



## UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA PARA CALEFACCIÓN DE INVERNADEROS DE TOMATE

## INSTITUCIONES EJECUTORAS



## INSTITUCIÓN FINANCISTA



## INSTITUCIÓN COLABORADORA



Intendencia Municipal  
de Salto

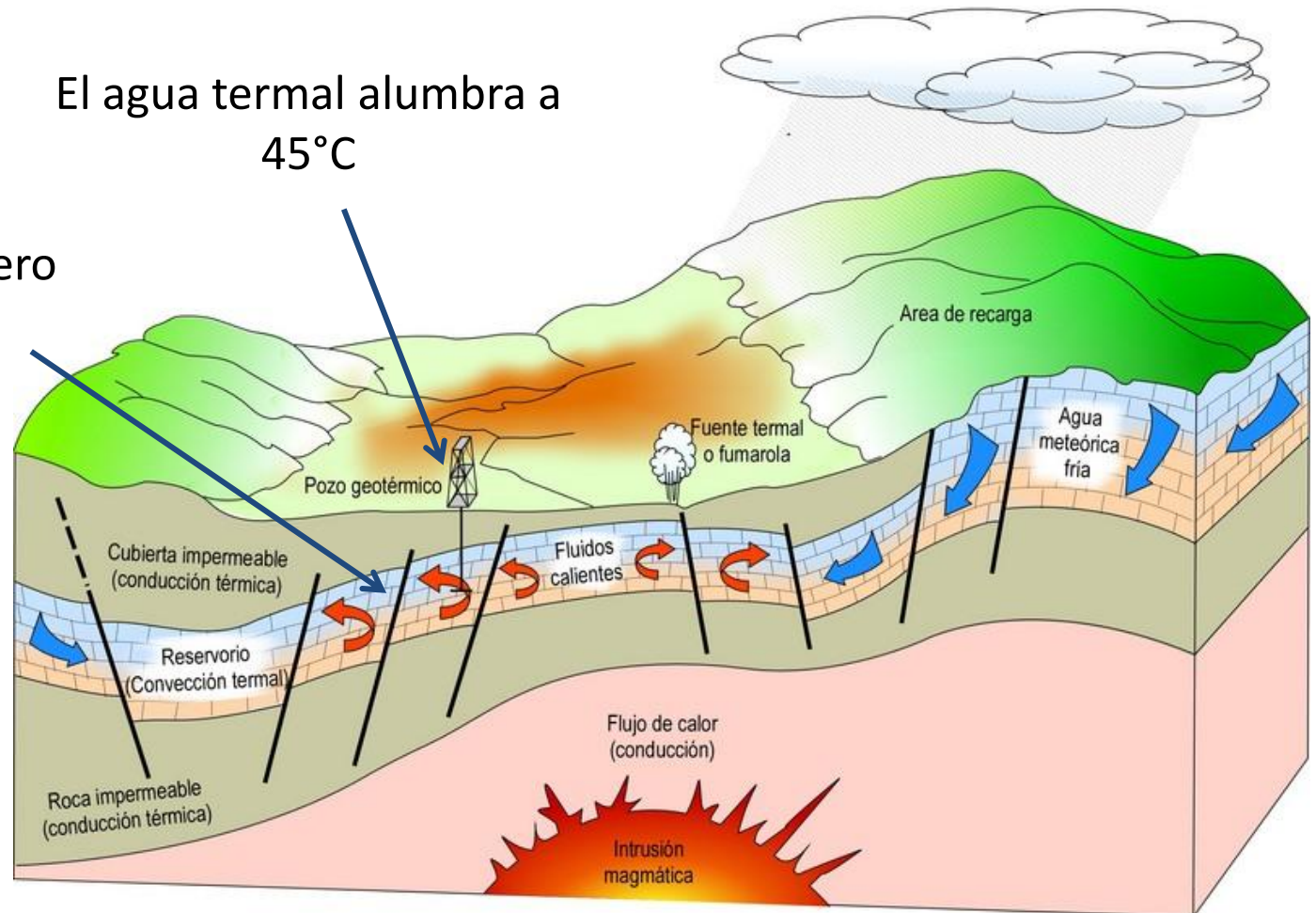
## Introducción



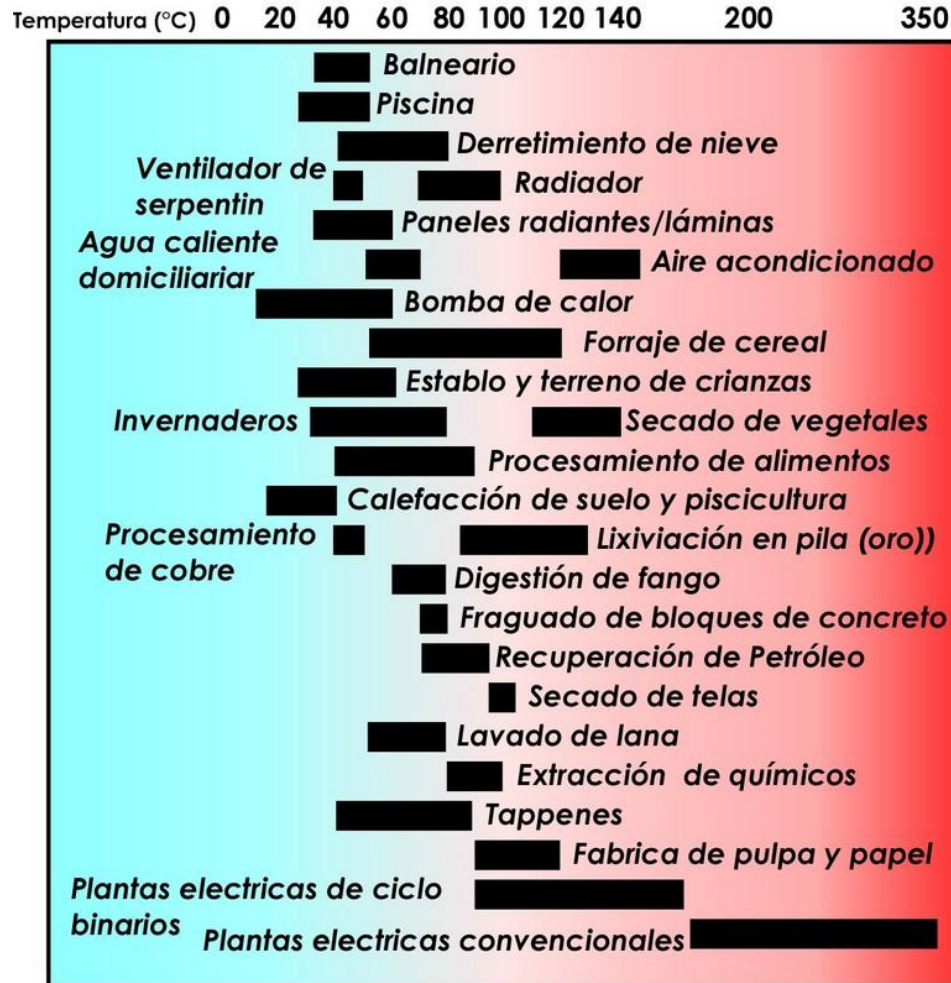
## Fuente de energía

El agua termal alumbra a  
45°C

Sistema acuífero  
Guaraní



Energía geotermal



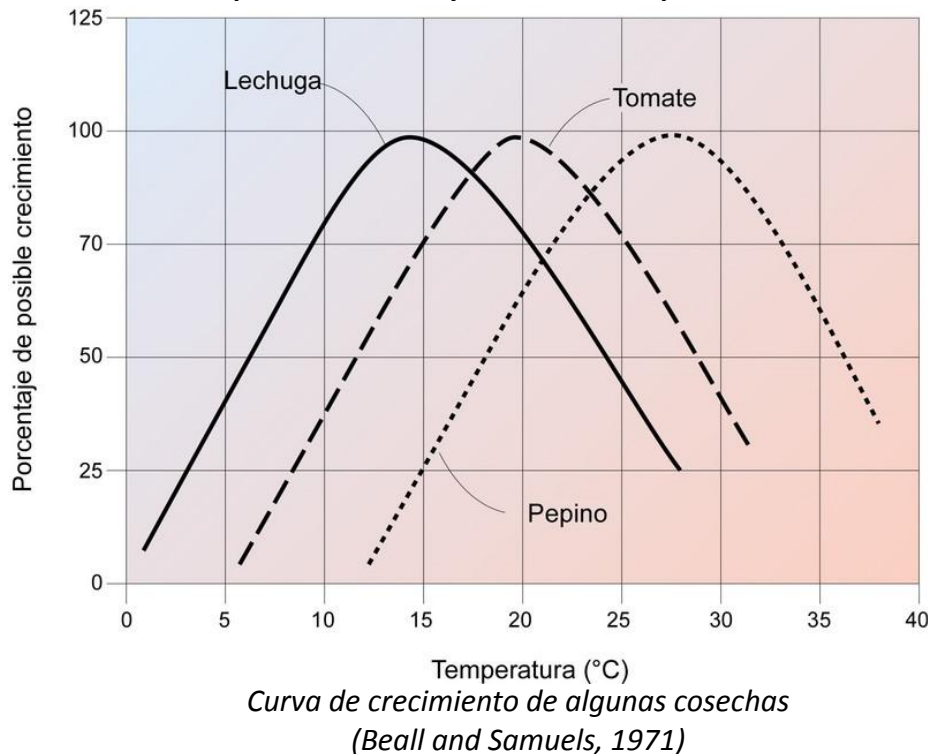
Este rango de temperaturas es aplicable a la calefacción de especies vegetales bajo protección (González-Real *et al.* 1983, citado por López *et al.* 2000).

Diagrama de Lindal (1973)



FACULTAD DE  
AGRONOMIA

El tomate es el principal cultivo hortícola de Uruguay. Se trata de una especie de ciclo estival indiferente al fotoperíodo y cuya temperatura óptima varía con su estado fenológico. Los óptimos de temperatura son 18-22° C para el día y 15-17° C para la noche.



Una temperatura por debajo de 12° C ralentiza el crecimiento y aparecen síntomas de deterioro. Abdehafeez et al., (1971) mencionan que temperaturas de suelo inferiores a 12° C son críticas para el desarrollo radicular, con repercusión en el crecimiento de las partes aéreas.

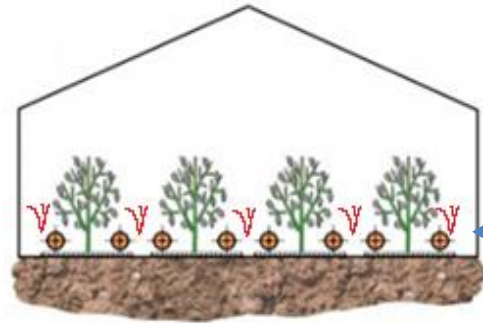
## Objetivo Principal

Comparar los rendimientos en la principal variedad vegetal cultivada en invernadero en Uruguay (tomates) con y sin provisión de calefacción permanente a través de la circulación de agua geotermal de baja entalpía proveniente del Sistema Acuífero Guaraní y la disposición de experiencias en otro uso de la fuente, fuera del rubro recreativo.

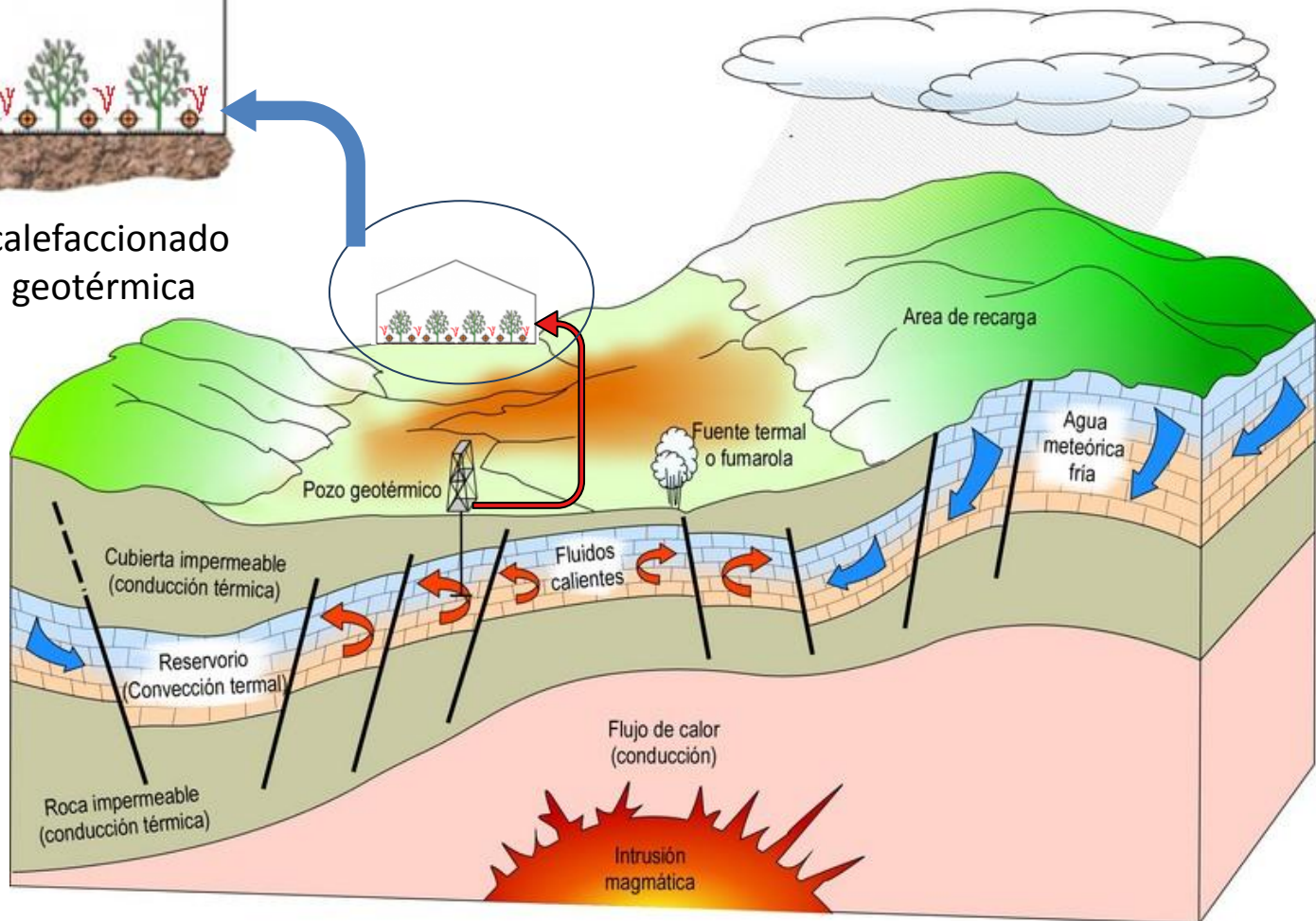




FACULTAD DE  
AGRONOMIA



Invernadero calefaccionado  
con energía geotérmica



Energía geotermal



## Materiales y métodos

# Invernaderos



Se trata de dos invernaderos tipo convencional de madera y PE térmico de 150 $\mu$ m de 12,5m por 21,5m por 4m, con seis canteros distanciados 2m orientados N-S.

# Cultivo de Tomate



Siembra  
3 de marzo



Plantines terminados  
a principio de abril



Trasplante en tresbolillo  
cada 0.2m el 4 de abril



Se realizó una cosecha por semana a  
partir del 1 de agosto



# Instrumentación



En cada invernáculo se instalaron estaciones meteorológicas automáticas (HOBO U30-NRC, Onset Computer Corp., Cape Cod, MA) con sensores de temperatura y humedad



## Sistema de Calefacción



Dentro de los invernaderos se distribuye en cada cantero a través de tuberías  
En el recorrido el agua cede calor a su entorno elevando la temperatura del mismo

## **Resultados y discusión**



## Potencia y energía suministrada. Energía eléctrica y litros de gasoil equivalente

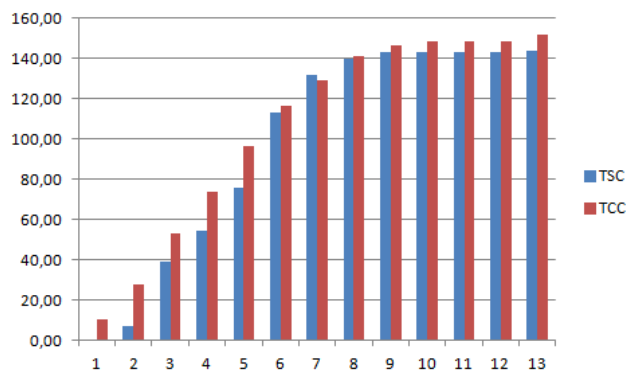
Mes	Potencia		Energía provista	Energía Eléctrica	Litros de gasoil
	Máxima	Media			
Jul	7,02	2,14	753,43	793,08	123,68
Ago	6,31	1,33	493,44	519,41	81,00
Sep	4,95	0,28	100,80	106,10	16,54

Potencia [kW]

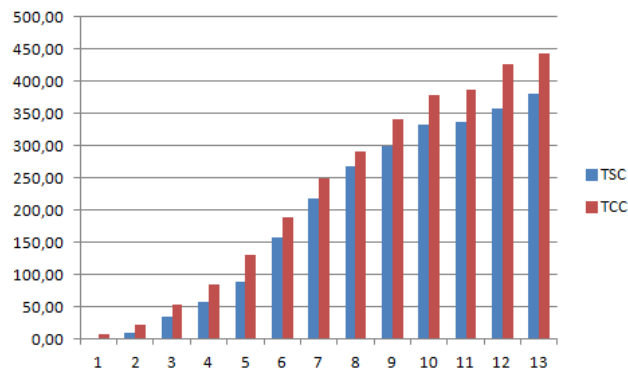
Energía [kW.h]

# Producción acumulada por categoría

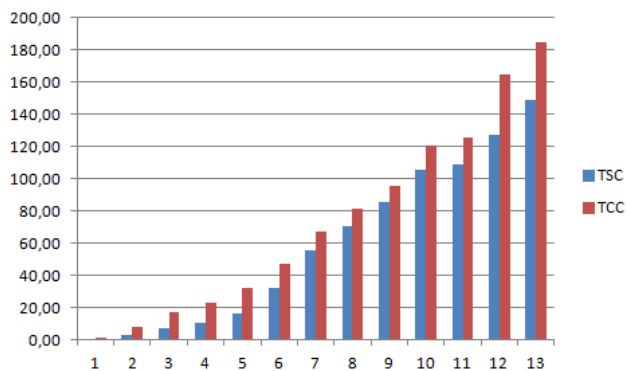
Especial (9 y 10 cm)



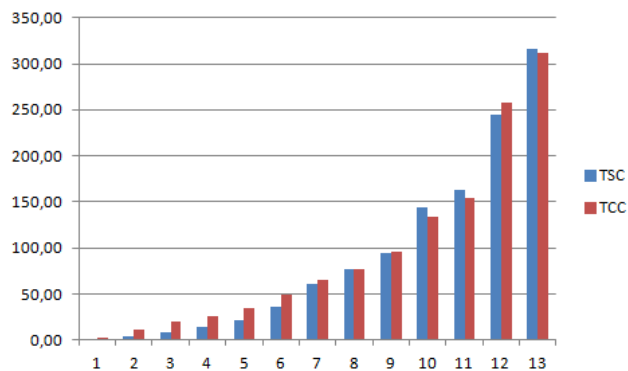
Primera (8cm)



Segunda (7cm)



Tercera (6cm)



■ Invernadero Pasivo

■ Invernadero  
Calefaccionado

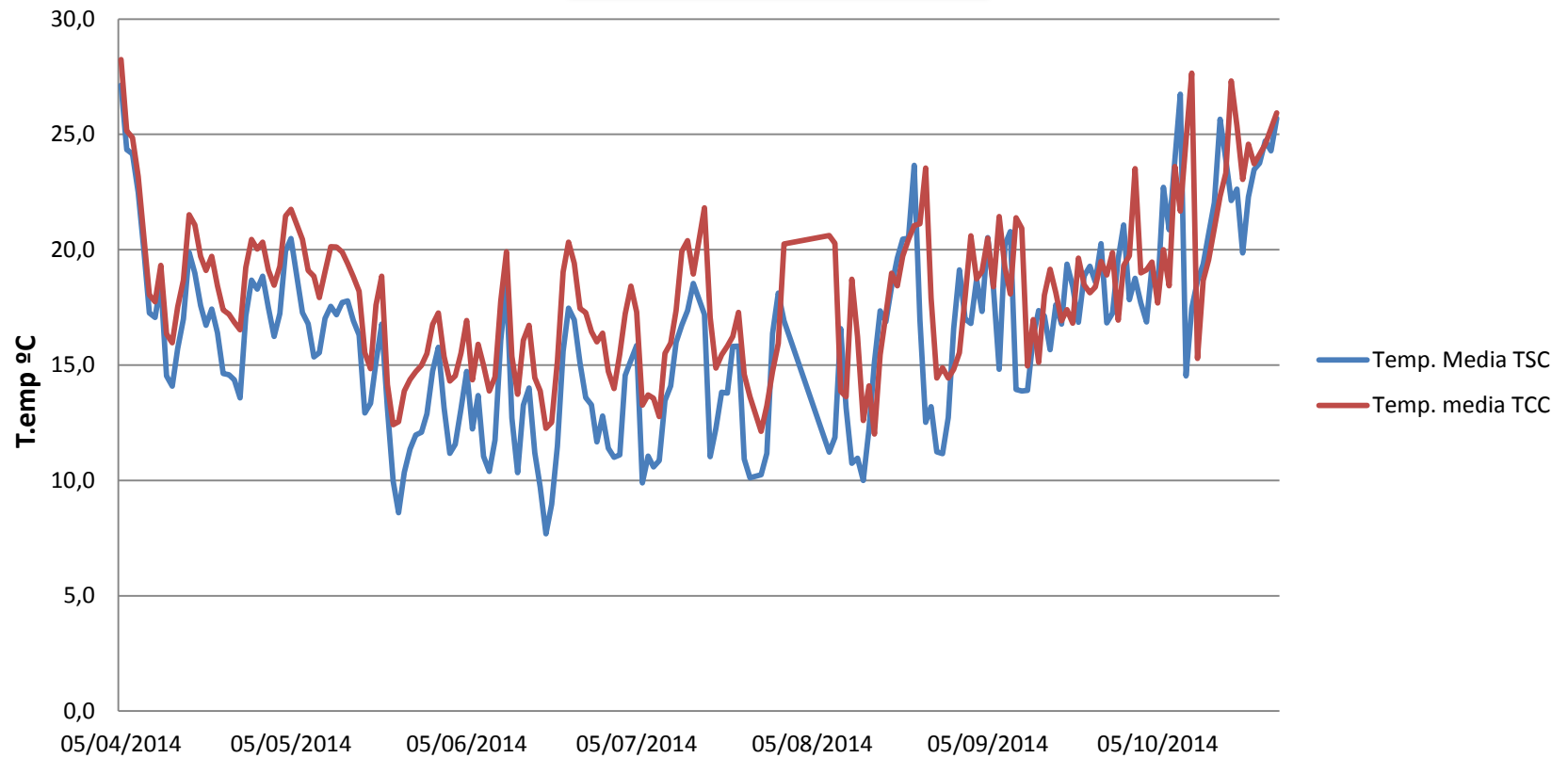
Especial 9 y 10	Primera 8	Segunda 7	Tercera 6,5
5,38%	16,31%	23,59%	-1,45%



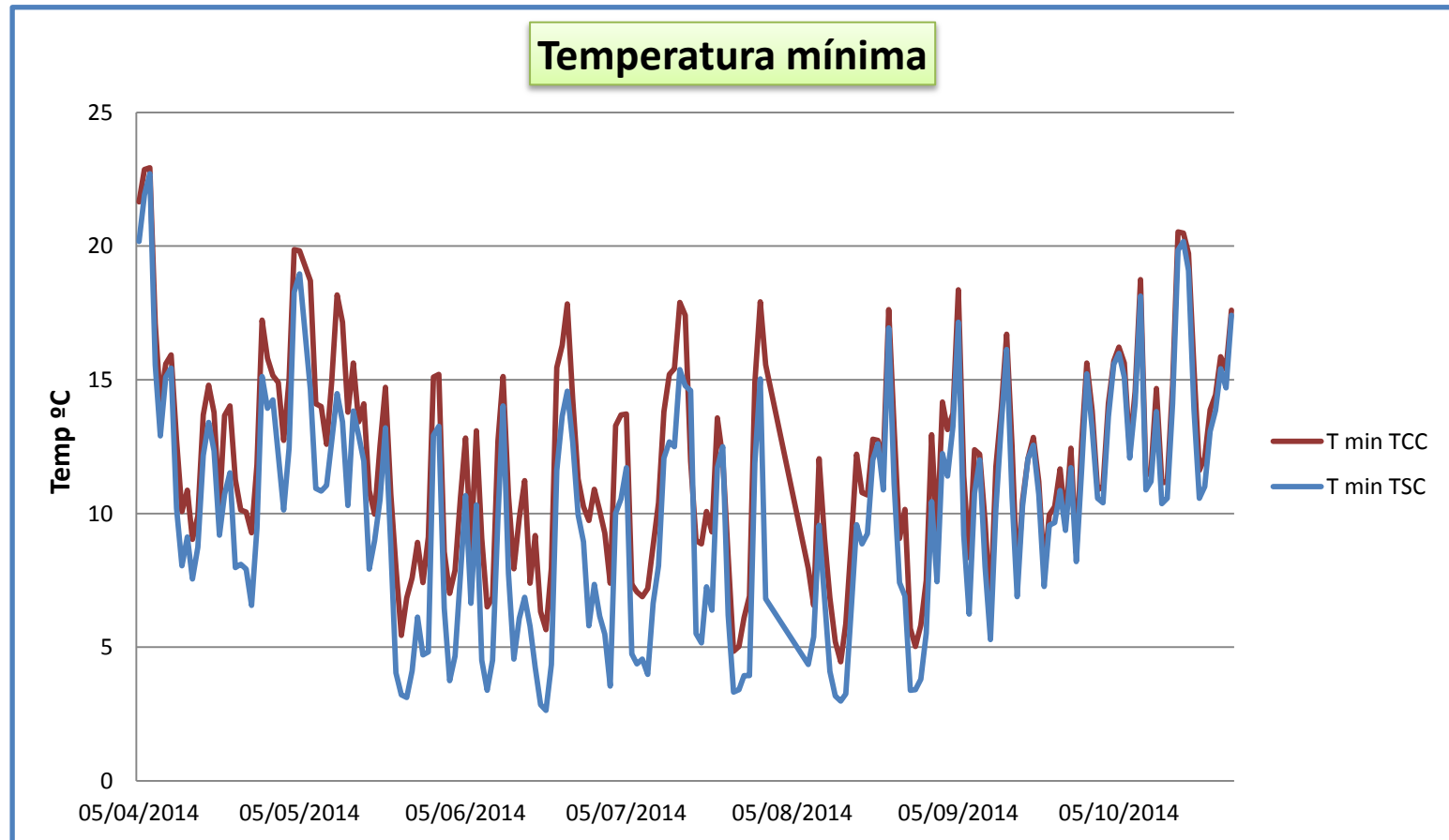
FACULTAD DE  
AGRONOMIA

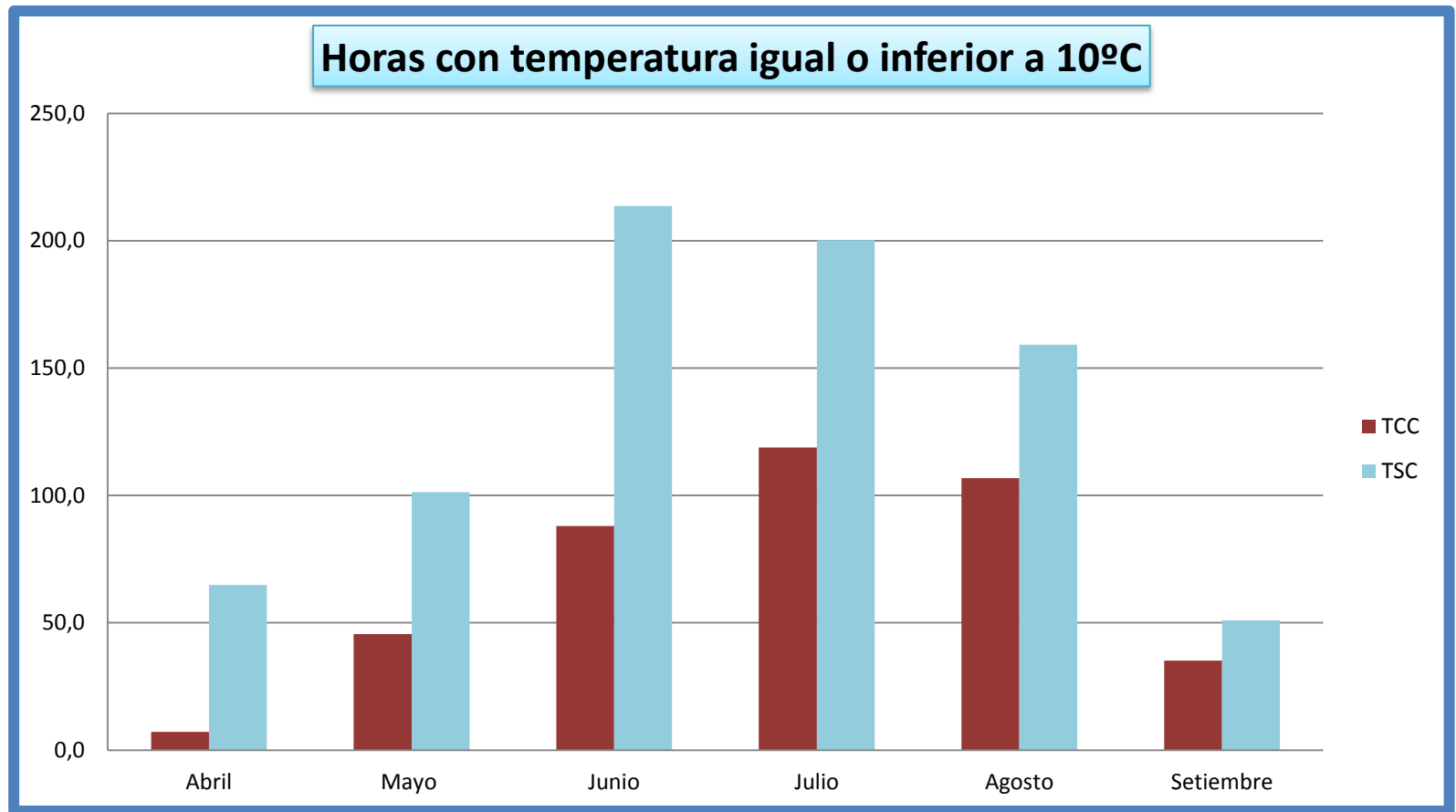


### Temperaturas medias











FACULTAD DE  
AGRONOMIA

## Cosecha 19 de Junio de 2014



C1 TSC

C2 TSC



C3 TSC

C4 TSC



C5 TSC

C6 TSC



C1 TCC

C2 TCC



C3 TSC

C4 TSC



C5 TSC

C6 TSC





## Cuantificación de la producción

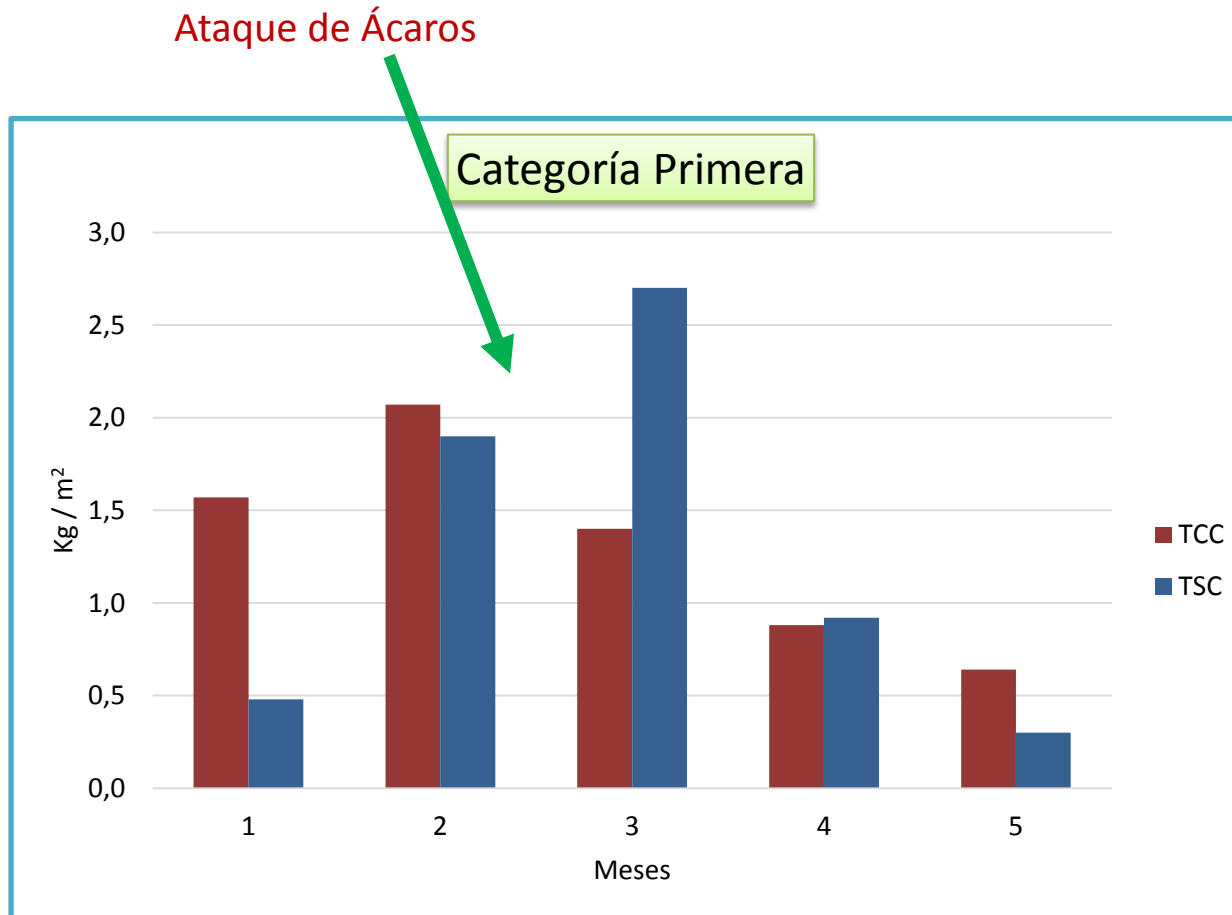


Calibración de frutos

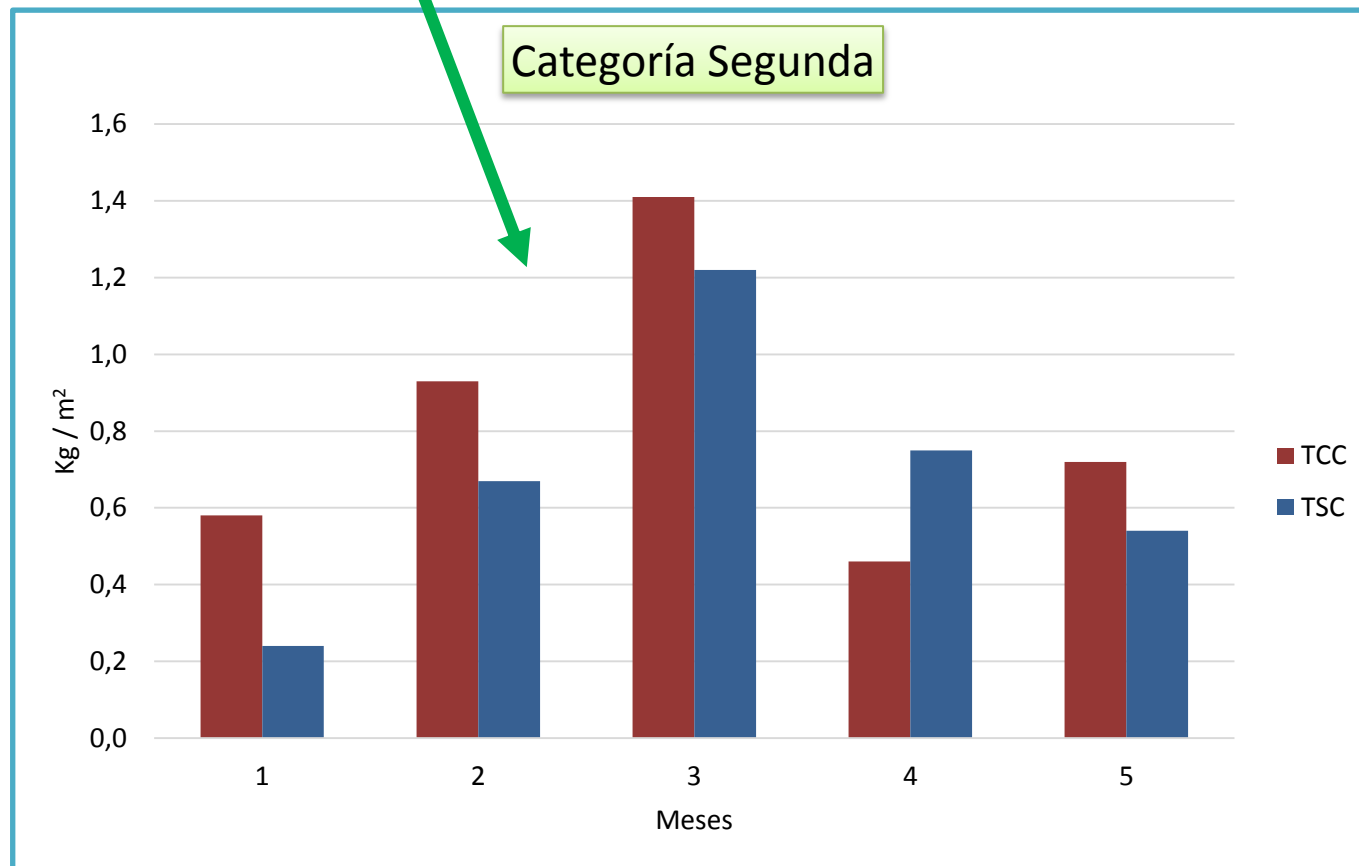


Pesaje de frutos calibrados

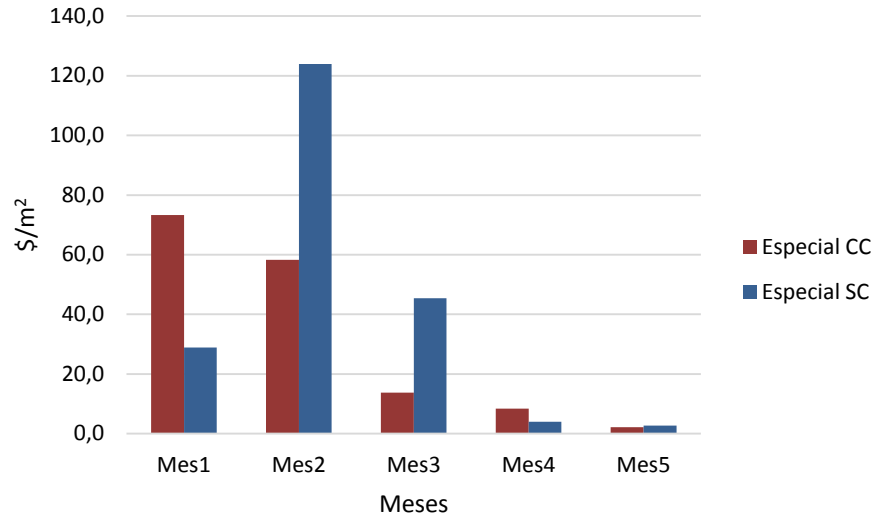
## Rendimiento, Con calefacción vs Sin Calefacción ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )



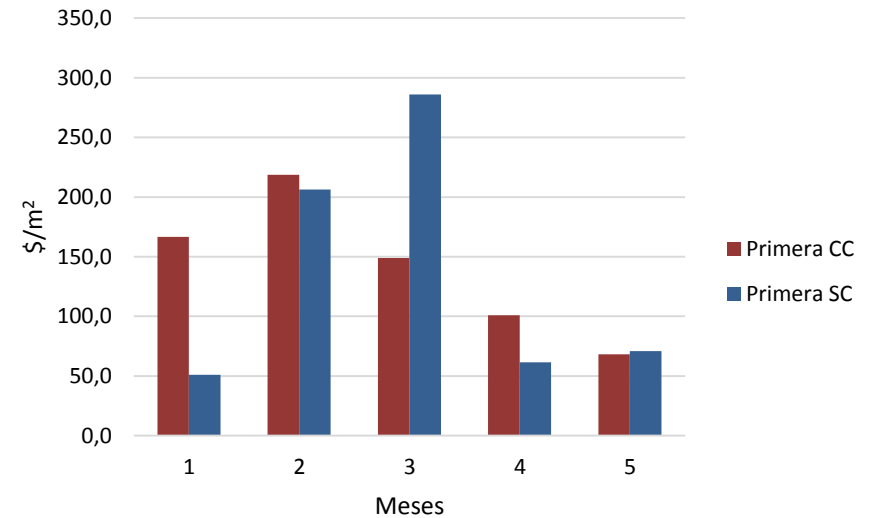
Ataque de Ácaros



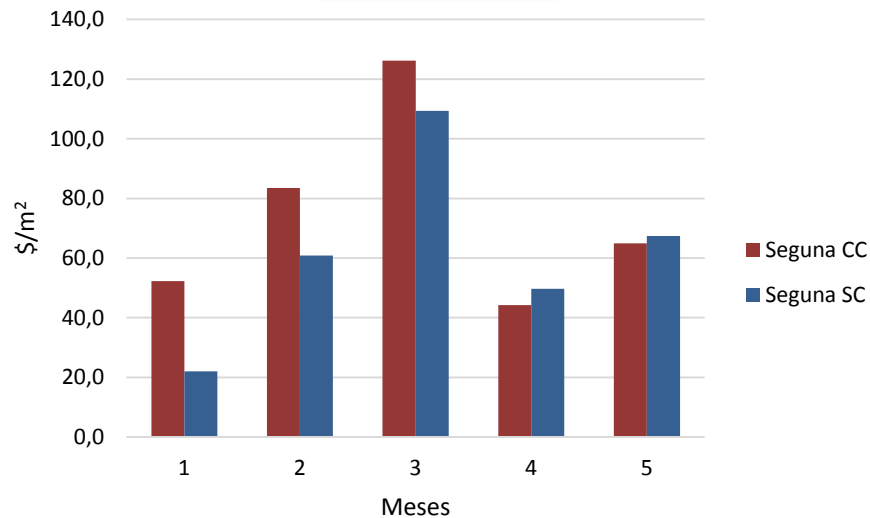
Especial \$/m<sup>2</sup>



Primera \$/m<sup>2</sup>



Segunda \$/m<sup>2</sup>



Precios por kg extraído de la página web del Mercado Modelo, precios semanales.

<http://www.mercadomodelo.net/precios-2014>



# Producción acumulada en la primer semana por categoría

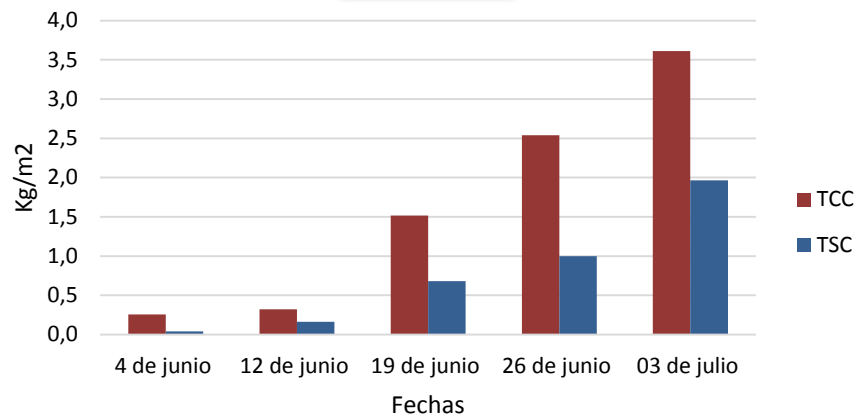


FACULTAD DE  
AGRONOMIA

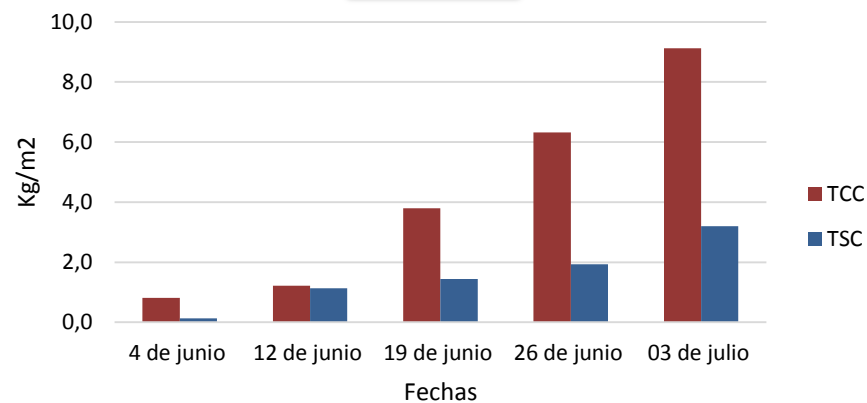


DEPARTAMENTO  
DEL AGUA

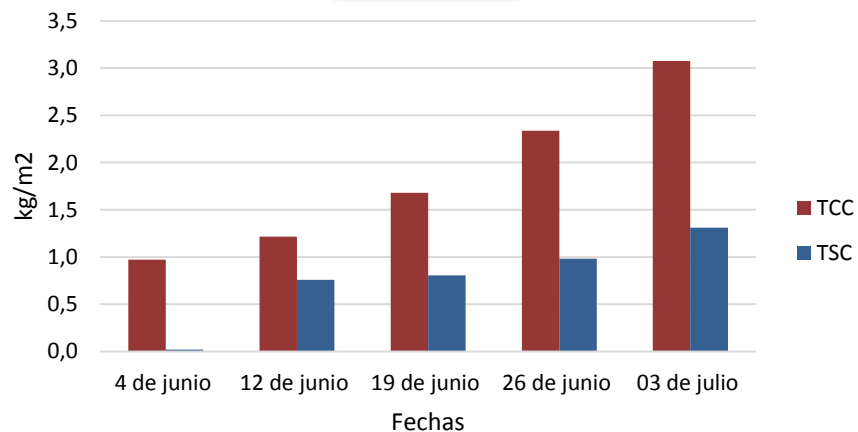
## Especial



## Primera



## Segunda



## Conclusiones

- La disponibilidad de una fuente termal a más de 30°C es de una oportunidad insoslayable para calefacción de ambientes.
- Las ventajas del sistema de calefacción por agua caliente a baja temperatura proveniente de recursos termales permiten ahorro energía que se necesitaría para tal fin.
- El re-uso del recurso aporta a la disminución del impacto generado por éste antes de su volcado, pues se le ha disminuido su temperatura.
- La calefacción actúa como atenuante de los efectos de heladas y incremento de producción fuera de estación de especies agrícolas, extensible a especies florales.

Primer re-uso  
del agua termal



Segundo re-uso  
del agua termal



Una vez que el agua abandona el  
invernadero, aún con entalpía útil, es  
conducida a través de tuberías hasta  
una pileta de Peces



Cultivo de  
peces

Invernadero  
Pasivo

Agua  
caliente

Invernadero  
Calefacciona  
do

Agua  
caliente

Calle 14

Avda. Paysandu



Gracias por su  
atención.