



UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA PARA CALEFACCIÓN DE INVERNADEROS DE TOMATE

INSTITUCIONES EJECUTORAS



INSTITUCIÓN FINANCISTA



INSTITUCIÓN COLABORADORA



Intendencia Municipal
de Salto

Participantes

Julián Ramos
Romina De Souza
Nicolás Blanco
Celmira Saravia
Oscar Bentancur
Pancracio Cánepa
Álvaro Ferreira
Jorge de los Santos

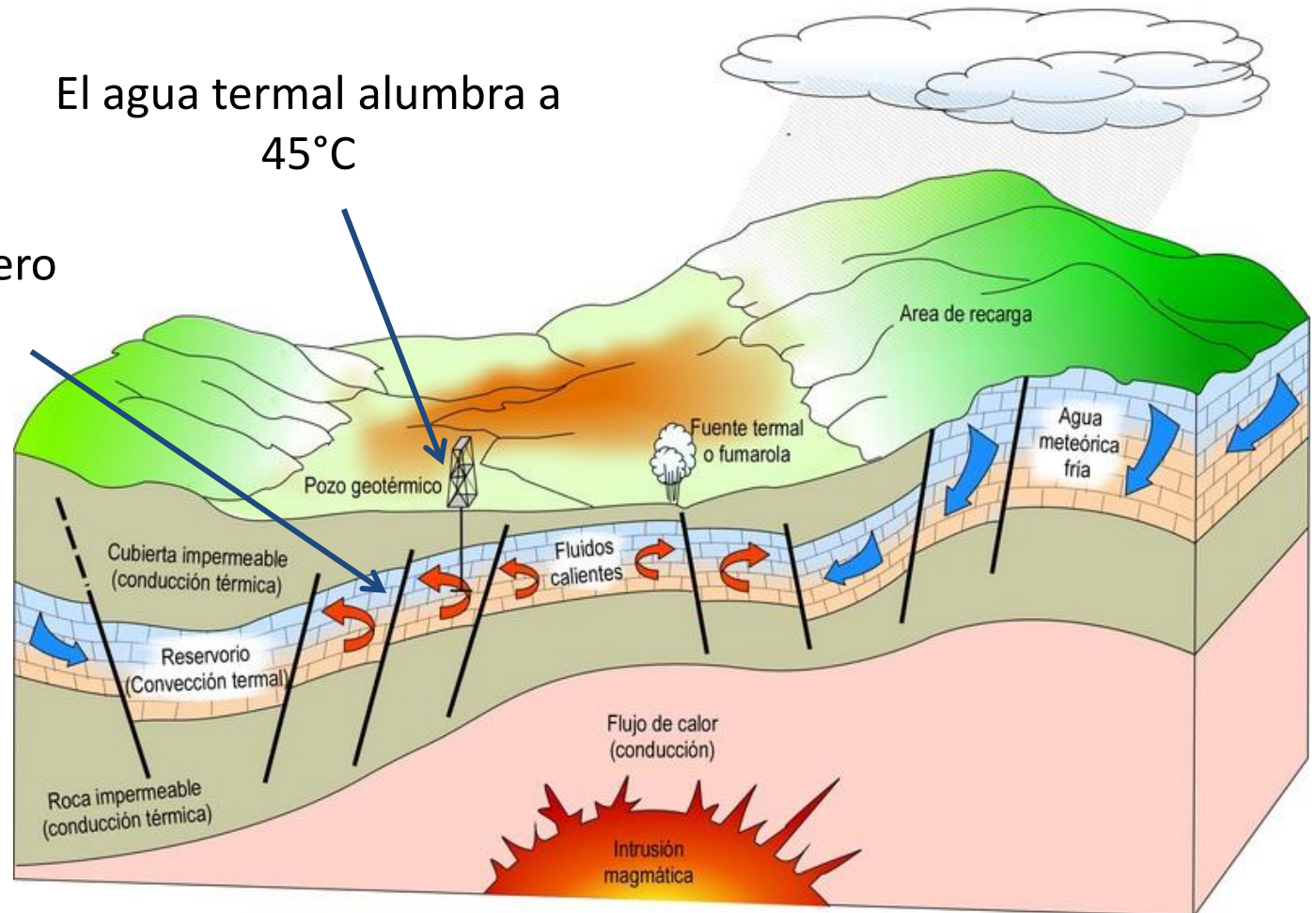
**Centro Universitario Noroeste
Universidad de la República
Uruguay**

Introducción

Fuente de energía

El agua termal alumbra a
45°C

Sistema acuífero
Guaraní



Energía geotermal

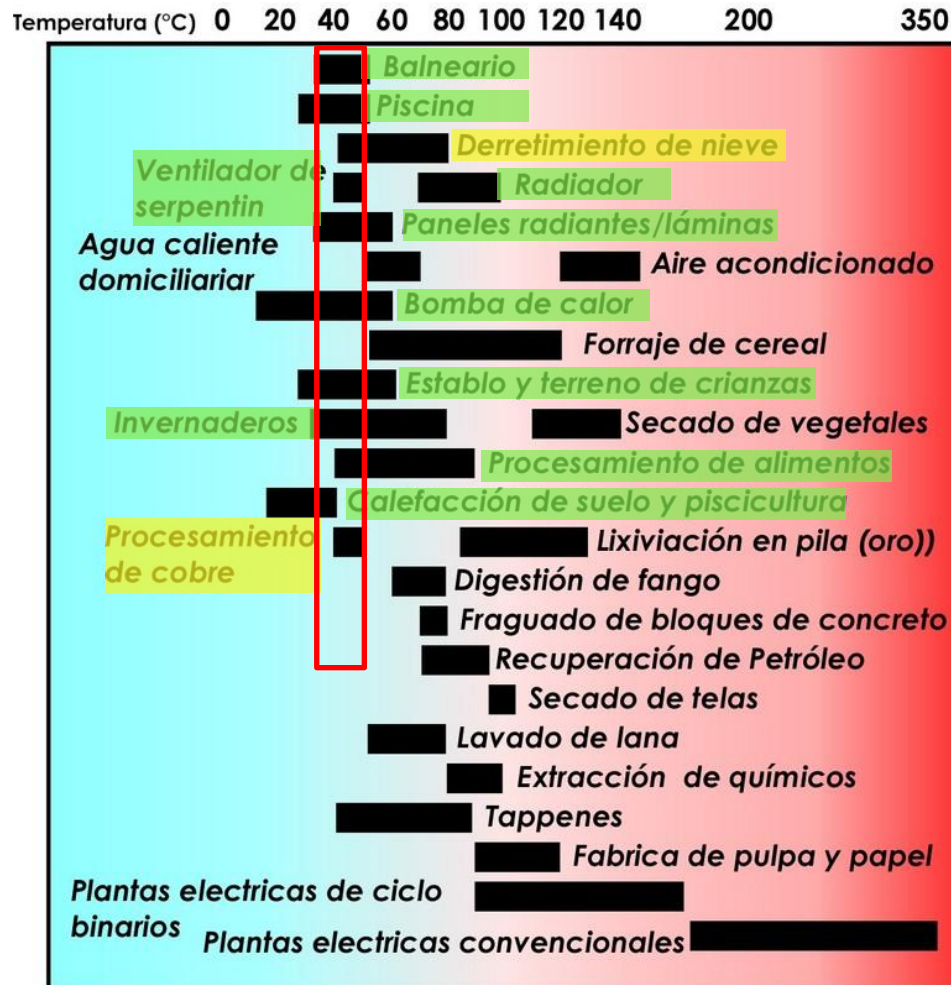


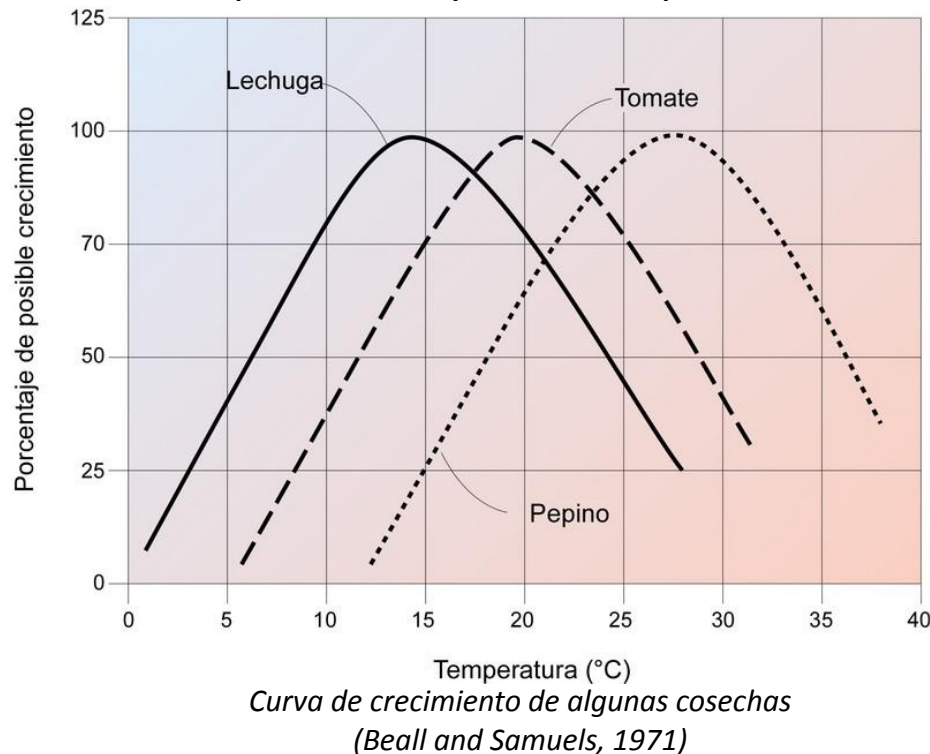
Diagrama de Lindal (1973)

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).



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.



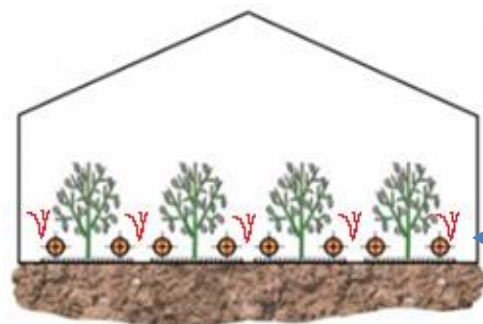
Una temperatura por debajo de 12° C ralentiza el crecimiento y aparecen síntomas de deterioro. Abdehafeez et al., (1971) mencionan que temperaturas de suelo inferiores a 12° C son críticas para el desarrollo radicular, con repercusión en el crecimiento de las partes aéreas.

Objetivo Principal

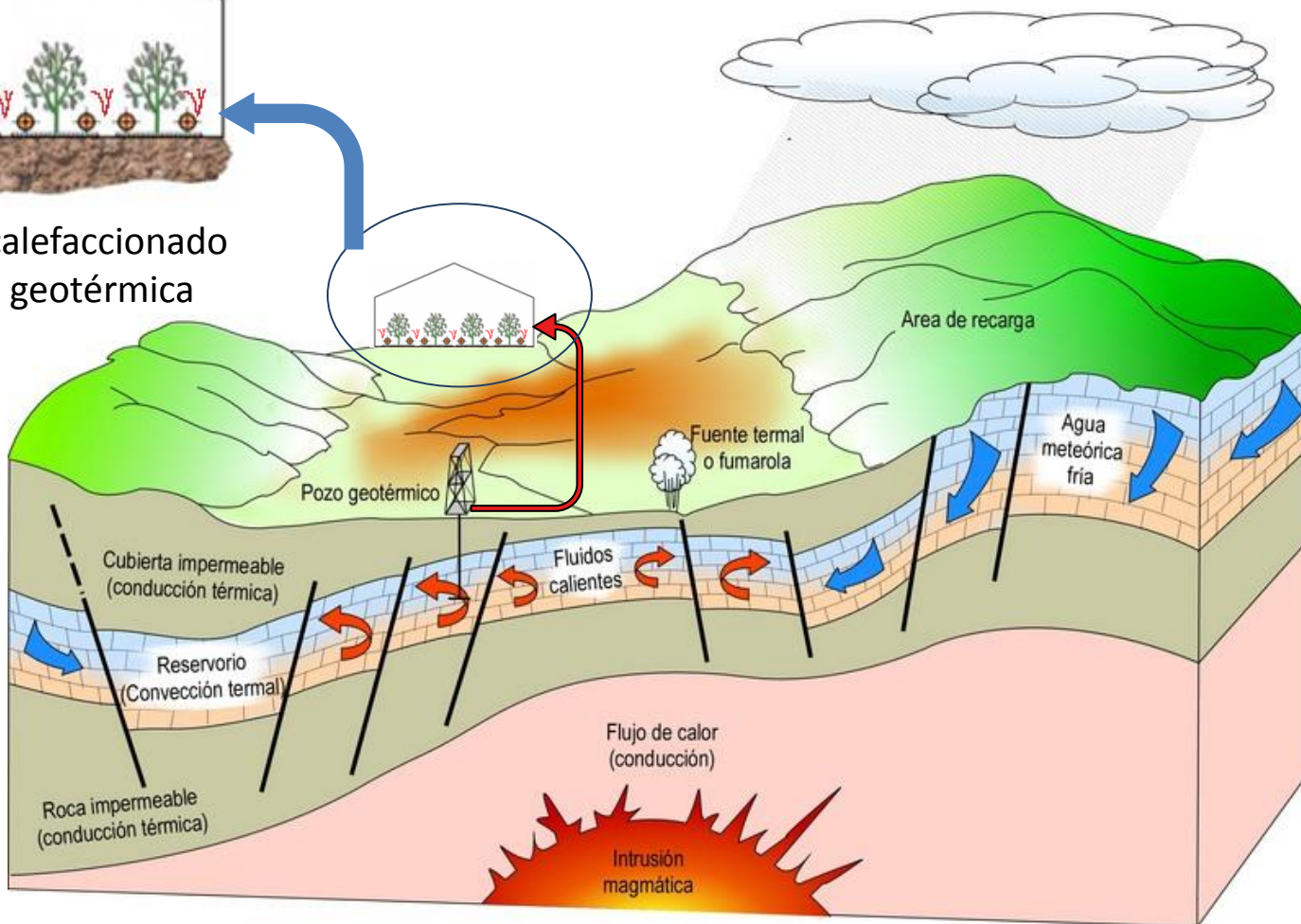
Comparar los rendimientos en la principal variedad vegetal cultivada en invernadero en Uruguay (tomates) con y sin provisión de calefacción permanente a través de la circulación de agua geotermal de baja entalpía proveniente del Sistema Acuífero Guaraní.



FACULTAD DE
AGRONOMIA



Invernadero calefaccionado
con energía geotérmica



Energía geotermal

Materiales y métodos

Ubicación

El experimento se llevó a cabo en un padrón aledaño a la perforación termal que utiliza la Intendencia Departamental de Salto (IDS), en un terreno cedido por la Curia Eclesiástica de Salto.



Invernaderos



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

Cultivo de Tomate



Siembra en el
primer trimestre



Plantines terminados
a los 30 días



Trasplante en tresbolillo
cada 0.2m



Se realizó una cosecha por semana
durante el tercer y cuarto trimestre

Calibrado y pesado de frutos

Los frutos fueron calibrados para su clasificación y luego pesados luego de cada cosecha.

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

Instrumentación



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

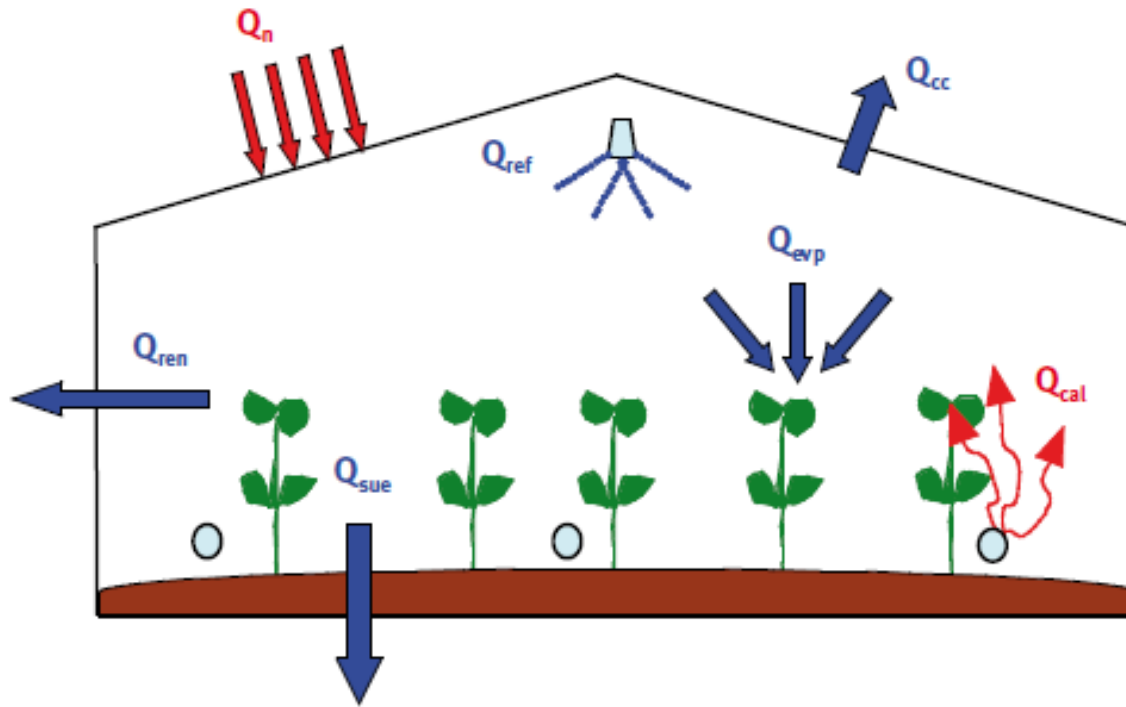


Diagrama de un invernáculo indicando los flujos de calor (flechas).

Se adoptó como nula la radiación incidente, ya que el balance se efectuó durante la noche, o sea, en la condición más desfavorable

Resultados y discusión

Año 2013

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

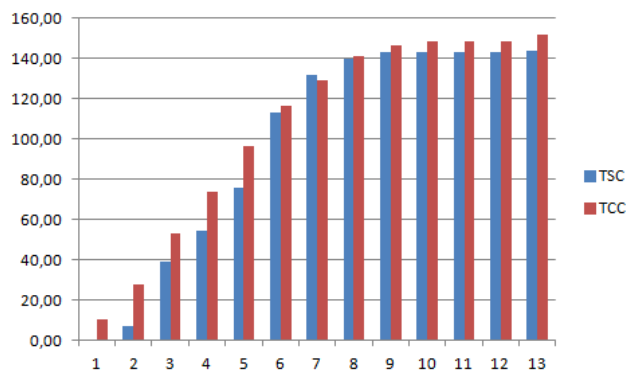
Mes	Potencia		Energía provista	Energía Eléctrica	Litros de gasoil
	Máxima	Media			
Jul	7,02	2,14	753,43	793,08	123,68
Ago	6,31	1,33	493,44	519,41	81,00
Sep	4,95	0,28	100,80	106,10	16,54

Potencia [kW]
Energía [kW.h]

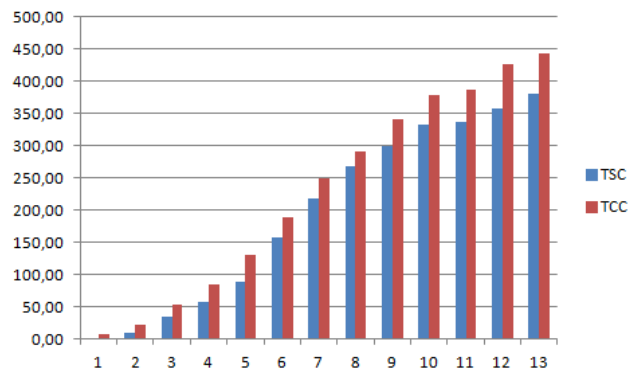
El intercambiador de calor fue dimensionado para proveer al invernadero la potencia máxima de 9,682 kW. Sin embargo, ésta no fue alcanzada debido a que el suministro de agua termal no se produjo en la cantidad de horas ni en el momento del día más adecuado.

Producción acumulada por categoría

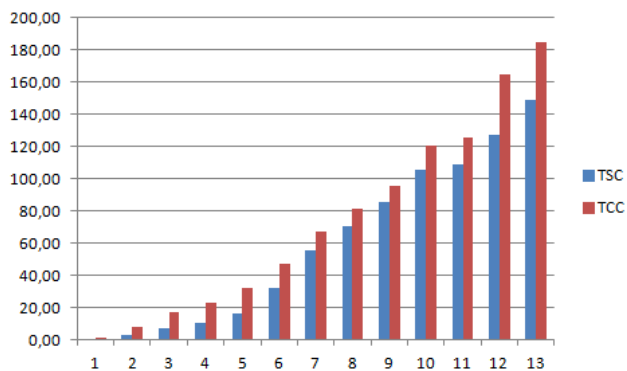
Especial (9 y 10 cm)



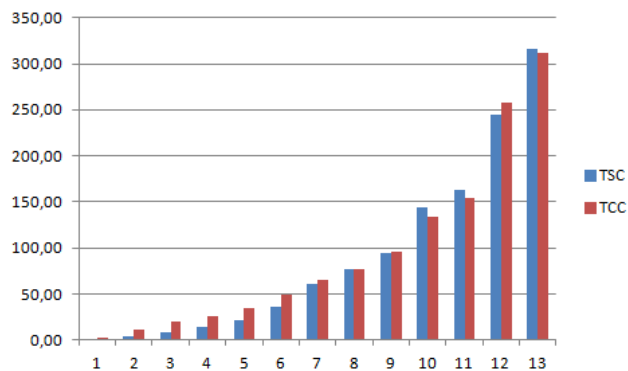
Primera (8cm)



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%

Año 2014

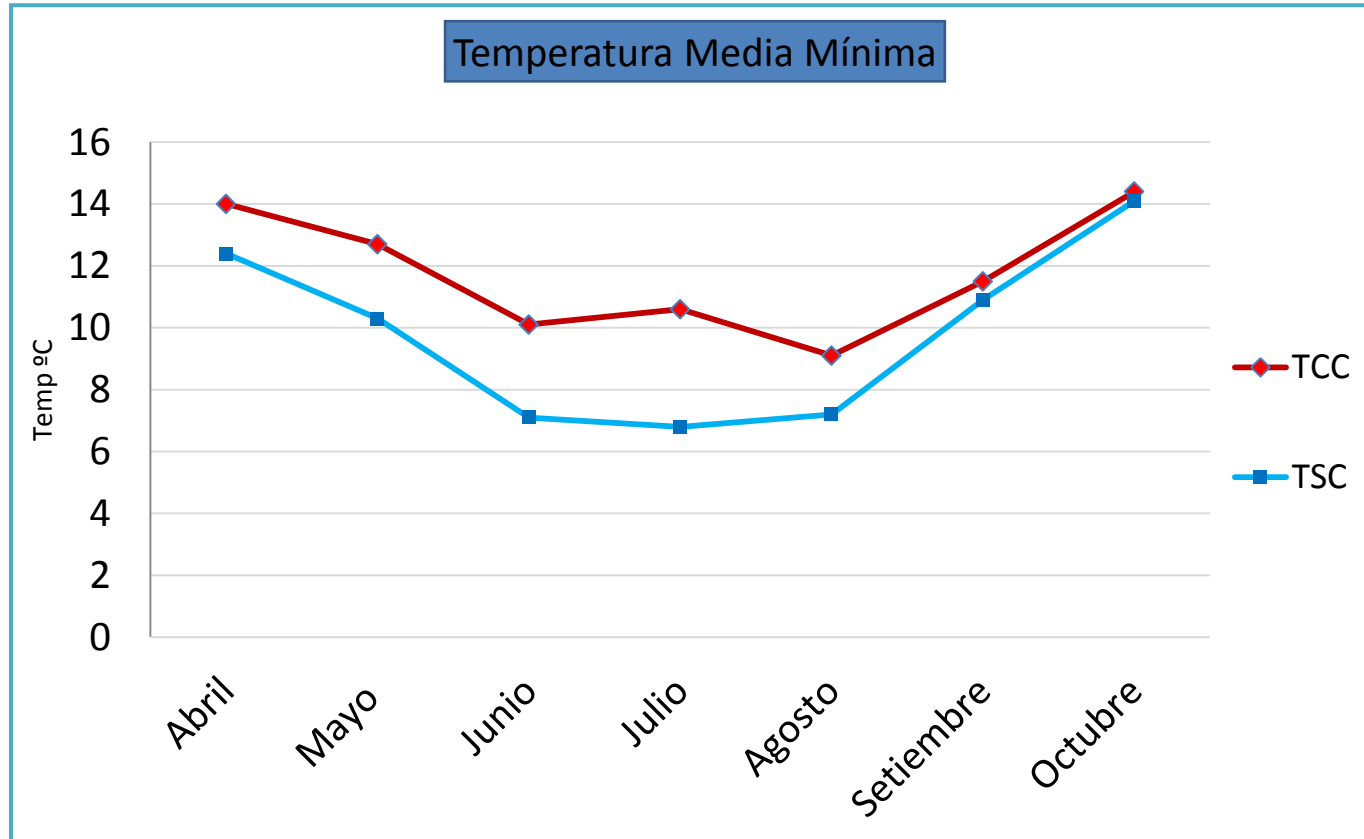
Potencia y energía suministrada. Energía eléctrica y litros de gasoil equivalente

Mes	Potencia		Energía provista	Energía Eléctrica	Litros de gasoil
	Máxima	Media			
Abr	7,96	3,68	1147,10	1207,47	165,77
May	9,83	2,72	945,48	995,24	136,63
Jun	11,23	5,94	2137,00	2249,47	308,82
Jul	9,06	5,65	2049,20	2157,05	296,13
Ago	7,90	3,51	1010,70	1063,89	146,05
Sep	5,50	1,50	540,86	569,33	78,16
Oct	3,80	0,79	243,32	256,13	35,16

Potencia [kW]

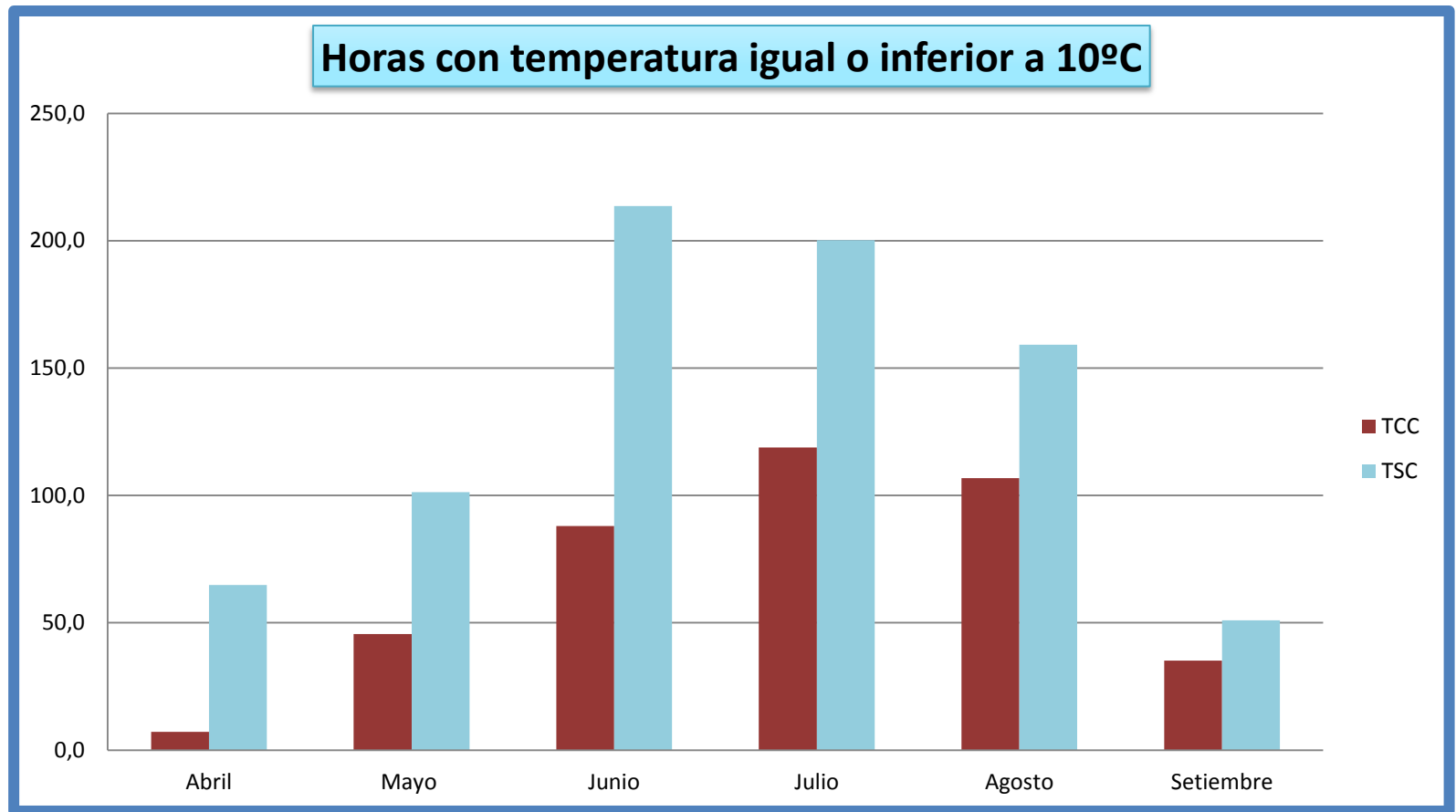
Energía [kW.h]

Temperatura del aire mínima media mensual (°C) dentro de los invernáculos (TCC y TSC) de abril a octubre de 2014



Horas con temperatura igual o inferior a 10°C
para cada mes de evaluación del cultivo en 2014

	Cantidad de horas		% de horas del mes	
Mes	TSC	TCC	TSC	TCC
Abril	64,8	7,2	8,7	1,0
Mayo	101,3	45,6	13,6	6,1
Junio	213,6	88,0	28,7	11,8
Julio	200,2	118,8	26,9	15,9
Agosto	159,2	106,8	21,4	14,3
Setiembre	51,0	35,2	6,8	4,7





FACULTAD DE
AGRONOMIA

Cosecha 19 de Junio de 2014



C1 TSC

C2 TSC

C3 TSC

C4 TSC

C5 TSC

C6 TSC



✓ Precocidad en la cosecha

C1 TCC

C2 TCC

C3 TSC

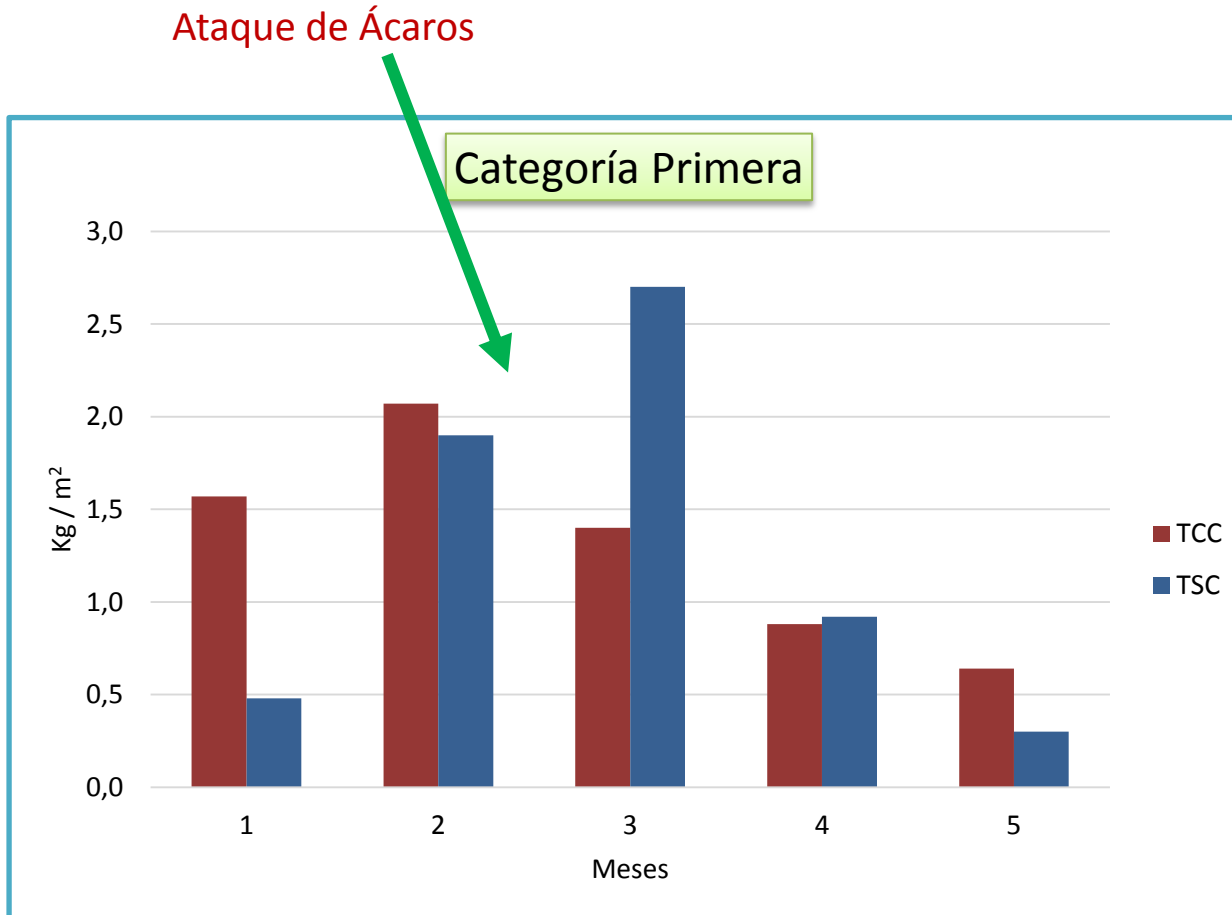
C4 TSC

C5 TSC

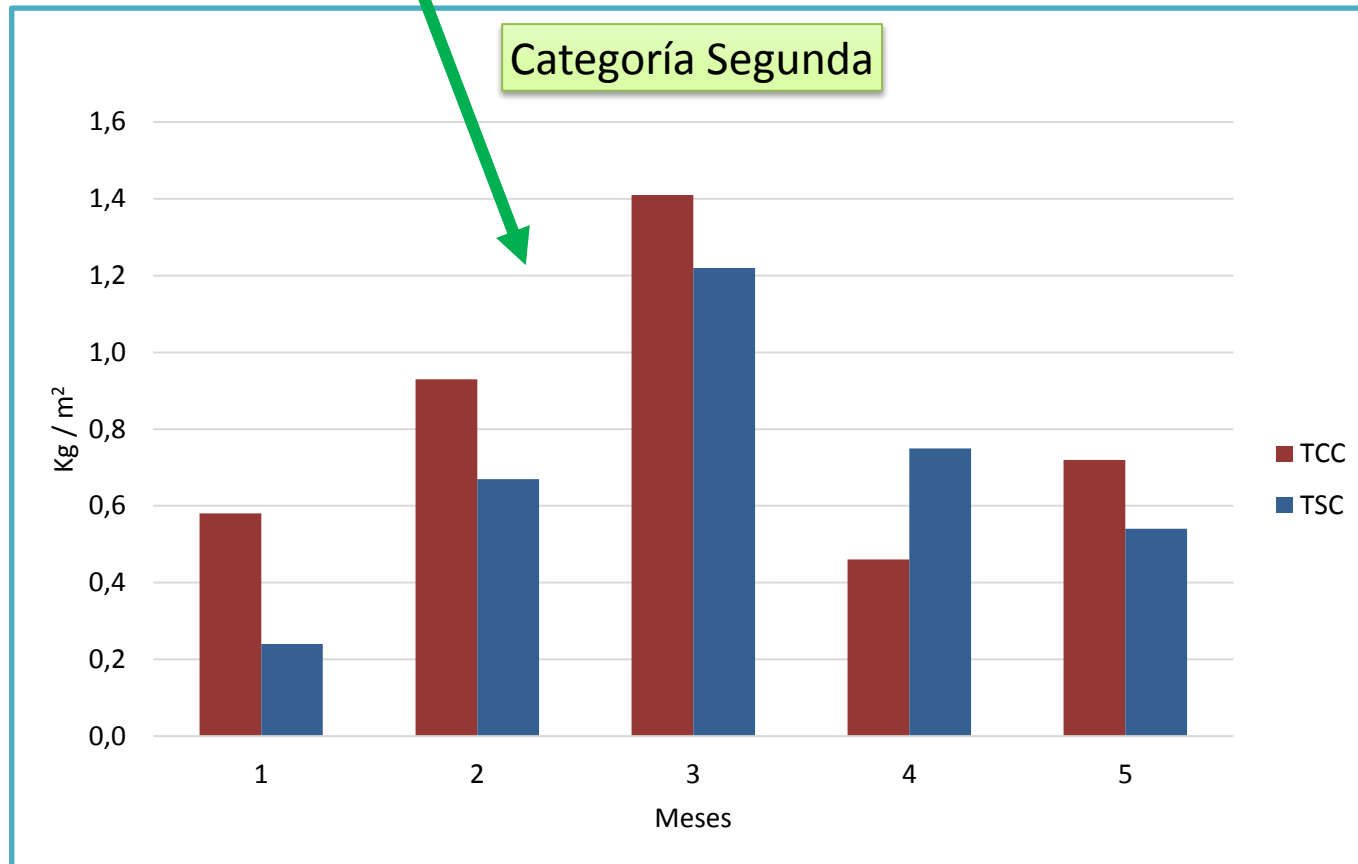
C6 TSC



Rendimiento, Con calefacción vs Sin Calefacción (kg/m^2)



Ataque de Ácaros



Las plantas presentaban como síntoma visible el bronceado en el tallo y sus frutos, que adoptaban un aspecto similar al kiwi (Figura29). El tratamiento fue lento y efectivo. La lentitud del efecto trajo consigo la pérdida del 13% de las plantas, afectando la producción.



Producción acumulada en la primer semana por categoría

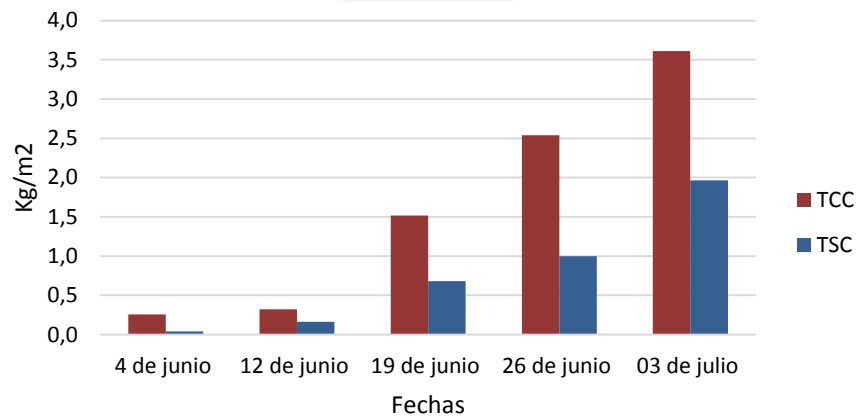


FACULTAD DE
AGRONOMIA

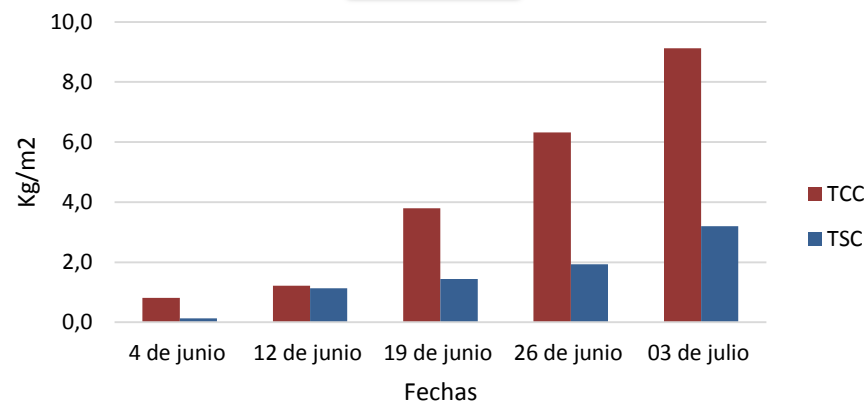


DEPARTAMENTO
DEL AGUA

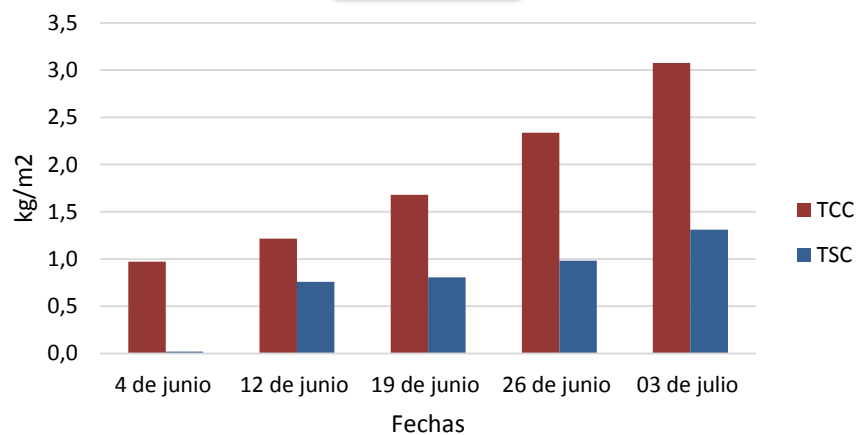
Especial



Primera



Segunda



Año 2015

Invernaderos sin sistema antihelada por aspersión



Invernadero CC



Invernadero SC

✓ **Atenuante de heladas**



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



Calle 14

Cultivo de
peces

Invernadero
Pasivo

Agua 2°
re uso

Invernadero
Calefacciona
do

Efluente
termal

Avda. Paysandú

Muchas
gracias por
su atención



DEPARTAMENTO
DEL AGUA



**DEPARTAMENTO
DEL AGUA**

Julián Andrés Ramos

Ingeniero Electromecánico

Centro Universitario Regional Litoral Norte
Universidad de la República
email: jramos@unorte.edu.uy

Phone: +598 473 20410 int. 105