

Producción integrada de fresa en sustrato con sistema recirculante en condiciones mediterráneas.

E. Medrano¹, P. Lorenzo¹, M.C. Sánchez-Guerrero¹, F.J. Alonso¹, P.A. Briones², A. Parra³, A. Roldán³

¹IFAPA Centro La Mojonera, Almería, España. ².SAT Primaflor. ³ Agrobío S.L

La utilización de sustratos inertes en el cultivo de fresa es una alternativa al suelo que elude la problemática asociada a la desinfección del suelo y ofrecen la posibilidad de la reutilización de las soluciones lixiviadas, con el consiguiente ahorro de agua y fertilizantes así como la reducción de la contaminación al medio. En la actualidad, existe un interés en la implantación de dicho cultivo en la zona mediterránea con la intención de cubrir franjas de mercado extratempranas.

El objetivo de este estudio es evaluar el desarrollo del cultivo de fresa en sustrato con recirculación desde el punto de vista de la producción integrada. Los resultados obtenidos muestran la posibilidad de la producción de fresa bajo invernadero en fechas que garantizan una cierta precocidad y con producciones aceptables, teniendo en cuenta la calidad del agua disponible en un cultivo definido como sensible a la salinidad. La aplicación del protocolo estándar para el control integrado de plagas en fresa, permitió un control satisfactorio de araña roja y pulgón con los auxiliares *P. persimilis* y *A. colemani*, respectivamente. Por el contrario, el establecimiento en el cultivo de los auxiliares *O. laevigatus* y *A. swirskii*, para el control de trip y mosca blanca, no fue exitoso. La polinización de las flores mediante abejorros, *Bombus terrestris*, L., se realizó de forma satisfactoria.

Palabras clave: Control biológico, cultivo sin suelo, *Fragaria x ananassa* Duch., invernadero, polinización.

Strawberry production on substrate integrated with recirculating system in Mediterranean conditions.

The inert substrates in the strawberry crop are an alternative to soil that avoid the problems joined to the soil disinfection and offer the possibility of reusing nutrient solutions thus saving water and fertilizers as well as reducing the pollution to the environment. Currently, there is interest in the implementation of that crop in the Mediterranean area with the intention of providing out of season market bands.

The aim of this study is to evaluate the development of strawberry cultivation in monorail substrate from the point of view of integrated production. The results show the possibility of greenhouse strawberry production dates to ensure certain precocity and with acceptable yields, taking into account the quality of water available in a culture defined as sensitive to salinity. The application of standard integrated pest control protocol made satisfactory control possible of aphids and red spider with the beneficial insects *P. persimilis* and *A. colemani* respectively. By the other hand, *O. laevigatus* and *A. swirskii* did not settle well within the crop for the trips and whitefly control. The bumblebee pollination, with *Bombus terrestris*, L., was performed satisfactorily.

Keywords: Biological control, greenhouse, *Fragaria x ananassa* Duch., soilless culture, pollination.



1.- INTRODUCCIÓN

El cultivo de fresa en España está concentrado en la provincia de Huelva, siendo uno de los principales motores de la economía en dicha provincia. La fatiga del suelo, provocada por la producción continuada sin rotación de cultivos, obliga a la desinfección del mismo.

Una alternativa al cultivo en suelo es el cultivo en sustrato (Peralbo y col., 2005) que ofrece la oportunidad de la reutilización de las soluciones lixiviadas con el consiguiente ahorro de agua y fertilizantes, así como la reducción de la contaminación al medio. Estos sistemas se pueden disponer a una cierta altura, evitando el contacto de la fruta con el suelo y permitiendo un control más eficaz de *Botrytis*.

En la actualidad existe interés en su implantación en el litoral mediterráneo ya que sus condiciones climáticas, respecto al litoral atlántico (mas radiación y menos humedad relativa), permiten obtener producciones extratempranas que se están empezando a cubrir por terceros países con condiciones climáticas similares, como es el caso de Marruecos y Egipto. La baja calidad del agua de riego disponible en el litoral mediterráneo, con un contenido en NaCl superior a 2 mmol L^{-1} , puede ser una restricción a la aplicación del sistema de cultivo con solución recirculante.

La producción integrada se basa en la posibilidad del control biológico de plagas mediante organismos beneficiosos, así como en la utilización de polinizadores. Las variedades de fresa utilizadas en cultivos protegidos son hermafroditas parcialmente autopolinizables y necesitan ayuda para conseguir una correcta polinización y una buena fructificación. Esta baya es visitada por gran número de insectos al aire libre: mariposas, pequeños escarabajos, hormigas, abejas sin aguijón, abejas melíferas y abejorros, siendo estos tres últimos los más evaluados para uso comercial (Paydas y col. 1999). El uso de abejas sin aguijón, caso de *Trigona minangkabau* en Japón, no ha sido satisfactorio frente a las abejas ya que produce un porcentaje más alto de deformaciones en fruto y tiene que realizar más visitas que las abejas melíferas para conseguir una buena polinización (Kakutani y col., 1993).

Las investigaciones realizadas en abejas de miel indican que, aunque pueden realizar la polinización, este cultivo no es muy apetecible para ellas. Por otra parte, necesitan visitar entre 16 a 25 veces una flor para conseguir calidad en los frutos y son más agresivas que los abejorros (Skrebtsova, 1957). Los trabajos llevados a cabo con abejorros son escasos. En la variedad 'Camarosa' se han observado un incremento productivo del 29,6% respecto a un control sin polinizadores y en la variedad 'Selva' se confirman esos resultados. En España existen estudios que evalúan la viabilidad del polen (Ariza y col., 2005 y 2006) y las deformaciones en fruto (López y Vázquez, 2003). Sin embargo, en cuanto al manejo de

colmenas de abejorros, todavía faltan trabajos que hagan esta evaluación en las condiciones de cultivo protegido de nuestras latitudes.

2.- OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es la evaluación del cultivo de fresa en sistema recirculante bajo invernadero en condiciones mediterráneas en cuanto a: i) precocidad y eficiencia del uso del agua, ii) aplicación y mejora de los protocolos de control integrado de plagas en el cultivo de la fresa y iii) ratificación de la especie *Bombus terrestris* como polinizador efectivo de fresa bajo condiciones de invernadero de nuestra zona así como evaluar el número de colmenas necesarias para una óptima polinización.

3.- MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se desarrolló en el Centro IFAPA de La Mojonera (Almería, España), en un invernadero multitúnel de 1000 m² dotado de instalaciones para el control del clima en su interior así como un sistema recirculante (NGS[®]) de cultivo en sustrato (foto 1). La variedad utilizada fue 'Festival' y la plantación se realizó el 6 de octubre de 2008, con plantas procedentes de vivero a raíz desnuda (foto 2) sobre sustrato de perlita. La disposición del cultivo fue en líneas pareadas con un marco de plantación de (70 x 42.5 x 10) equivalente a 17.78 plantas m². El sistema de riego estaba compuesto por goteros integrados autocompensantes de 0.7 L h⁻¹ dispuestos cada 10 cm sobre sustrato de perlita. La fertirrigación se realizó con una solución recirculante con una conductividad eléctrica de entrada (CE_{sn}) que se modificó entre 1.6 y 1.8 dS m⁻¹ durante el ciclo de cultivo. Se estableció una consigna de dilución que activaba la dosificación de agua fresca a la solución recirculante, cuando su conductividad eléctrica superaba en 0.2 dS m⁻¹ al valor de CE_{sn}.

Se realizaron las determinaciones de biomasa, producción y calidad de fruto (clasificación, acidez y °Brix), medidas continuas de CE y pH de las soluciones de entrada y de drenaje así como el volumen de agua aportada al sistema y su fracción de lixiviación.



Foto1. Disposición sistema NGS.



Foto 2. Plantas variedad 'Festival'.

El control biológico de plagas, realizado mediante la aplicación del protocolo estándar que existe a nivel técnico en fresa, y la polinización con abejorros fue llevado a cabo con el asesoramiento de la empresa Agrobío S.L. Para el control de oidio se dispuso de la actuación nocturna de sublimadores de azufre durante 7 horas.

A lo largo del ciclo de cultivo se realizaron, de forma semanal, muestreos de 20 plantas al azar. En cada uno de ellos se contabilizó el número de individuos plaga y el número de individuos beneficiosos presentes en 3 hojas y 1 flor de cada una de las plantas muestreadas. Las principales plagas objeto de estudio fueron:

- Trips (*Frankliniella occidentales*)
- Mosca blanca (*Bemisia tabaci*)
- Araña roja (*Tetranychus spp.*)
- Pulgón (*Aphis gossypii* y *Myzus persicae*)

Los organismos de control biológico utilizados para el control de dichas plagas fueron:

- *Orius laevigatus*
- *Amblyseius swirskii*
- *Phytoseiulus persimilis*
- *Aphidius colemani*

Para el estudio de polinización con abejorros se introdujo una colmena, con un número menor de obreras de abejorros (*B. terrestris*) respecto al nivel convencional, al inicio de la floración (10% de flores abiertas) y se observó en días alternos durante 20 minutos para constatar que la colmena estaba activa (foto 3). Durante este tiempo se anotaron número de salidas y número de entradas con y sin polen. Estas observaciones se hicieron hasta que la colmena tuvo que ser reemplazada por agotamiento o por ser excesivamente grande para el número de plantas presentes en el cultivo.

Para evaluar si existía o no polinización se observó, en los 20 minutos anteriores al registro de actividad, el número de flores visitadas, al menos una vez.



Foto 3. Observaciones de la colmena y control de auxiliares.

4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a) Producción y eficiencia hídrica

Una de las fases cruciales del cultivo de fresa es el paso de la fase vegetativa a generativa. La variedad 'Festival' es una variedad de día corto, por lo que los cultivos plantados durante el verano pueden tener dificultades para pasar de una fase a otra. En este experimento, dado que la plantación se realizó en la primera semana de octubre, el paso de la fase vegetativa a generativa ocurrió en torno a los 70 días desde la plantación (fig. 1)

La entrada en producción fue el 19 de diciembre continuando hasta mediados de mayo (fig. 2) obteniendo una producción comercial de 7.27 kg m^{-2} lo que equivale a $409 \text{ g planta}^{-1}$ superior a la obtenida con la variedad 'Tudla' por D'Anna y col. (2003) aplicando una solución nutritiva con una C.E. de 2.5 dS m^{-1} . El porcentaje de producción de primera calidad obtenido, en cuanto a forma, tamaño y color (según normativa vigente), fue del 69% y tan solo un 5% de fruto no comercial. La producción precoz, considerada hasta el 31 de marzo según López-Medina y col. (2004), fue de 3.87 kg m^{-2} .

Se observó una correlación entre el aumento del contenido de azúcares y la reducción de la acidez y viceversa (fig. 3). Durante los tres primeros meses de recolección se obtuvo un fruto con un mayor contenido de azúcares ($^{\circ}\text{Brix}>8$), descendiendo progresivamente hasta valores próximos a 6 y recuperándose al final del ciclo.

Se obtuvo una eficiencia en el uso del agua (tabla 1) similar a la obtenida por Yuan y col. (2004). El 80% de la solución lixiviada fue recirculada. Peralbo y col. (2005) en un sistema recirculante en la provincia de Huelva llegaron a reutilizar el 84% de la solución lixiviada. Estas diferencias pueden ser debidas a la menor necesidad de lavado ya que disponían de un agua con menor contenido en NaCl. El aporte de agua fue $142 \text{ cc pl}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ligeramente superior al obtenido por Peralbo y col. (2005) ($118\text{-}134 \text{ cc pl}^{-1} \text{ día}^{-1}$) en un ciclo de cultivo similar. Estas diferencias pueden estar asociadas a la mayor integral de radiación en la zona mediterránea frente a la zona atlántica.

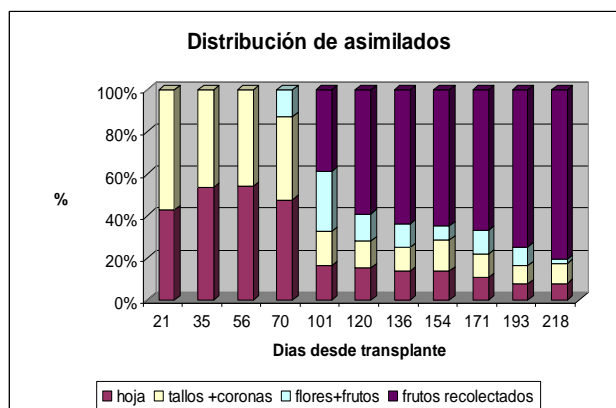


Figura 1.- Distribución de asimilados en % de peso seco a lo largo de ciclo de cultivo.

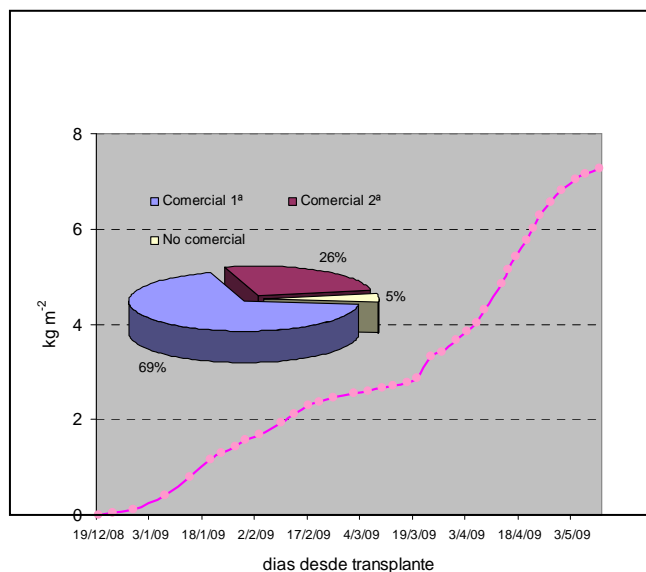


Figura 2.- Evolución de la producción comercial acumulada a lo largo del ciclo.

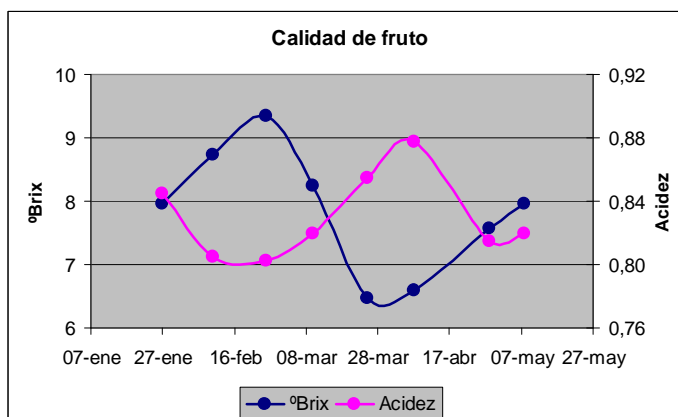


Figura 3.- Evolución de la calidad de fruto en cuanto a contenido de azúcares (°Brix) y acidez valorable (g de ácido cítrico por cada 100 ml de disolución).

Tabla 1.- Gasto de agua y eficiencia hídrica en relación a la producción de fruto.

GASTO AGUA L m ⁻²	Volumen de descarte L m ⁻²	Fracción de lavado %	Aporte L pl ⁻¹	Eficiencia en el Uso del Agua (g L ⁻¹)
254	50	20	14.3	28.6

b) Control integrado de plagas

El control de adultos de trips (*F. occidentalis*) por parte del auxiliar *O. laevigatus* y el control de larvas de trips (*F. occidentalis*) y de mosca blanca (*B. tabaci*) por parte del auxiliar *A. swirskii* no fue satisfactorio, debido a que dichos auxiliares no llegaron a establecerse en el cultivo (figuras 4, 5 y 6). La mala instalación pudo estar relacionada con las condiciones climáticas y/o con la alta concentración de azufre sublimado presente en el ambiente. Las poblaciones muestreadas de trips y mosca blanca se mantuvieron en niveles que no supusieron un riesgo para el desarrollo del cultivo.

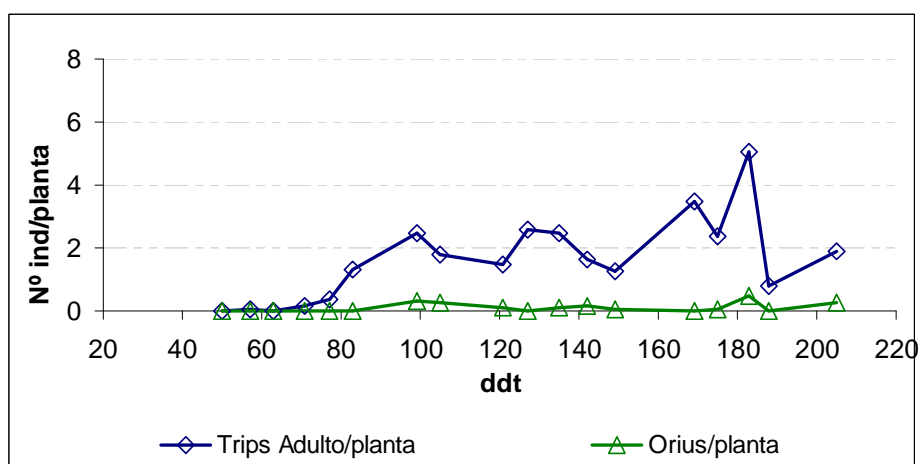


Figura 4.- Evolución de las poblaciones de adultos de Trips y *Orius laevigatus* durante el ciclo de cultivo. Ddt = días después del transplante.

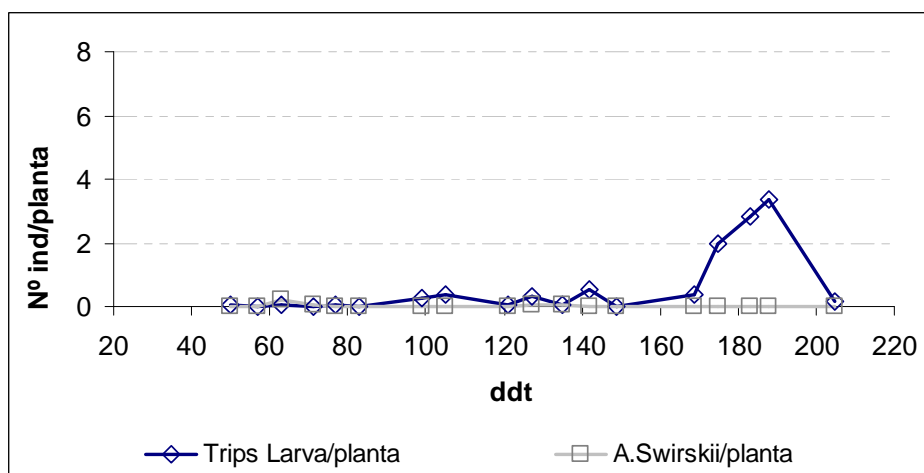


Figura 5. -Evolución de las poblaciones de larvas de trips y *A. swirskii* durante el ciclo de cultivo.

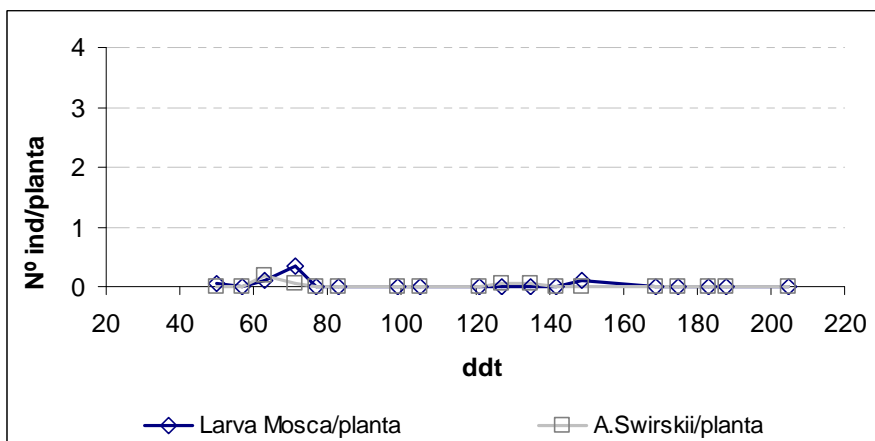


Figura 6.- Evolución de las poblaciones de larvas de mosca blanca y *A. swirskii* durante el ciclo de cultivo.

El control de pulgón (*Aphis gossypii* y *Myzus persicae*) por parte del auxiliar *A. colemani* fue satisfactorio (fig. 7).

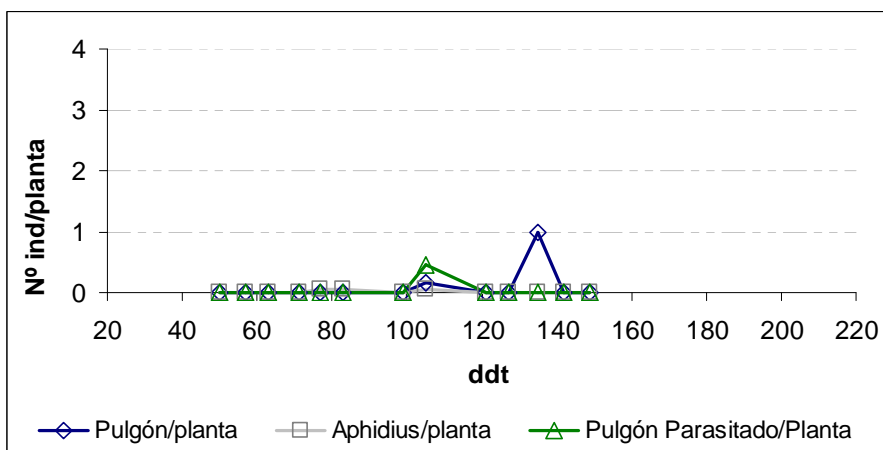


Figura 7.- Evolución de las poblaciones de pulgón y *A. colemani* durante el ciclo de cultivo.

El control de araña roja (*Tetranychus spp.*) por parte del auxiliar *P. persimilisi* fue satisfactorio (fig. 8). Se considera una situación de control cuando observamos 1 individuo de *P. persimilisi* por cada 10 individuos de araña roja. Debemos tener en cuenta que apareció *Feltiella acarisuga* de forma espontánea que ayudó al control de los focos de araña roja.

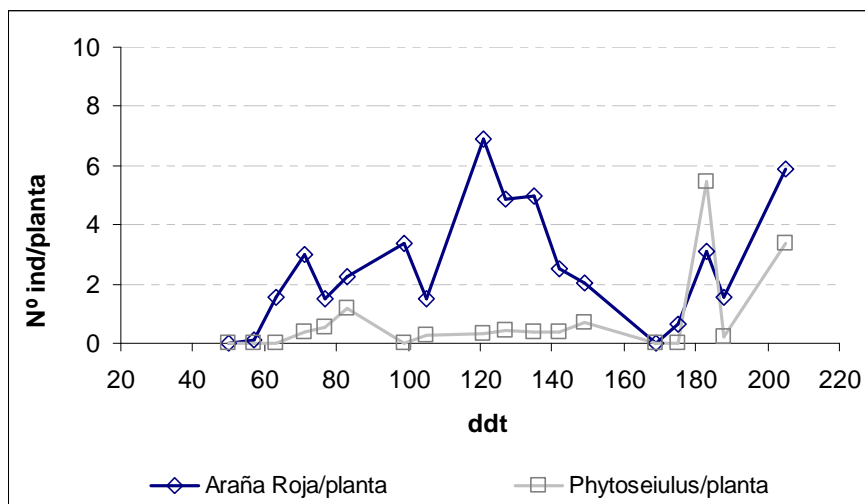


Figura 8.-. Evolución de las poblaciones de araña roja y *P. persimilis* durante el ciclo de cultivo.

c) Polinización con abejorros

En cuanto a la polinización con abejorros, se observó que, durante los días de observación, visitaron las flores y recolectaron polen y néctar (foto 6). La duración máxima por visita a una flor fue de 43 segundos y la mínima de 2 segundos. Las observaciones realizadas (N=31) han sido agrupadas en periodos cortos y largos por visita. En ambos casos los datos muestran gran variabilidad por lo que es necesario en próximos ensayos aumentar el número de observaciones. La duración de las visitas está relacionada con la cantidad de polen y néctar presente en la flor y con la necesidad del abejorro por uno o ambos alimentos.

Durante todo el cultivo se utilizaron un total de 3 colmenas que tuvieron un buen comportamiento y una duración media de 7 semanas. La actividad polinizadora observada durante todo el cultivo fue regular (fig. 9) exceptuando los días nublados, con reducción del número de vuelos, y con temperaturas nocturnas inferiores a 15°C, que retrasaron el inicio de la actividad diurna de la colmena.

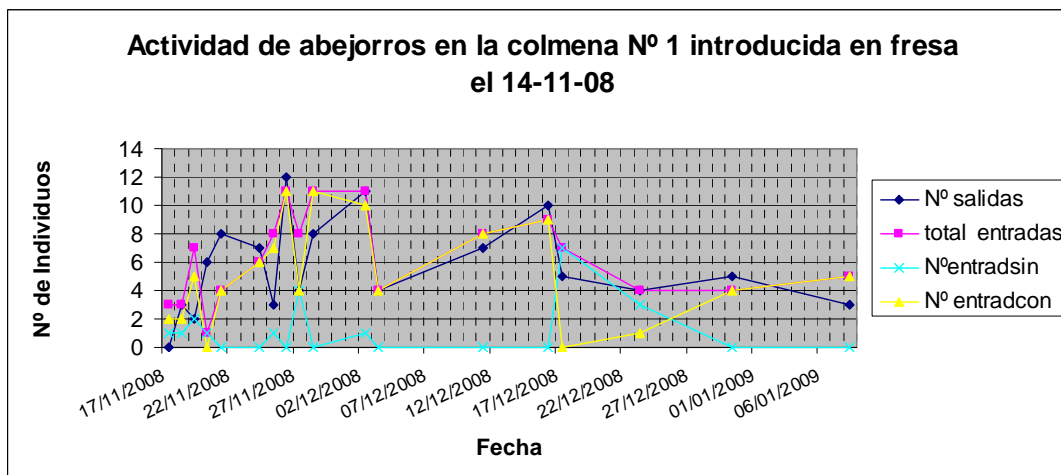


Figura 9.- Gráfica de actividad de una de las colmenas introducidas en el cultivo. Nº entradsin= número de obreras que entran sin polen, Nº entradcon= número de obreras que entran con polen.



Foto 6. Detalle de un abejorro visitando un flor de fresa (var. Festival), recolectando polen y néctar.

5.- CONCLUSIONES

Las condiciones bajo invernadero en la zona mediterránea ofrecen la posibilidad de llevar a cabo la producción del cultivo de fresa en fechas que garantizan una cierta precocidad y unos rendimientos aceptables, teniendo en cuenta la calidad del agua disponible en un cultivo definido como sensible a la salinidad.

El control biológico de araña roja y pulgón se realizó de forma satisfactoria y hubo ciertas dificultades para el establecimiento de los auxiliares utilizados en el control de la mosca blanca

y el trips. La polinización de las flores mediante abejorros se presenta como una técnica adecuada.

Agradecimientos: Este trabajo se ha financiado con Fondos FEDER y a través del Convenio CC08-19 firmado por el IFAPA y la empresa SAT Primaflor. Se agradece la colaboración de la empresa Agrobío S.L

6.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ariza, M.T., Medina-Mínguez, J.J., López-Aranda, J.M., Soria, C. 2005. Estudio de la viabilidad y germinación del polen en tres cultivares de fresa. Actas Portuguesas de Horticultura 1 (58-62). ISBN:972-95881-8-X.
- D'Anna, E., Incalcaterra, G., Moncada, A. and Miceli, A. 2003. Effects of different electrical conductivity levels on strawberry brown in soilless culture. Acta Horticulturae 609:355-360.
- Kakutani, T., Inoue, T. Tezuka, T. and Maeta, Y. 1993. Pollination of strawberry by the stingless bee, *Trigona minangkabau*, y honey bee, *Apis mellifera*: an experimental study of fertilization efficiency. Researches on Population Ecology 35 (1):95-111.
- López, J., Vázquez, E. 2003. Evaluación Agronómica de las Deformaciones de Fruto en Fresa (*Fragaria X Ananassa Duch*). Actas de Horticultura. Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. Num. 10. Pontevedra, España. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Pag. 404-405.
- López-Aranda, J.M., Miranda Enamorado L., Soria C. y Medina Mínguez J.J. 2009. Una nueva era del cultivo de la fresa en Huelva sin bromuro de metilo. Agrícola Vergel 324 (23-27).
- Paydas, S., Eti, S., Sevinç, S., Yasa, E., Derin, K., Kaska, N. and Kaftanoglu, O. 2000. Effects of different pollinators to the yield and quality of strawberries. Acta Horticulturae 522: 209-218.
- Peralbo, A., Flores, F. and López-Medina, J. 2005. Recirculating nutrient solution in strawberry. Acta Horticulturae 697:101-106.
- Skrebtsova, N. D. 1957. Role of bees in pollination of strawverries. Pchelovodstvo 34(7):34-36. [In Russian.]
- Yuan, B.Z., Sun, J. and Nishiyama, S. 2004. Effect of drip irrigation on strawberry growth and yield inside a plastic greenhouse. Biosystems Engineering 87(2):237-345.