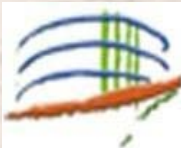


Climate Change and Mediterranean Olive Production

Incidencia del Cambio Climático en las Plantaciones de Olivos

Louise Ferguson and Paul Vossen
Plant Sciences Department
University of California Davis

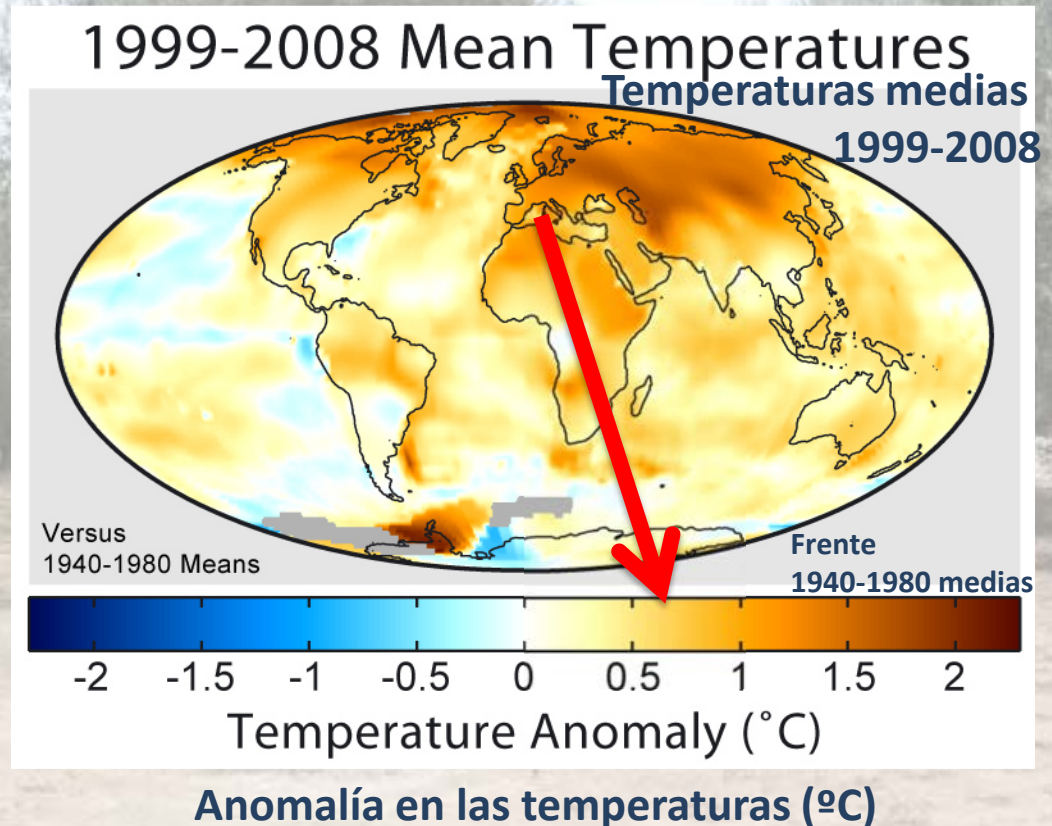


What is Global Warming?

Qué es el Calentamiento Global?

- Rising average temperature of earth's atmosphere and oceans:
Incremento de las temperaturas de la atmosfera de la tierra y de los océanos:

- 1900 – 2010
– + 0.80°C
- 1980 – 2010
– + 0.54°C
- Accelerating
Acelerando

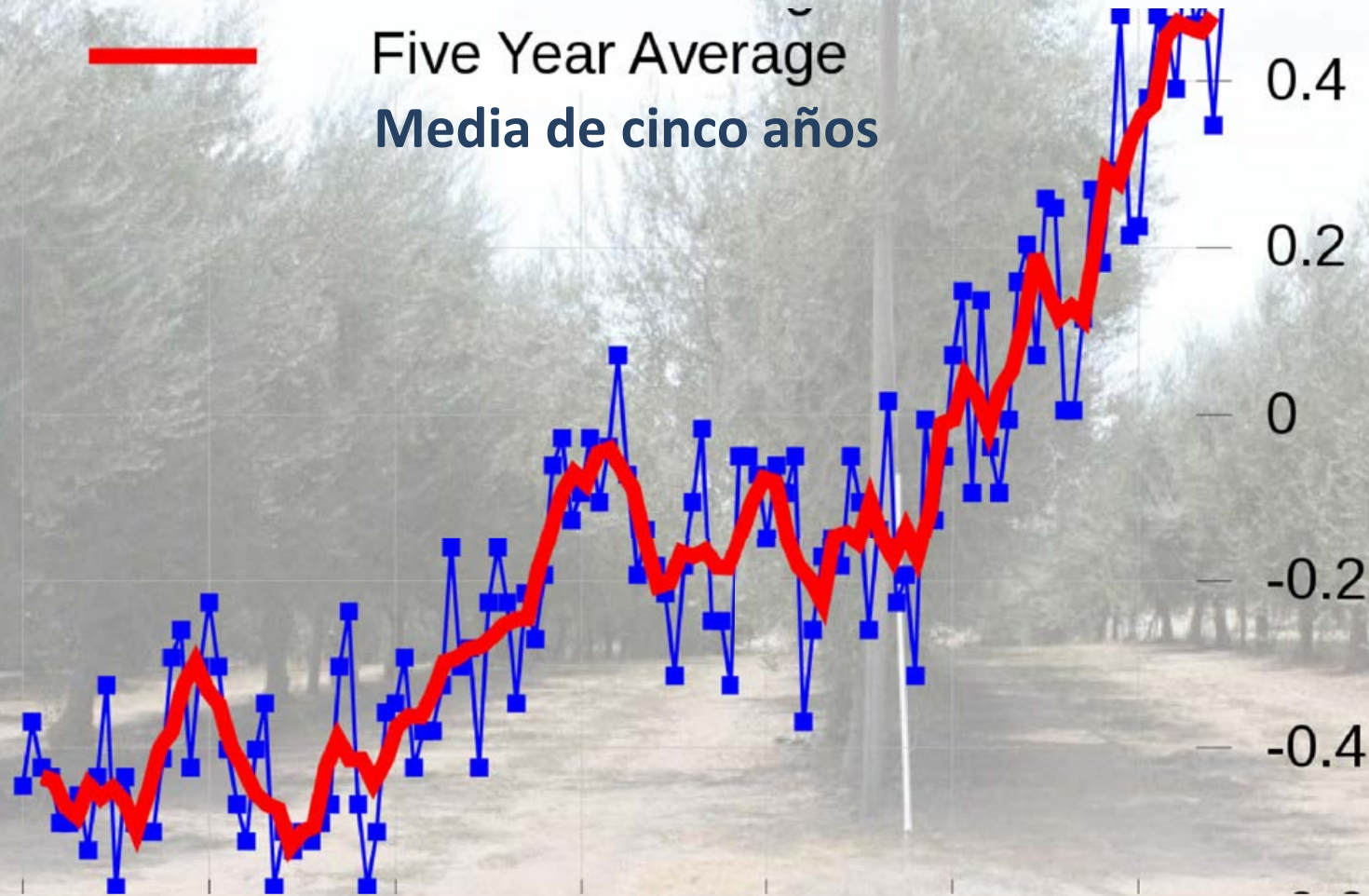


Global Temperatures: 1880-2000

Temperatura mundial: 1880-2000



Five Year Average
Media de cinco años



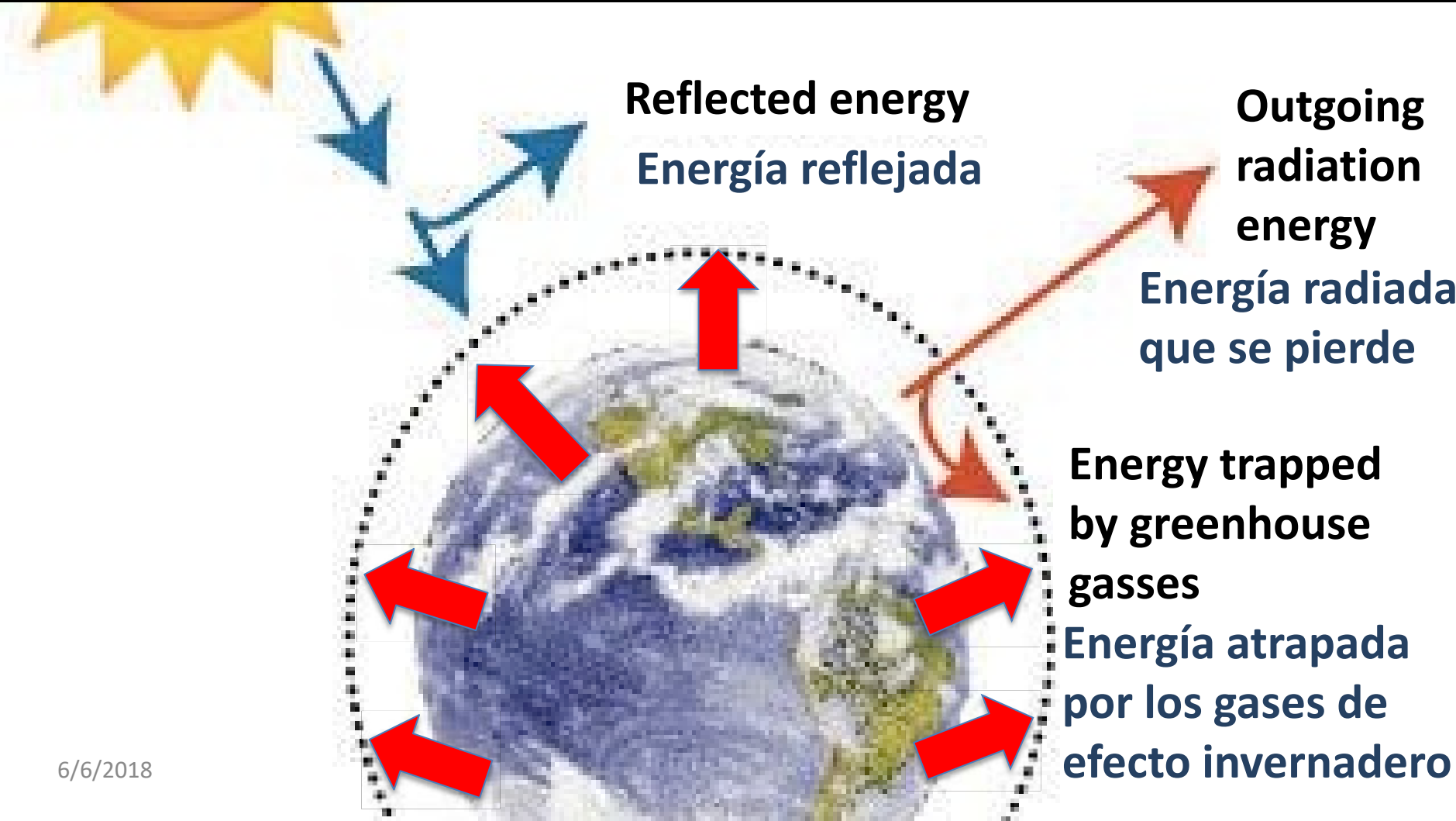
Global Temperature Anomaly °C

Anomalía en la temperatura mundial °C

1880-----1980---2010

How Global Warming Happens

Como tiene lugar el calentamiento global



Global Warming → Climate Change Calentamiento Global → Cambio Climático

- Significant and lasting change in patterns of...
- Cambios importantes y duraderos en los patrones de...

- Temperature
Temperatura
- Precipitation
Precipitaciones
- Humidity
Humedad
- Wind
Viento
- Seasons
Estaciones del año



Europe study shows climate risks

Un estudio europeo muestra los riesgos climáticos

By Paul Rincon

BBC News science reporter

Periodista científico del canal BBC Noticias

Mediterranean will be hardest hit by the climate change....

La zona mediterránea....será golpeada duramente por el cambio climático

The Mediterranean will be at increased risk of forest fires, water shortages, loss of agricultural land and from its tree species shifting northward.

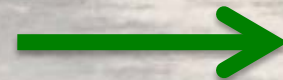
La zona mediterránea sufrirá un incremento en el riesgo de incendios forestales, pérdida de tierra agrícola y sus especies forestales migrarán hacia el norte.

<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/4381960.stm>

Mediterranean Climate Change

El cambio climático en la zona mediterránea

- Higher temperatures
- Mayores temperaturas
 - Longer summer
Veranos más largos
 - Later, shorter fall
Otoños más cortos y tardíos
 - Shorter, erratic winter
Inviernos más cortos y erráticos
 - Earlier, shorter spring
Primaveras más cortas y adelantadas



Mediterranean Climate Change

El cambio climático en la zona mediterránea



Salinization
Salinización

- Less precipitation:
Menos precipitaciones
 - less ground water
menos agua disponible en el suelo
 - more irrigations
mayor uso del agua de riego
 - less leaching
menor lavado de sales
- Less humidity:
Menor humedad:
 - more evapotranspiration
 - **Mayor evapotranspiración**

Change in Wind Patterns

Cambios en los Patrones del Viento



Climate Change and Olives? ¿Cambio climático y el olivar?



**TEMPERATURE
IS
THE MOST IMPORTANT FACTOR
LIMITING
OLIVE CULTIVATION**

**LA TEMPERATURA ES EL
FACTOR LIMITANTE MÁS
IMPORTANTE EN EL CULTIVO
DEL OLIVO**

Origin of the Olive (*Olea europaea*)

Origenes del cultivo del olivo (*Olea europaea*)

Origin



6/6/2018

Paul Vossen

OLIVES: OLEA EUROPAEA L.

El olivar: OLEA EUROPAEA L.

- Evergreen: tropical and subtropical

Perenne: Tropical y subtropical

- Native:

En su origen:

- Mediterranean was tropical

La zona mediterránea era tropical (cálida y lluviosa)

- Glaciation and droughts

Glaciación y sequías

- Evolved olives are moderately freeze tolerant

Los olivos han evolucionado hacia árboles moderadamente tolerantes al frío

- Drought tolerant

Tolerantes a las sequías

Olive Cold Tolerance

Tolerancia al frío del olivar

- Olives do not survive temperatures $< 10.4^{\circ}\text{F}$
Los olivos no sobreviven con temperaturas $< -11^{\circ}\text{C}$
- Tree damage:
Daño al árbol
 - Mature trees $< 22^{\circ}\text{F}$
Árboles viejos $< -5,6^{\circ}\text{C}$
 - Young trees and shoots $< 29^{\circ}\text{F}$
Arboles y tallos jóvenes $< -1,7$
- Fruit damage $28 - 29^{\circ}\text{F}$
Daño al fruto $-2,2$ y $-1,7^{\circ}\text{C}$

Cold Tolerance affected....

Tolerancia al frío afectada por....

Cold tolerance decreased

Disminución de la Tolerancia al frío

- warm winter
inviernos más cálidos
 - freezes and heat spikes
heladas y picos de calor
- early spring
adelanto de la primavera
 - late frost
heladas tardías
- late autumn
Otoños tardíos
 - early freeze
heladas tempranas



Sudden Freeze in Warm Winter: Slope

Heladas inesperadas en inviernos cálidos: Laderas



Sudden Freeze in Warm Winter

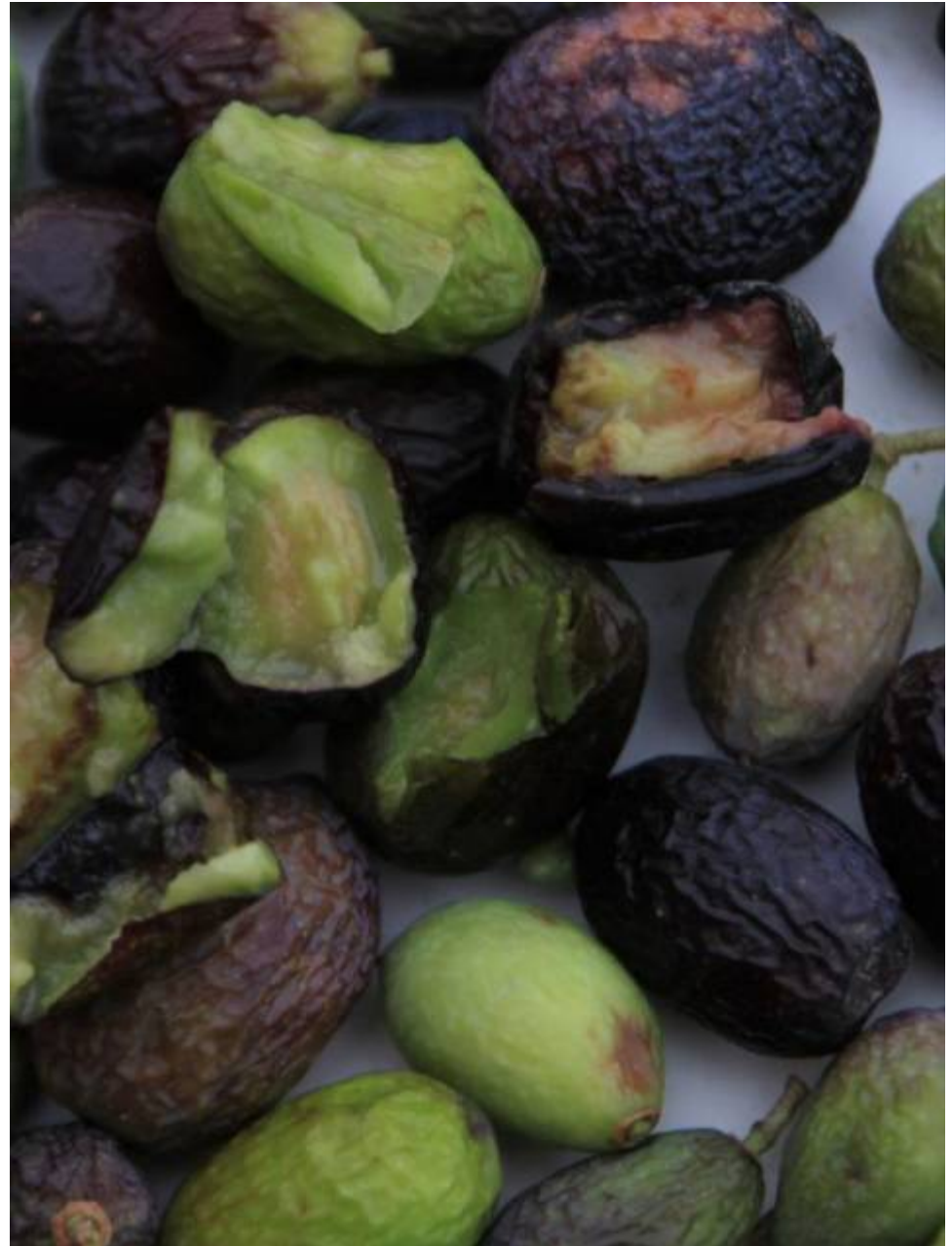
Helada inesperada en inviernos cálidos



Sudden Freeze in Warm Winter

Helada inesperada en inviernos cálidos

Autumn Freeze Damage Daño por heladas en otoño



Climatic Requirements

Requerimientos climáticos

Climate Affects Olive Bloom

El clima afecta la floración en olivar

- Obligate thermoperiodic species

Especies que necesitan vernalización

- Chill requirements at specific times in flower development

Requerimientos de frío y tiempo para el desarrollo floral

**Formed on current season's growth
And grow the following season.**





Perfect

**Desarrollo
Adecuado**



Imperfect

Mal desarrollo



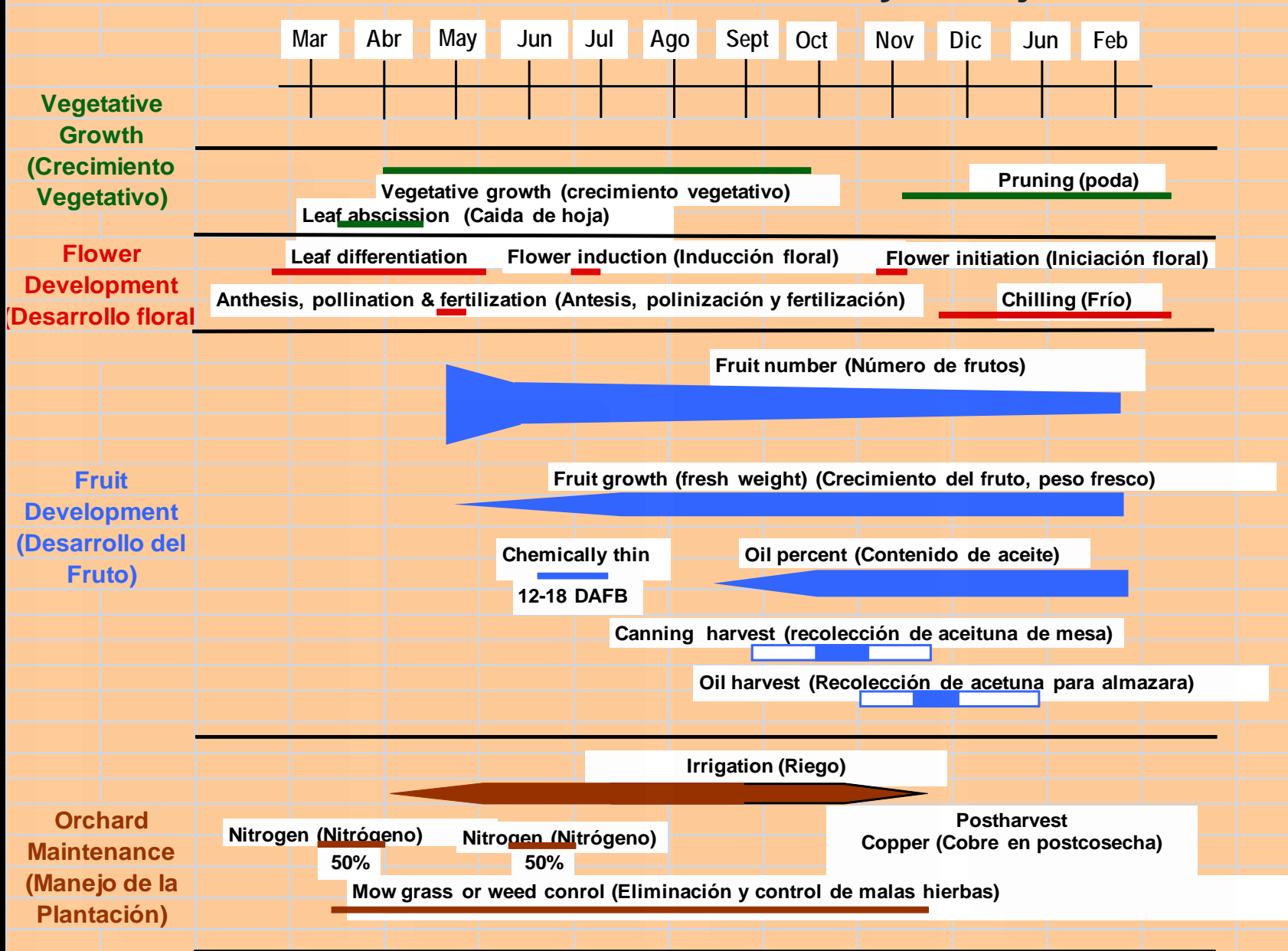
Cuajado de fruto

Fruit Set



Olive Development Cycles & Management

Ciclo de Desarrollo del Olivo y Manejo



Chill Requirements for Bloom

Requerimientos de frío para floración

- 10 weeks < 55°F for flowering
10 semanas < 12,8 °C para floración
 - 36 – 60°F for 70 – 80 days
2,2 a 15,6 °C durante 70-80 días
 - < 45 and > 60°F impedes induction
< 7,2 y > 15,6 °C impide la inducción floral

Recent Citation: •

Referencia actual:

Malik, N.S., Bradford, J.M. 2006.

Regulation of flowering in 'Arbequina' olives under non-chilling conditions: the effect of high daytime temperatures on blooming.

Regulación de la floración en olivos 'Arbequina' bajo condiciones sin frío: el efecto de las temperaturas altas en la floración.

International Journal of Food, Agriculture, and the Environment. 4:283-286.

6/6/2018

“daily exposure of trees to temperatures around 24°C for 4-5 hours could significantly inhibit flowering in 'Arbequina' olives.”

“una exposición diaria del árbol a temperaturas alrededor de los 24°C durante 4-5 horas podría inhibir de manera importante la floración en olivos "Arbequina".



Climatic Requirements

Requerimientos climáticos

Early high temperatures

Temperaturas altas y adelantadas en el tiempo

- early bloom
adelanto de floración
- prevent polination
impiden la polinización

Early high + low temperatures

Temperaturas altas y adelantadas en el tiempo + bajas temperaturas

- destroy bloom
destruyen la floración

California: 1984

6/6/2018

Climatic Requirements

Requerimientos climáticos

- Successful Pollination:
Polinización exitosa
 - early low temperatures
temperaturas bajas adelantadas
 - prolong bloom
alargan el periodo de floración
 - prevent pollination
impiden la polinización



Hot, dry, windy during bloom

Calor, sequedad y viento durante la floración

A close-up photograph of a cluster of small, white flowers. The petals and sepals are mostly white, but many have distinct brown, necrotic spots, likely caused by fungal infection or rain damage. A red arrow points from a text box on the right to a specific area on a flower's sepal. The background is dark and out of focus.

Rain During Bloom

Lluvia durante floración



6/6/2018

Cuajado de fruto

Fruit Set



Climatic Requirements

Requerimientos climáticos

Climatic effects on Tree and Fruit Growth

Efectos climáticos en el crecimiento del árbol y el fruto

- summer heat
calor durante el verano
> 50 °C
- water availability:
disponibilidad de agua
 - 3,000 – 6,000 m³/year/ha
- salinization: < 3 dS/m E_c_e
salinización
- Wind
Viento







6/6/2018



6/6/2018



6/6/2018

What can we do now?
¿Qué podemos hacer ahora?

Define Goals

Definir objetivos

- **Short Term:**
a corto plazo
 - adapt current production practices
adaptar la practicas de producción actuales
- **Middle Term:**
a medio plazo:
 - monitor climate and trees
hacer un seguimiento del clima y de los árboles
- **Long Term:**
a largo plazo
 - better adapted trees
árboles mejormente adaptados

Short Term Goals

Objetivos a corto plazo

- **Current Production Practices**
- **Prácticas de producción actuales**
 - irrigation
riego
 - fertilization
fertilización
 - efficiency
eficiencia
 - decrease salinization
mitigar la salinización

Short Term Goals

Objetivos a corto plazo

- **Current Production Practices**
- **Prácticas de producción actuales**
 - Training
 - Formacin
 - Pruning
 - Podar

Middle Term Goals

Objetivos a medio plazo

- **Develop better monitoring**

Desarrollar una mejor monitorización

- **Weather**

Del tiempo

- **Incorporate chill and heat accumulation**

Incorporar la acumulación de horas de frío y de calor

- **Tree and fruit**

Árbol y fruto

- **Annual phenology records**

Registros de fenología anualmente

- **Physiological events as a function of chill and heat**

– better adapted cultivars

Momentos fisiológicos en función de las horas de frío y de calor- variedades mejor adaptadas



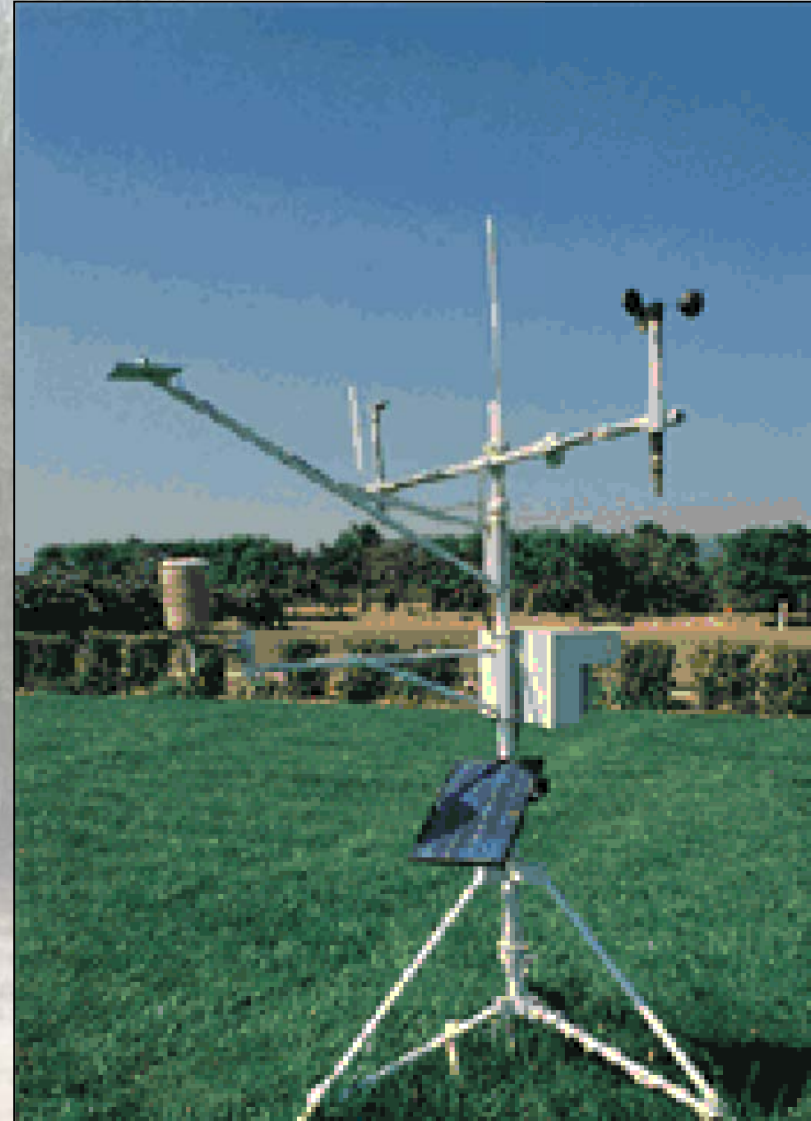
Weather Stations

Estaciones meteorológicas

Track chill and heat:
Seguimiento del frío y del calor

. Correlate with plant behavior.

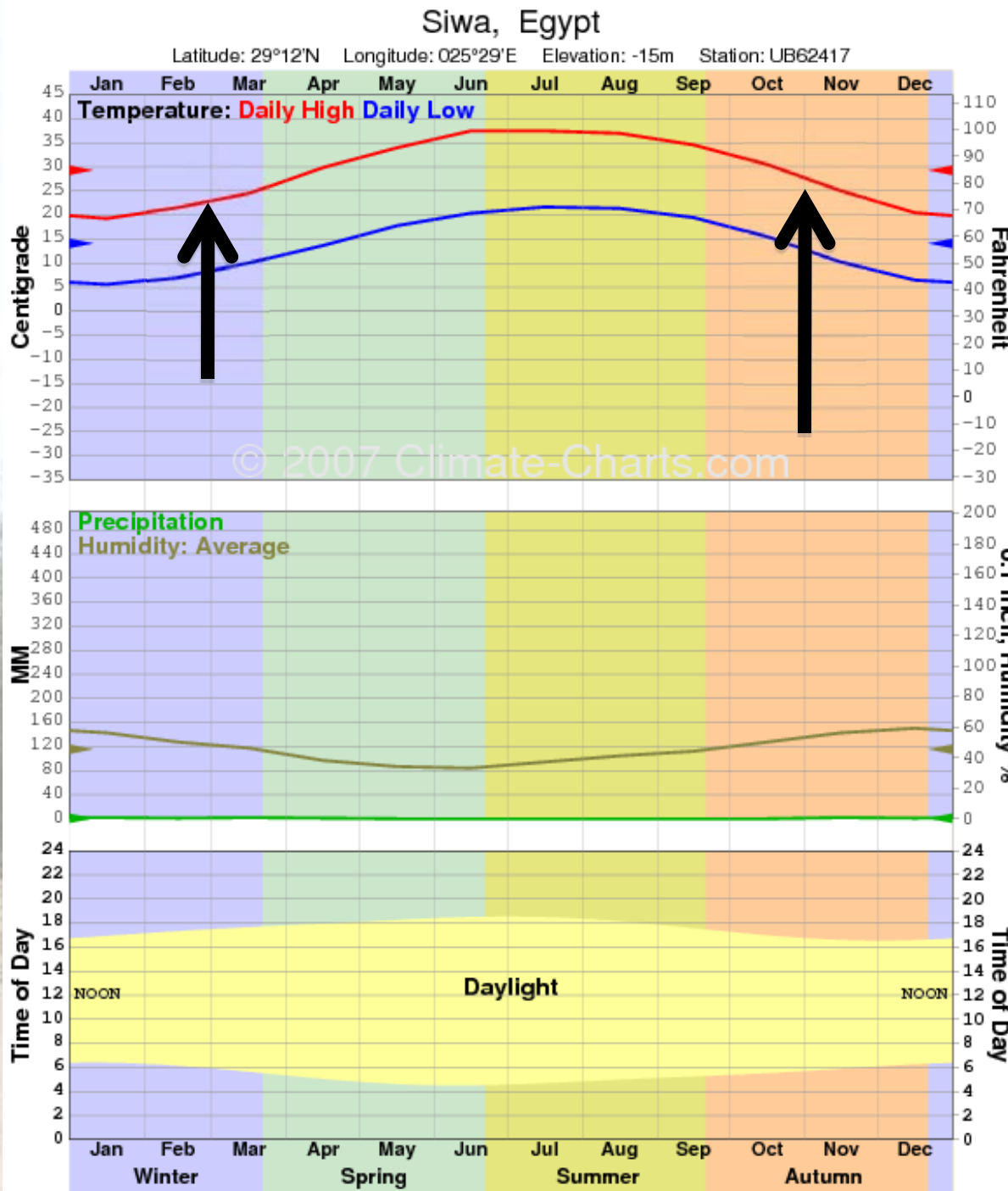
Correlacionar con el comportamiento de la planta



Develop Historical Climate Data

Desarrollo de registro de datos históricos del clima

6/6/2018





**Developing a Better Method
for
Determining the Effects
of
Temperature
on
Olive Tree and Fruit Growth**

**Desarrollo de un Método Mejor
para
Determinar el Efecto
de la
Temperatura
en el
Crecimiento del Fruto y del Olivo**

Historic Measurement Method: Chill Hour Accumulation

Método de medida histórica: Acumulación de horas de frío

- Hours less than or equal to 45 ° F
Horas con temperatura menor o igual a 7,2°C
 - Less than 45 ° F (1934)
Menor de 7,2°C (1934)
 - Less than or equal to 45 ° F (1950)
Menor o igual a 7,2°C (1950)
 - Start Nov 1 to end of February
Desde el 1 de noviembre hasta el final de febrero

Chilling Models



Modelos de cuantificación del frío

- Chill hours \leq to 7.2° C
Horas de frío \leq a 7.2° C
- “Utah” Chill Unit Model (Richardson et al., 1974; Erez and Lavee, 1971) (Método de Utah)
- Weighted Chill Units (Modified 45° F Model; Powell and Harker, 1995) (Unidades de frío positivas)
- Dynamic Model (Fishman et al., 1987a,b; Erez & Fishman) (Modelo dinámico)

Dynamic Chill Model

Modelo dinámico para el cálculo de horas de frío

Reversible Process (Proceso Reversible)

Chilling Temperatures  DBF=dormancy-breaking factor
Temperaturas frías  Factor de salida del reposo

Precursor  *Intermediate*  chill portion
Precursor Intermediario Fracción de frío

 PDBF = precursor
dormancy-breaking factor
High temperatures  Precursor del factor de salida
Altas temperaturas  del reposo

Irreversibly fixed (proceso irreversible)

Dynamic Model

Modelo dinámico para el cálculo de horas de frío

- Model assumes maximal effect 42.8 - 46.4 °F
El modelo asume un efecto máximo a entre 6,1-7,8 °C
- Below freezing 32 °F no effect
Bajo congelación 0°C no hay efecto
- At 55.4 °F or above no effect
A 13°C o por encima no hay efecto
- More accurate chill accumulation method
Método más efectivo para determinar la acumulación de horas frío
- Correlate this information with observed tree behavior:
Correlacionar esta información con el comportamiento observado del árbol
 - Determine tree reaction (Determinar la reacción del árbol)
 - Develop better trees (Desarrollar mejores árboles)

Long Term Goal

Objetivos a largo plazo

- Develop better cultivars:

Desarrollar variedades mejores

- accession
adquisición
- traditional breeding
cultivo tradicional
 - trees identified
identificación de árboles
- molecular techniques
técnicas moleculares



Conclusions

Conclusiones

- Global warming is occurring
El cambio climático esta ocurriendo
- Olives are sensitive
Afecta al olivar



Conclusions

Conclusiones

Plan:

El plan es:

- i. **Manage water and fertilizer to decrease salinity**
Manejo del agua y de la fertilizacion para reducir la salizacion
- ii. **Manage training and pruning.**
Manejo de la poda de formacion y de produccion
- III. **Develop weather and tree monitoring methods that predict tree response**
Desarrollar métodos de monitorización del clima y de los árboles para predecir la respuesta del árbol
- iv. **Breed cultivars based on temperture responses**
Desarrollar nuevas variedades en función de la respuesta a la temperatura

Acknowledgements

Agradecimientos

- **California Olive Committee**
- **Department of Rural Engineering
University of Cordoba**



**MUCHAS
GRACIAS
POR SU
ATENCIÓN!!!**