicaciones, y es una práctica esencial en actividades productivas como fruticultura, producción de ornamentales, aromáticas etc. Entre las ventajas del sistema particularmente se cita la uniformidad del material y la capacidad de reproducir sin variaciones plantas con características sobresalientes, en productividad, resistencia etc. Por otro lado se acortan notablemente los ciclos de producción.

Una de las técnicas más conocidas es la multiplicación mediante trozos de tallos, llamados estacas si son leñosos y esquejes o estaquillas si se trata de material joven; también los que colocados en condiciones ambientales adecuadas son capaces de generar nuevas plantas, es el único método utiliza masivamente en producción sobretodo de frutales, ornamentales y aromáticas. Para la multiplicación

de estacas se requiere la formación de raíces en la base de las mismas, para ello como todo proceso biológico, requiere la conjunción de una serie de factores que incluyen factores nutritivos, metabólicos y hormonales, a los que se suman las condiciones ambientales adecuadas.

Dentro de las condiciones ambientales la zona de generación radicular requiere, buena aireación, temperatura y humedad adecuada. La aireación se logra en la elección del material de propagación, que debe retener la humedad suficiente, manteniendo un buen porcentaje de poros para intercambio de oxígeno y respiración. Si la temperatura en la zona de rizogénesis (base de la estaca) es relativamente alta se favorece el proceso, sobre todo si se acompaña con temperaturas relativamente bajas en el ápice (parte aérea), de modo que se produzca una baja evaporación y no broten las yemas. Al decir popular se requieren “pies calientes y cabeza fría”, y por ello los sistemas empleados para propagación de plantas incluyen muchas veces algún elemento que acondiciona térmicamente el sustrato, acompañado sistemas de aspersion con niebla en la parte aérea de la estaca.

El equipamiento empleado para multiplicación de plantas es muy diverso, depende sobre todo de las posibilidades económicas, rentabilidad de la producción y en general se limitan a simples cajones con un sustrato donde se colocan las estacas, pero no cabe duda respecto a que cualquiera sea la producción, mejorar la eficiencia de la etapa de propagación, genera mejores posibilidades económicas y productivas.

El presente trabajo se realizó en busca de lograr un sistema de propagación que resulte eficiente y práctico para los productores, sustentable desde el punto de vista energético y productivo. Se plantea un sistema transportable y económico, capaz de funcionar con un bajo costo energético y de aprovechar saltos térmicos de baja entalpía como el que se obtiene entre la temperatura a la salida de una turbina de vapor y el ambiente. (Quiroga et al., 2012), (Condorí et al., 2011), (Gea et al., 2007).

El equipo de propagación a los efectos de la etapa de ensayo se construyó con dos compartimentos iguales, uno con calefacción en el fondo y el otro sin ella, a efectos de poder realizar ensayos comparativos de enraizamiento ,de material vegetativo con y sin calentamiento. Cada compartimento de 0,68 x 0,60 m puede contener alrededor de 250 estaquillas, dependiendo de la especie.

Para los ensayos se empleó material vegetal de romero y orégano, sobre un sustrato de perlita expandida, los ensayos se realizaron entre los meses de junio y julio. Los resultados del sistema se evaluaron comparativamente usando como parámetros longitud final de esquejes, peso fresco y seco, los valores fueron procesados mediante análisis de la varianza.

El trabajo presenta diseño y evaluación térmica del sistema, como así también los resultados comparativos de los ensayos biológicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se ensayó un prototipo de sistema de propagación, ubicado en un invernadero convencional tipo túnel ubicado en INENCO en la Universidad Nacional de Salta.

EQUIPO EXPERIMENTAL

Sistema de propagación: Para los lechos de propagación estudiados se utilizaron dos gabinetes de chapa galvanizada de 0,68 m de largo, 0,60 m de ancho y 0,25 m de altura total, con el fondo de chapa perforada para facilitar el drenaje.

En uno de los compartimentos se instaló a 0,06 m del fondo un intercambiador de aluminio, por donde se hizo circular agua caliente, el otro compartimento idéntico se mantiene sin intercambiador (frío) para usarlo de testigo en la comparación de los resultados. Ambos compartimentos se rellenaron con perlita expandida con una profundidad de 0,16 m. La figura 1 muestra una vista en corte con la ubicación del serpentín intercambiador.

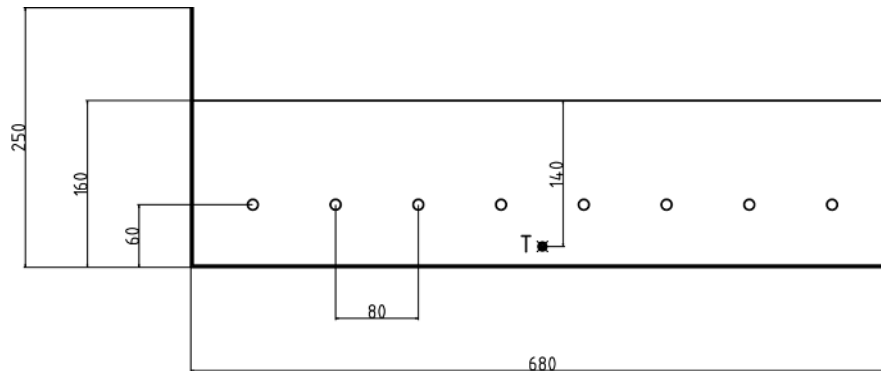


Figura 1: Vista en corte de compartimento de propagación con intercambiador en la base para calefacción del sistema

Sustrato: Se empleó perlita expandida por ser uno de los sustratos más comunes usados en esta actividad. La perlita tiene una capacidad de retención de agua de 4 veces su peso seco y constituye un buen soporte para las plantas, con baja compactación, por lo cual mantiene la aireación a lo largo del tiempo. Se trata de un sustrato inerte, no aporta factores nutricionales al sistema, no requiere desinfección por ser estéril ya que su proceso de elaboración es a muy alta temperatura, tiene una granulometría homogénea y la perlita agrícola, tiene pH neutro entre 6,5 y 7, no contiene sales y es ligera y de fácil manipulación.

Riego: Las dos camas calientes se regaron manualmente tres veces por semana con 4 litros de agua cada vez. Se tuvo cuidado en mantener una humedad constante y uniforme aportando en el mismo momento, la misma cantidad de agua en ambos compartimentos, ya que es este uno de los factores que afecta en mayor medida el comportamiento térmico del sistema.

Módulo de calentamiento: Como acumulador de agua caliente, se instaló un tanque plástico de 200 litros alimentado desde un sistema de calefón solar, motivo de otra experiencia, ubicado en el exterior del invernadero. El sistema se complementó con un módulo de energía auxiliar de 1100 W controlado por un termostato. El sistema auxiliar de energía eléctrica se instaló para calentar el agua en los momentos en que la radiación solar no resultó suficiente o se registraron muy bajas temperaturas, particularmente durante la noche y debido además, a que el colector solar, no estuvo siempre disponible por estar afectado a otra experiencia. Por otra parte el sistema auxiliar permite reducir las oscilaciones térmicas en el sistema manteniendo pulsos de agua caliente a temperatura más o menos constante, facilitando de esta manera el manejo del equipo.

Intercambiador y circuito hidráulico: Se usó un serpentín de caño de aluminio de 4,80 m de largo, 5,2 mm de diámetro interior y 8 mm de diámetro exterior. Las conexiones entre el intercambiador, el tanque de agua caliente y la bomba se realizaron con tubo de polietileno cristal de 13 x 17 mm, con piezas roscadas de polipropileno. Figura 3 b).

Una electrobomba centrífuga monofásica de 370 W, controlada mediante un temporizador, impulsa el agua desde el tanque de depósito al intercambiador y un juego de llaves esféricas en by-pass permite regular el caudal (Figura 3 a). El temporizador se programó para accionar la bomba de agua durante 15 minutos, cada 2 horas, a fin de mantener pulsos regulares de agua caliente al sistema.

La salida del intercambiador, se conectó para retorno del agua, a la parte inferior del tanque. Un esquema general del prototipo con los dos módulos calefaccionado y sin calefacción, tanque, sistema auxiliar de calentamiento, equipo de medición se presenta en la figura 2.

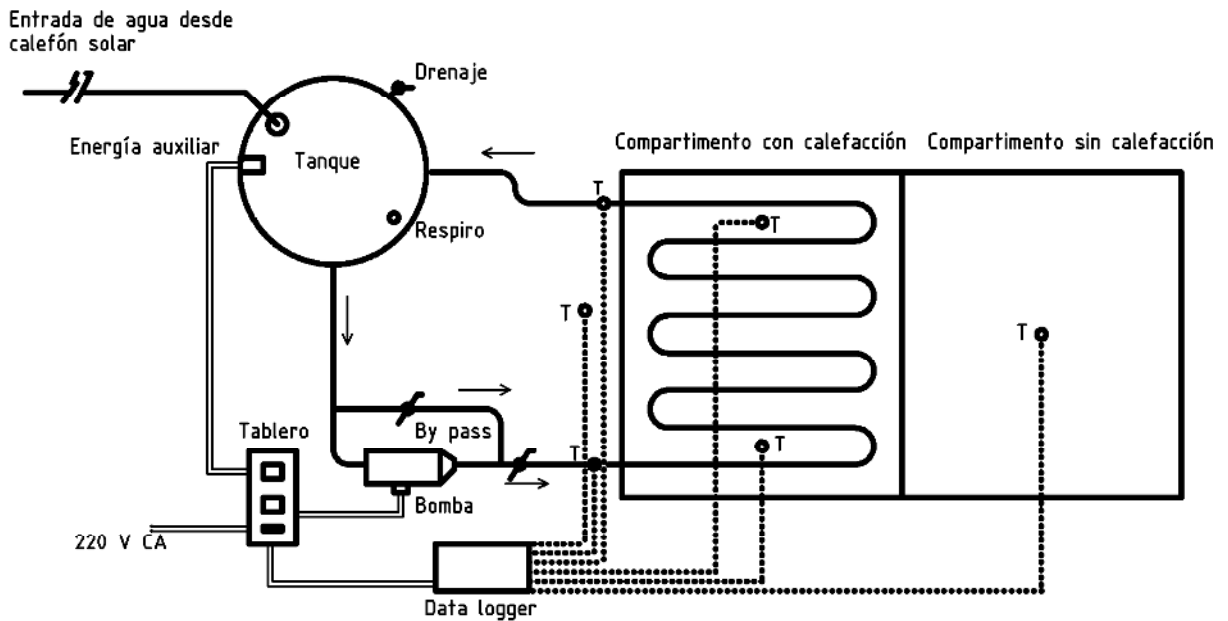


Figura 2: Vista completa en planta del prototipo de propagación



Figura 3: a) vista de la electrobomba los equipos de toma de datos y el temporizador, b) intercambiador de aluminio

INSTRUMENTACIÓN

Temperatura: Para las medidas y el registro de las temperaturas, se instalaron dos equipos de toma de datos de 6 canales basados en tarjetas Arduino Leonardo (Arduino, 2016), con resolución A/D de 10 bits, módulo de lectura para memoria micro SD y 6 sensores de temperatura LM335. (Figura 3 a). Estos equipos desarrollados en INENCO están descritos en un trabajo anterior (Quiroga et al., 2016). Los sensores de temperatura se calibraron antes de su instalación, con un calibrador de dos bloques HartScientific 9009, (Fluke, 2016), (Arduino, 2016).

Las temperaturas del ambiente se midieron con los sensores desnudos, mientras que las de temperatura del circuito de agua se instalaron en el interior de un tubo de aluminio con relleno de grasa de siliconas de alta conductividad y fijando el tubo, con su extremo cerrado a la cañería de modo que quede sumergido en la corriente. Los sensores sumergidos en el sustrato, se envainaron con un tubo de

polietileno de alta densidad sellado con soldadura plástica de silicona. La figura 2 muestra un detalle de la ubicación de los sensores en el sistema.

Se emplearon también datos de temperatura de la estación meteorológica Davis Vantage Pro 2 instalada también en la terraza de INENCO. Se agradecen estos datos a Silvina González y Silvana Flores Larsen.

Se ubicaron 9 canales para toma de temperatura distribuidos según detalle de figura 2 entre el ambiente del invernadero, ingreso de agua caliente, retorno del intercambiador al tanque y se registraron las temperaturas del sustrato calefaccionado en superficie y en profundidad y del compartimento frío. La tabla 1 detalla la ubicación de los sensores.

El módulo calefaccionado se dividió, en dos sectores, el área de ingreso de agua caliente al intercambiador y el área de retorno, en cada sector se ubicaron dos sensores en el sustrato, uno en superficie y el otro a 0,14 m de profundidad, cercano al serpentín intercambiador, para registrar la distribución de temperaturas en el sistema.

| Arduino 1 | | Arduino 2 | |
|-----------|---|-----------|--|
| Canal | Ubicación | Canal | Ubicación |
| 0 | Entrada de agua caliente al intercambiador | 5 | Ambiente del invernadero |
| 1 | Retorno del intercambiador | 6 | Superficie del sustrato calefaccionado sector de ingreso de agua caliente |
| 2 | Ambiente del invernadero | 7 | Superficie del sustrato calefaccionado sector de retorno |
| 3 | Compartimento calefaccionado profundo, sector de ingreso de agua caliente | 8 | Sustrato del compartimento sin calefacción, 14 cm de profundidad al centro |
| 4 | Compartimento calefaccionado en profundidad, retorno del intercambiador | | |

Tabla 1: Ubicación de los sensores de temperatura.

Radiación solar: Se midió, la radiación solar global sobre el plano del sustrato con un piranómetro Licor 250 calibrado previamente con un patrón secundario Kipp&Zonen CM21.

La radiación solar sobre plano horizontal en un lugar cercano al de las experiencias, es registrada con frecuencia de 300 segundos con un solarímetro Kipp&Zonen CM3 conectado a un equipo de adquisición de datos de 10 bits instalado en la terraza del instituto.

Caudal: Se midió el caudal en el circuito de calentamiento con una probeta graduada de 2000 ml y cronómetro y fue de 2,25 L/min.

Material vegetal: Inicialmente se usaron plantas de aromáticas, *Rosmarinus officinalis* (romero) y *Origanum vulgare* (orégano), tomando estaquillas apicales de 10 cm de longitud, a las que se les extrajeron las hojas basales, dejando las hojas más jóvenes, de manera de promover la producción de auxinas y con ello mejorar el proceso de enraizamiento. El material vegetal se mantuvo en agua hasta el momento de la plantación, luego se aplicó hormona de enraizamiento en polvo de una marca comercial y se distribuyeron indistintamente en el módulo calefaccionado o frío del sistema.

Se plantaron 200 estaquillas de romero y 50 de orégano en cada módulo, a una distancia aproximada de 4 cm, entre ellas enterrando 2/3 de su longitud como muestra la figura 4.

Ambos compartimentos se cubrieron con una manta térmica que mantiene la temperatura, permitiendo el ingreso de luz y mantiene un microclima más húmedo en la porción aérea.

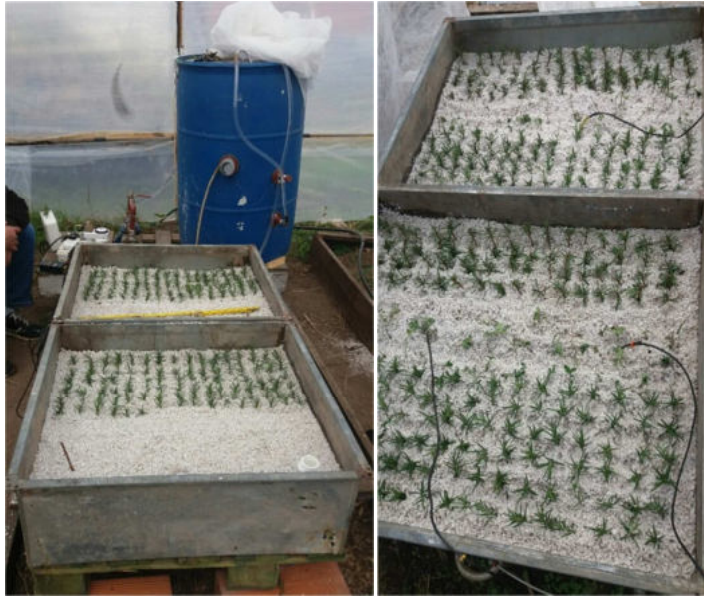


Figura 4: a) Vista del sistema completo en proceso de plantación en el interior del invernadero. b) Sistema completo con las estaquillas plantadas, modulo frontal calefaccionado con sensores en sectores de ingreso y salida del agua caliente, modulo posterior con sustrato frío y sensor de temperatura en el centro.

Para la evaluación de resultados se tomaron varios parámetros como altura de plantas, longitud, peso fresco, peso seco final de raíces y plántulas, buscando el más representativo, los datos se procesaron mediante análisis de la varianza usando el software estadístico INFOSTAT.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inicialmente se calibraron los sensores y se puso en marcha el equipo para observar el comportamiento térmico del sistema, previo a la plantación del material vegetal. Luego de la plantación se registraron temperaturas durante todo el período; de los datos obtenidos se seleccionaron los correspondientes a los días 17 al 19 de junio, que se presentan en la figura 5, en que hubo una gran variabilidad térmica con temperatura relativamente alta el primer día y luego un cambio brusco y descenso de temperatura y 18 al 20 de julio por ser los más fríos.

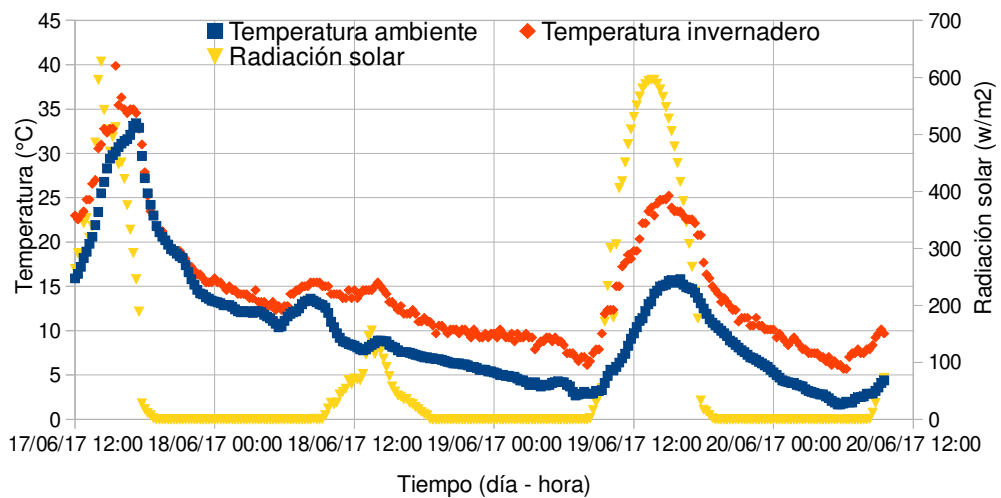


Figura 5: Radiación, temperatura ambiente exterior e interior del invernadero en el período 17 al 20 de junio

Los registros de radiación para el período fueron cercanos a los 600 w/m^2 el primer día y tercer día y no alcanzaron los 200 w/m^2 el día intermedio, la temperatura dentro del invernadero el primer día se acercó a los 40° C grados, por lo que se abrió la ventilación del mismo lo que es posible observar en el gráfico de la figura 5, por la superposición de las curvas de temperatura interior y exterior.

El segundo día con muy alta nubosidad, cae drásticamente la temperatura ambiente, registrándose al amanecer del día 19/6/17, temperaturas cercanas a 0° C en el exterior y entre 5 y 10° C en el interior del invernadero.

La figura 6 muestra el comportamiento térmico en algunos puntos del sistema para ese período. En el gráfico se pueden apreciar claramente los picos de temperatura debidos a la circulación del agua caliente en el sistema, la temperatura en el intercambiador oscila alrededor de 20° C en los períodos en que está apagada la bomba y alcanza los 45 en los períodos en que está circulando el agua caliente por el sistema.

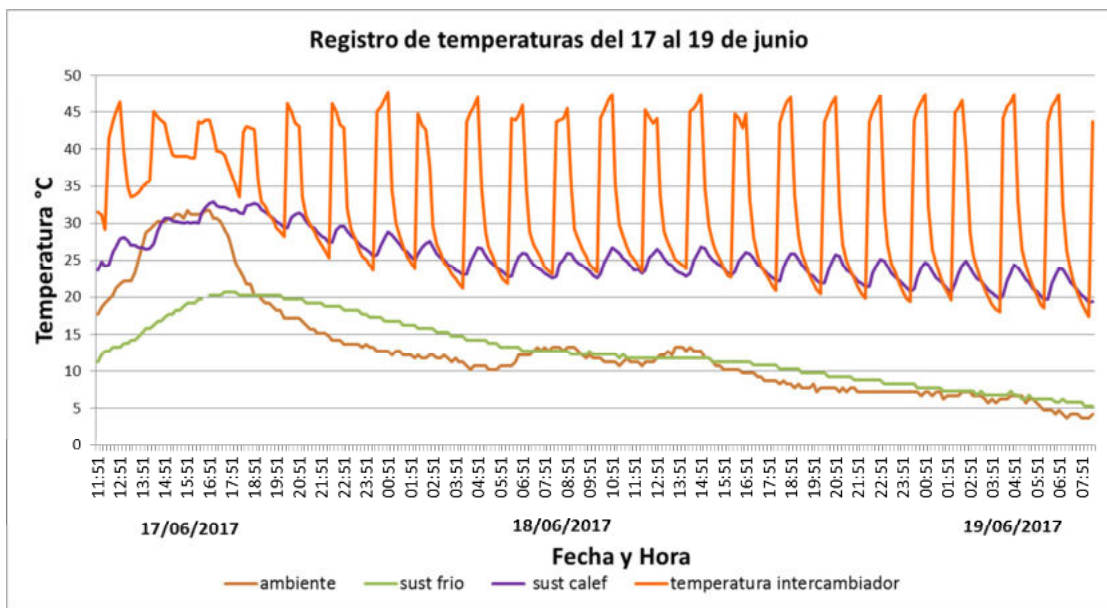


Figura6: Temperaturas del intercambiador; ambiente dentro del invernadero sustrato calefaccionado y frío

En el gráfico de la figura 7 pueden apreciarse las temperaturas en los sensores dispuestos en el sustrato en ambos compartimentos, con los promedios de temperatura superficial y profunda en el compartimento calefaccionado.

La diferencia de temperaturas entre el sustrato calefaccionado y el frío es de alrededor de 15° C . El compartimento con calefacción en superficie registró menor temperatura que en profundidad, manteniéndose la mayor parte del período alrededor de los 20° C . Las curvas de temperatura del agua en el ingreso al intercambiador y en la salida son prácticamente idénticas, lo que muestra una gran uniformidad dentro del sistema, es decir no hubo mayor diferencia de temperaturas entre la zona cercana al ingreso de agua y al de salida, por otra parte ambas curvas se superponen con la temperatura registrada en el mismo sustrato en profundidad.

El sustrato frío, sigue con algún retardo y atenuadamente la temperatura ambiente del invernadero, con un máximo de 20° C en el día de mayor radiación y menos de 5° C para el día más frío.

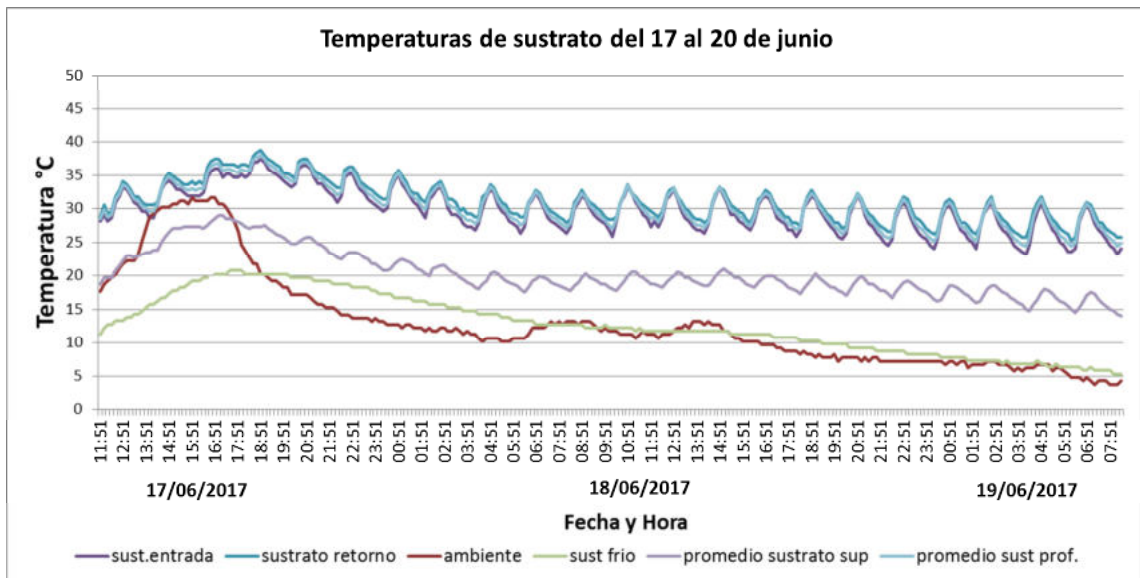


Figura 7: temperaturas del sustrato

El período más frío se produjo muy próximo a la finalización del ensayo entre el 18 y el 20 de julio, en que la temperatura ambiente del invernadero alcanzó los 2 ° C, la figura8 muestra la diferencia de temperatura registrada en el agua al ingreso del intercambiador y a la salida, la diferencia entre ambos, da cuenta del calor entregado al sistema y se mantuvo más o menos constante alrededor de los 5 °C, alcanzando 8 °C en algunos puntos.

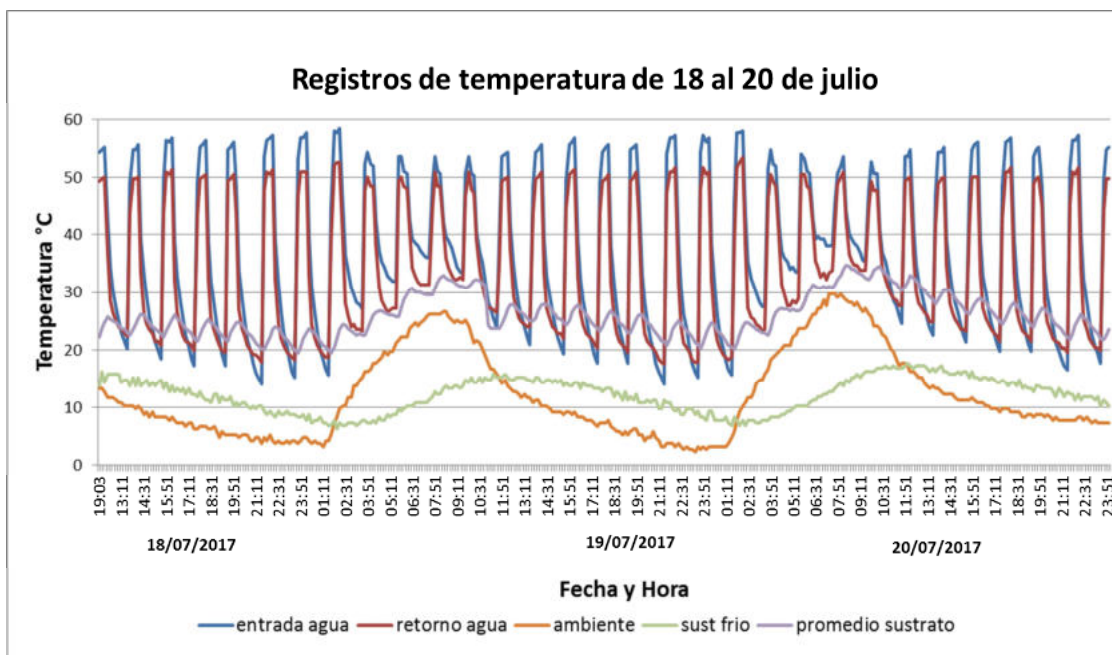


Figura 8: Temperaturas registradas en el período 18 al 20 de julio

Material vegetal

Tanto el módulo con calefacción como el sin calefacción tuvieron muy buen resultado en cuando al enraizamiento de esquejes, no obstante fue posible observar diferencias en el tamaño de las nuevas plantas que se trató de reflejar en el análisis de resultados

Romero

La plantación de esquejes se efectuó el 7/6/17, y la evaluación de resultados se realizó el 5/07/17 en esta especie el proceso de enraizamiento y crecimiento fue muy rápido. La evaluación de los resultados en el caso del romero se efectuó a través de la medición de las

variables altura de la planta, longitud total, peso fresco y peso seco, todas las variables tomadas para estimar el crecimiento de las plantas.

La altura de cada esqueje se midió empleando una regla, tomando la medida desde la base de la estaquilla hasta el ápice como muestra la figura 9. Esta medida se registró sobre 100 esquejes en cada compartimento.



Figura 9: Medición de altura de planta (crecimiento) en esquejes de romero; a) módulo calefaccionado b) módulo sin calefacción.

Para el registro de peso fresco y seco, se realizó un ensayo destructivo sobre 30 estaquillas, de cada módulo, se les retiró cuidadosamente los restos de sustrato, se midió la longitud final desde la base hasta el ápice y registró el peso fresco total, considerando la parte aérea y raicees. Las 30 plantitas se colocaron luego en sobres de papel individuales y se llevaron a secado hasta constancia de peso, registrando el peso seco final.

Para el procesamiento de los datos se aplicó el programa estadístico INFOSTAT, con un análisis de la varianza según un Test de Tuckey con un 0,05 de confianza. Los resultados del análisis estadístico se sintetizan en la tabla 2.

| Tratamiento | Altura de planta | | Longitud final total | | Peso fresco total | | Peso seco total | |
|-----------------|------------------|------------------------|----------------------|------------------------|-------------------|------------------------|-----------------|------------------------|
| | Media | nivel de significación | Media | nivel de significación | Media | nivel de significación | Media | nivel de significación |
| Sin calefacción | 3,33 | A | 11,89 | A | 0,88 | A | 0,28 | A |
| Con calefacción | 5,42 | B | 13,88 | B | 1,06 | B | 0,32 | B |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Tabla 2: Resultados del análisis de la varianza con test de Tuckey nivel de confianza del 95 %.

En las tres variables analizadas se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores registrados en los compartimentos calefaccionado y frío. Las plantas obtenidas a mayor temperatura crecieron más, por lo tanto tuvieron mayor altura lo que se corresponde con valores más altos de peso fresco y peso seco entre plantas. Los gráficos de la figura 10 muestran los resultados obtenidos para el análisis de la varianza de las variables altura de planta y peso seco de romero.

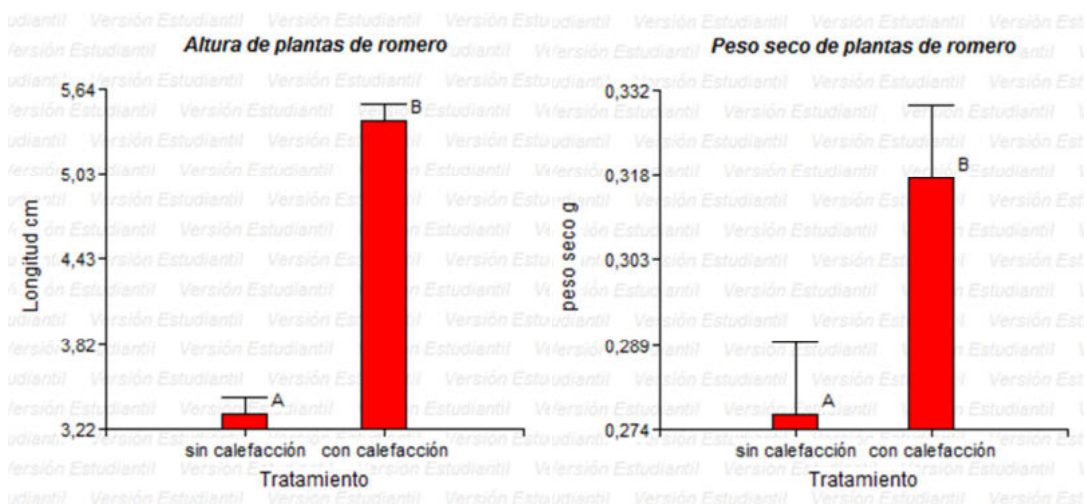


Figura 10: gráficos de resultado de análisis de la varianza para datos de altura de planta y peso seco de romero (INFOSTAT)

En observación visual, se pudo apreciar que en el compartimento frío algunas estaquillas no llegaron a enraizar y las plantas obtenidas tuvieron menor desarrollo tanto radicular como en altura, como puede observarse en la figura 11.

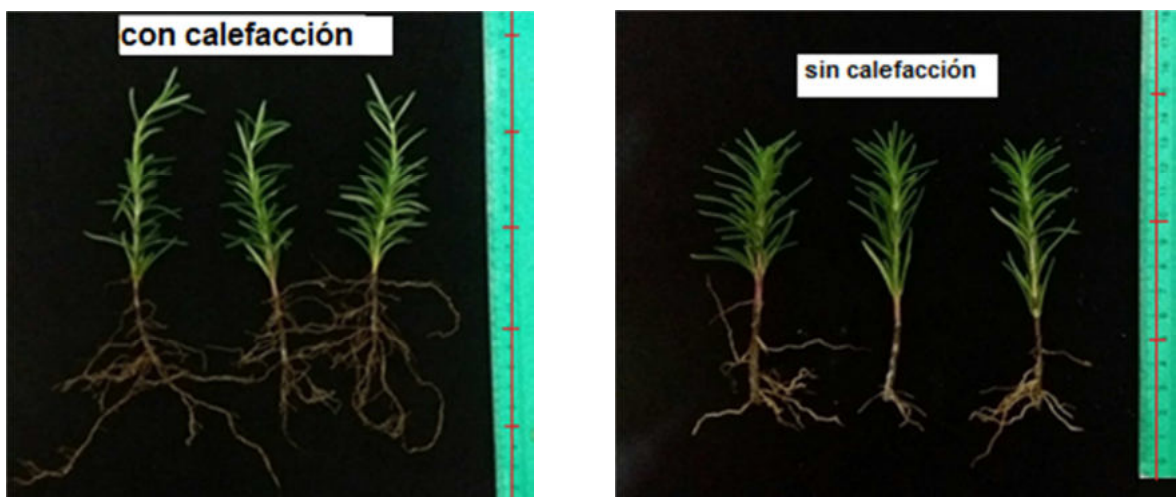


Figura 11: Desarrollo de plantas, en altura y raíces a) compartimento calefaccionado b) sistema frío

Orégano

El orégano tuvo una respuesta más lenta que el romero, la plantación de estaquillas se efectuó el 5/6/17 y la evaluación de resultados el 20/7/17, a los 45 días de plantación. Se midieron las variables longitud total de planta, peso fresco y peso seco total. La tabla 3 muestra los resultados obtenidos en el análisis de la varianza y diferencias entre medias para las variables medidas.

| Tratamiento | Longitud final total | | Peso Fresco | | Peso seco total | |
|-----------------|----------------------|------------------------|-------------|------------------------|-----------------|------------------------|
| | Media | nivel de significación | Media | nivel de significación | Media | nivel de significación |
| Sin calefacción | 11,73 | A | 0,67 | A | 0,14 | A |
| Con calefacción | 15,45 | B | 0,78 | A | 0,16 | A |

Tabla 3: Resultados del análisis de la varianza con test de Tuckey nivel de confianza del 95 %.

En el caso del orégano si bien a simple vista y en las mediciones de la longitud de plantitas se evidenciaron diferencias, estas no se reflejaron en los pesos fresco ni seco de las plantas, el análisis el caso de los pesos y un estadístico presenta un coeficiente de variación muy grande (37,4 y 35,3 respectivamente) en R^2 pequeño que estaría indicando posibles problemas en el registro de algunos pesos o bien que, el factor analizado no explica totalmente el proceso. Los gráficos de la figura 12

presentan las diferencias entre medias, los segmentos asociados a las barras, dan una medida de la variabilidad (error estándar de la media) de los datos, más alta en el caso de peso seco, figura 12 b).

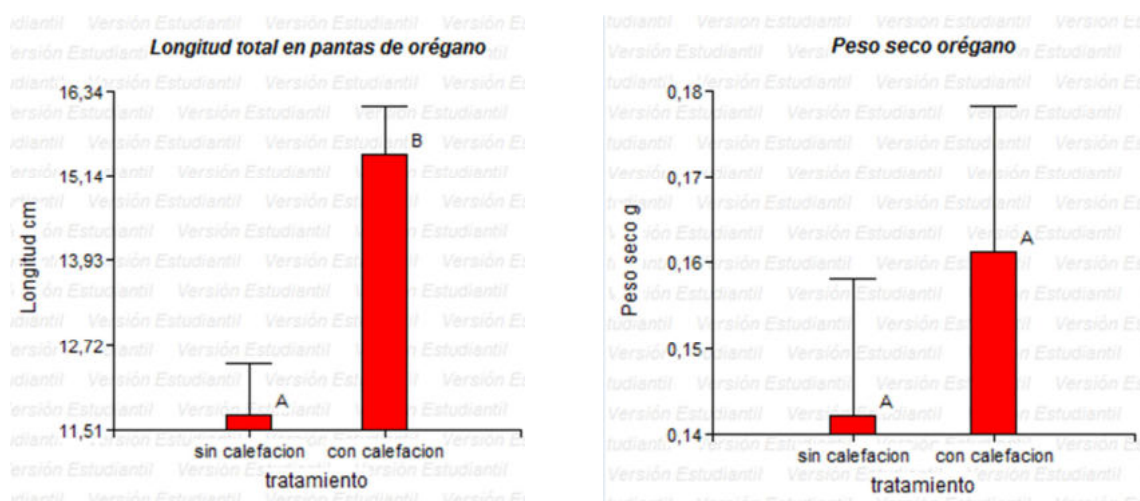


Figura 12: Gráficos de resultado de análisis de la varianza para datos de altura de planta y peso seco de orégano (INFOSTAT)

Si bien existe una tendencia marcada en las medias a favor del sistema calefaccionado, la alta variabilidad de los datos estaría indicando alguna interferencia, en la toma de datos o en las variables consideradas para la evaluación

En este caso particular, las diferencias de pesos entre plantas, fue muy pequeña, por lo que se considera que una situación posible, es que los errores en la medición o bien la precisión de la balanza hayan interferido en las mediciones. En la observación visual se apreciaron diferencias en el desarrollo de plantas (donde la escala con graduación de 5 cm se resaltó en rojo), que se muestran en la figura 13.



Figura 13: Desarrollo de plantas, en altura y raíces a) compartimento calefaccionado b) sistema frío

CONCLUSIONES

La temperatura óptima para el enraizamiento en la propagación vegetativa por estacas, depende en gran medida de la especie que se trate, y no es para nada conocida en numerosas plantas, el equipo ensayado resulta muy interesante para realizar este tipo de estudios y el trabajo constituye el inicio de ensayos para otras especies vegetales de valor comercial.

La elección del romero y orégano para el ensayo se efectuó en función de la disponibilidad de plantas madres y de la demanda comercial que existe de especies aromáticas. El comportamiento del romero

fue óptimo con un enraizamiento del 100 % en el sistema calefaccionado con diferencias significativas en crecimiento entre el sistema calefaccionado y el no calefaccionado. En el caso de orégano tampoco se perdió ninguna estaquilla, y las diferencias fueron significativas en crecimiento en longitud pero no se reflejaron en el peso seco de las plantitas. El enraizamiento en el sistema sin calefacción también fue alto, resulta un tema de discusión que la precocidad en la obtención de plantas y la diferencia de crecimiento, justifiquen el uso de calefacción del sustrato para propagar estas especies en sistemas bajo invernadero.

La escasa diferencia de temperatura entre el ingreso y el retorno de agua caliente en el intercambiador, si bien es ventajosa desde el punto de vista de la uniformidad de la temperatura en el sustrato, y da mayor certeza en los resultados en un equipo para ensayos, da cuenta de que la cantidad de agua caliente resulta sobredimensionada y permitiría ampliar el equipo.

En este primer ensayo se dio prioridad el aporte de calor en un período muy variable en las condiciones climáticas y las temperaturas resultaron algo excesivas en el sector del sustrato adyacente al intercambiador, resulta necesario en adelante mayor control y ajuste periódico de las temperaturas del sustrato.

El sistema resultó adecuado para trabajar con agua a temperaturas compatible con sistemas solares, y permite en muy poco espacio obtener 500 plantas a partir de estacas o estaquillas.

REFERENCIAS

- Arduino, (2016), www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardLeonardo
- Condorí M., Quiroga M. Echazú R. (2011). Sistemas Integrados de Aprovechamiento del Calor Residual del Circuito de Enfriamiento de una Caldera Solar, para Usos Productivos. Comunicación al XXXIX Congreso de ASADES, Río Hondo, 2011, pp. 02.17 – 02.
- Fluke (2016), www.fluke-direct.com/pdfs/cache/www.fluke-direct.com/9009-b-156/datasheet/9009-b-156-datasheet.pdf
- Gea M., Saravia L., Fernández C., Caso R. y Echazú R. (2007). Concentrador Lineal Fresnel para la Generación Directa de Vapor de Agua. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 11. pp. 03.83 – 03.89)
- Hartmann, H.T. y D.E. Kester (1991). Propagación de plantas principios y prácticas. C.E.C.S.A. México, D.F. 760 pp.
- Quiroga M., Condorí M., Durán G., Martínez C. y Echazú R. (2012) Sistema Integrado de Secado y Acondicionamiento Térmico de un Sustrato de Propagación Acta de la XXXVI Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente- Vol. 1, pp. 02.45-02.52, 2013. ISBN 978-987-29873-0-5 pp 02- 45 – 02.52
- Quiroga M., Palacios A., Hoyos D. Echazú R. (2016) Estudio experimental de dos invernaderos andinos en El Rosal, Salta AVERMA Vol. 20, pp. 02.21-02.29, 2016. ISSN 2314-1433
- Sívori, E.M., Montaldi E.R., Caso O.H., (1980) Fisiología Vegetal. Ed. Hemisferio Sur

ABSTRACT: The vegetative propagation of plants is of great commercial interest. It is presented the design of propagation equipment with possibilities of application at low enthalpy, with two compartments, one of them with a heat exchanger at the base of the culture substrate. Thermal variables of the system and a comparative study of rooting under greenhouse were evaluated, with cuttings of rosemary and oregano. A statistical analysis of the variance was performed on the variables indicative of growth of the two species. The system had a uniform temperature distribution and maintained good temperature for rooting in cold winter periods in Salta. Both rosemary and oregano had excellent behavior although temperatures were in some cases higher than desirable.

Keywords: solar heating, propagation of plants, heated growth beds.