



Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería Agrícola



INTERNATIONAL WORKSHOP IN INNOVATION IN IRRIGATION

TECNOLOGIA DE MANEJO DE AGUAS PARA UNA AGRICULTURA INTENSIVA SUSTENTABLE

Dr. Eduardo A Holzapfel y Dr. Octavio Lagos

**FORTALEZA- BRASIL
2010**



Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería Agrícola

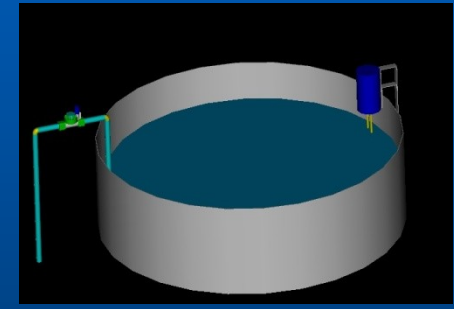
ANTECEDENTES GENERALES

SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE RIEGO

Consideraciones Generales

Antecedentes relevante en la Gestión Integral de Riego Sustentable

1. Demanda de agua
2. Disponibilidad de agua
3. Disponibilidad de tecnología
4. Disponibilidad de información apropiada



Consideraciones Generales

**El mal uso del agua crea problemas de
ineficiencia en**

Energía

Mano de obra

Fertilización

Uso potencial del suelo

Uso del Agua



Consideraciones Generales

Uso Actual del Recurso Hídrico en la Agricultura

Método de Riego	Rango de Eficiencia de Aplicación en Porcentaje
SUPERFICIAL	
Riego Tradicional o Tendido	10 – 30
Riego en Curvas de Nivel	30 – 60
Riego por Bordes	40 – 80
Riego por Surcos	40 – 85
PRESURIZADO	
Riego por Aspersión	50 – 90
Riego por Microjet	60 – 95
Riego por Goteo	65 – 95

Consideraciones Generales

**DESARROLLO DE LA
AGRICULTURA:**

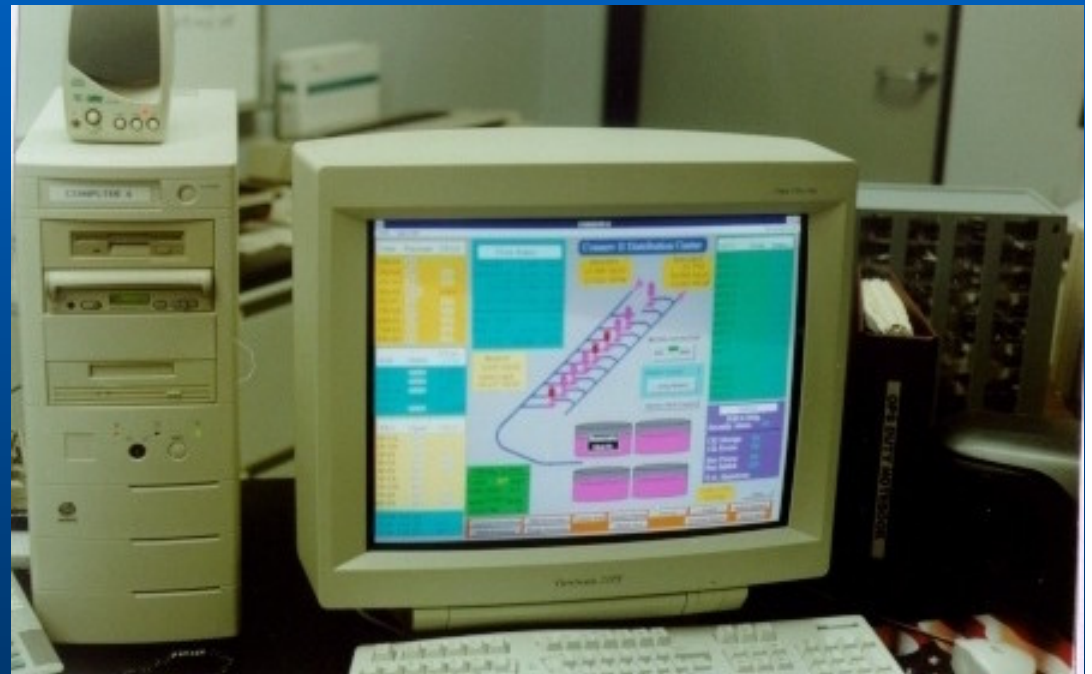
Mayor producción
Sistemas de riego
Mejor calidad de
productos
Modelos
Competir por recurso
hídrico con creciente
demanda
Herramientas de
soporte



Consideraciones Generales

**Modelos de
optimización y
simulación.**

**Sistemas de
soporte**



Consideraciones Generales

CRITERIOS DE RIEGO



DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO

REGULACIÓN DE CAUDALES

SISTEMAS DE ADUCCIÓN

EQUIPOS DE CONTROL



Universidad de Concepción

Facultad de Ingeniería Agrícola

Factores relevante para la Gestión de Sistemas de Riego Sustentable

PRODUCCION

USO DE AGUA

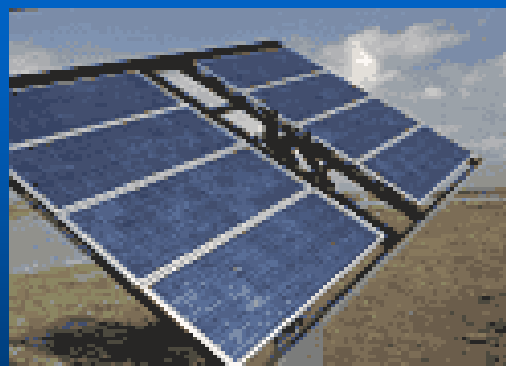
ENERGIA

CONTAMINACIÓN

SISTEMAS DE RIEGO



Riego tendido tecnificado con regueras en contorno





Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería Agrícola



RELACIONES AGUA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL PRODUCTO



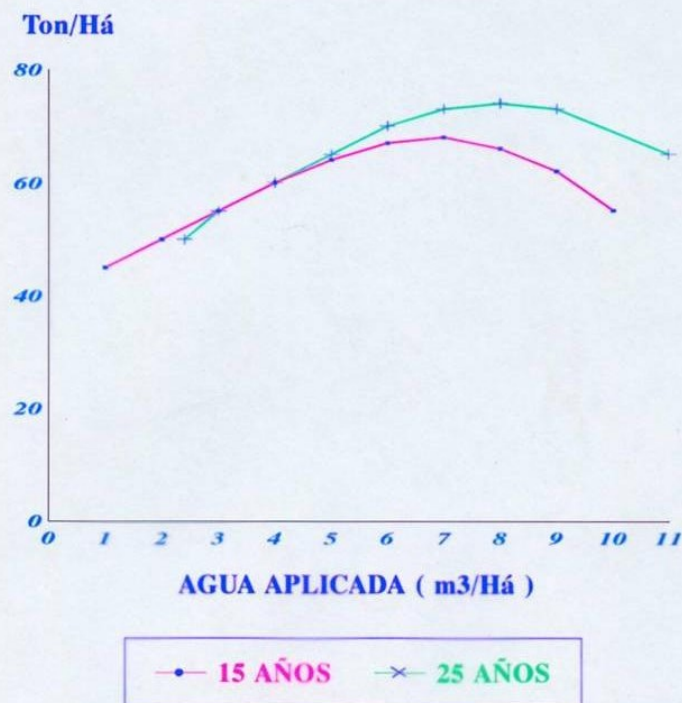
Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería Agrícola

Importancia de las Funciones de Producción

- Nivel de agua a aplicar
- Capacidad del sistema
- Efecto en la producción esperada
- Relación beneficio - costo

Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería Agrícola

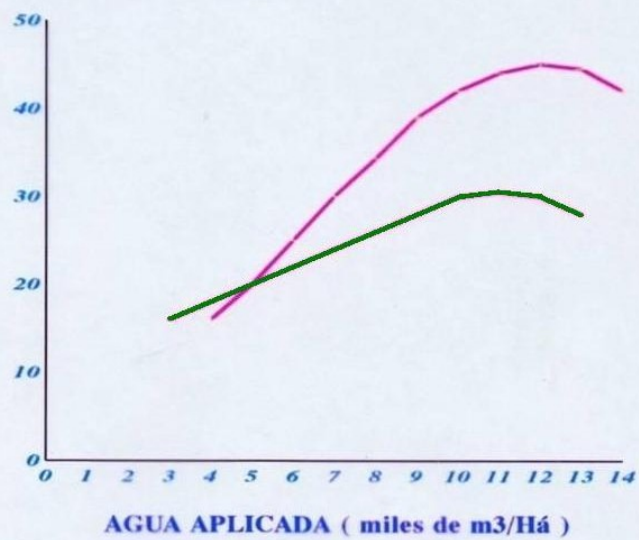
**RELACION AGUA - PRODUCCION
EN CITRICOS**



Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería Agrícola

RELACION AGUA - PRODUCCION
EN KIWI

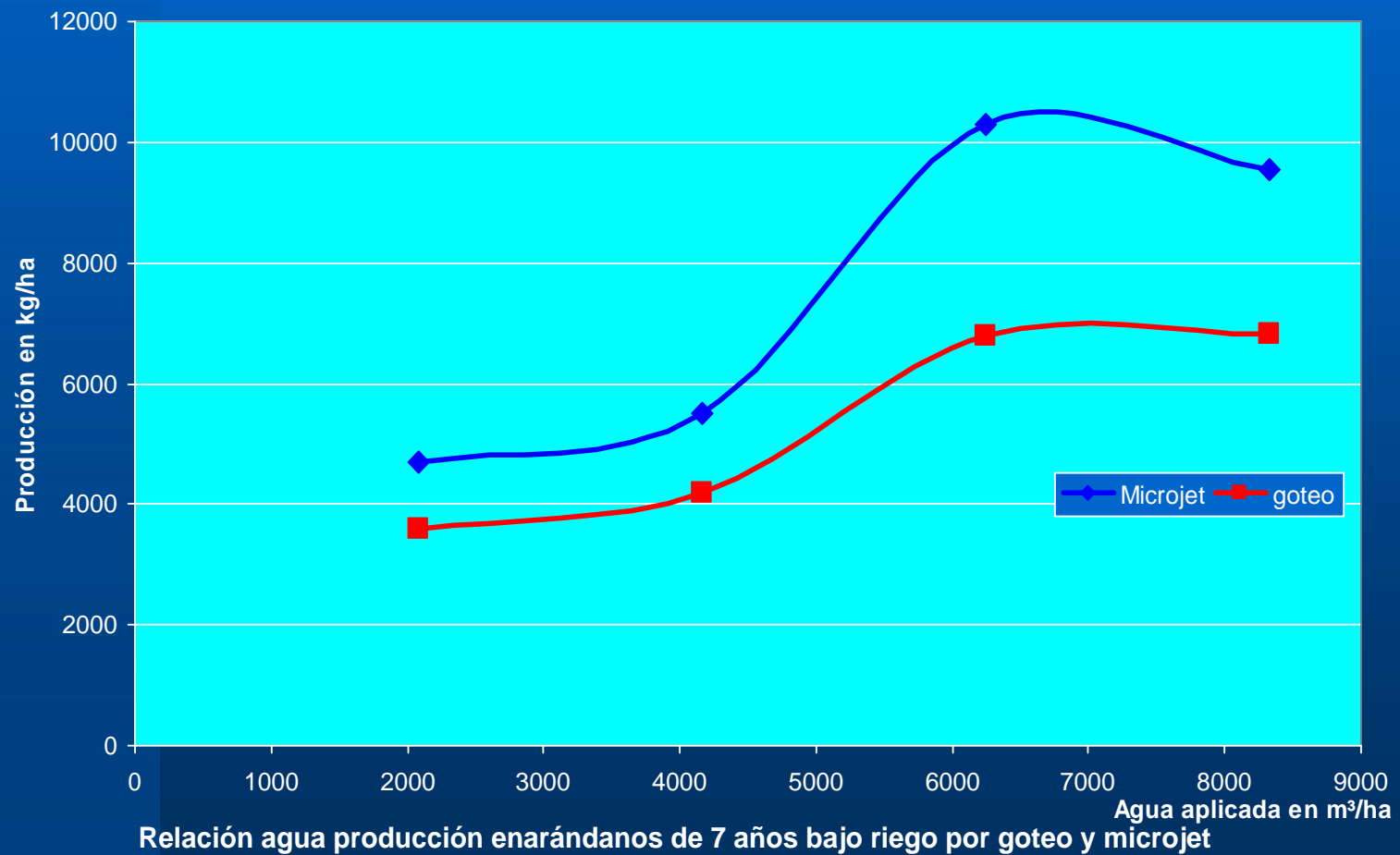
PRODUCCION (Ton/Há)



— Goteo

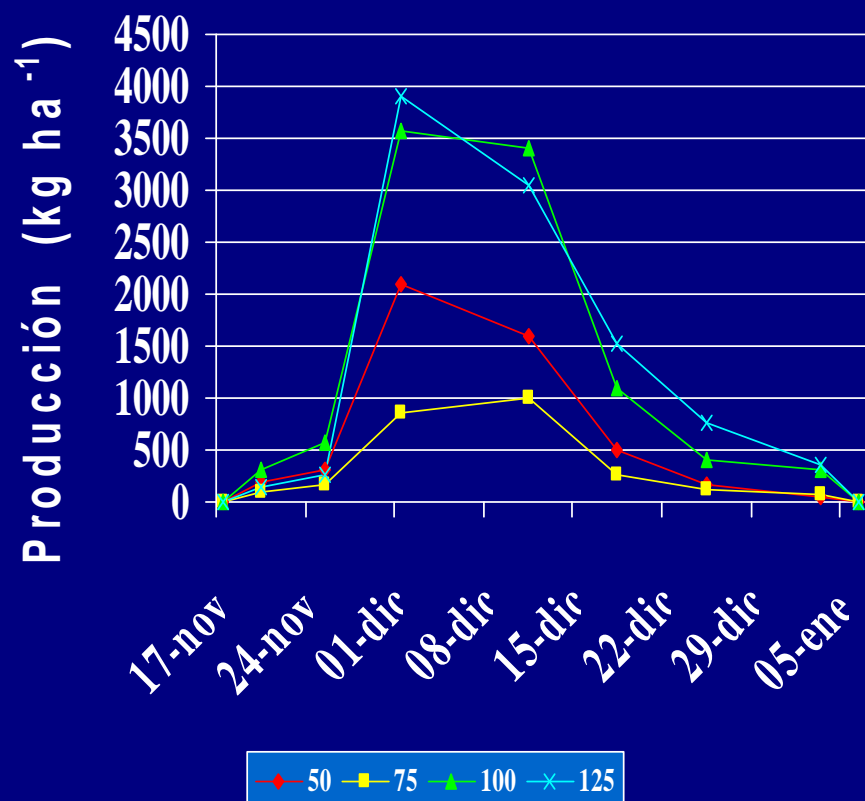
— Microjet

RELACION AGUA-PRODUCCIÓN EN ARANDANOS

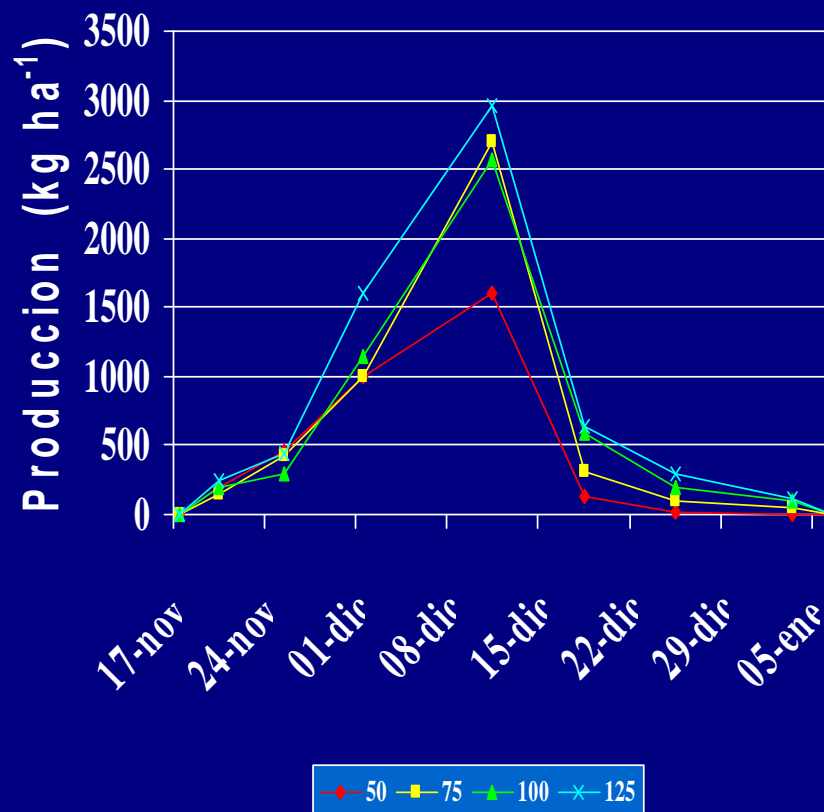


Concentración de Producción

Microjet



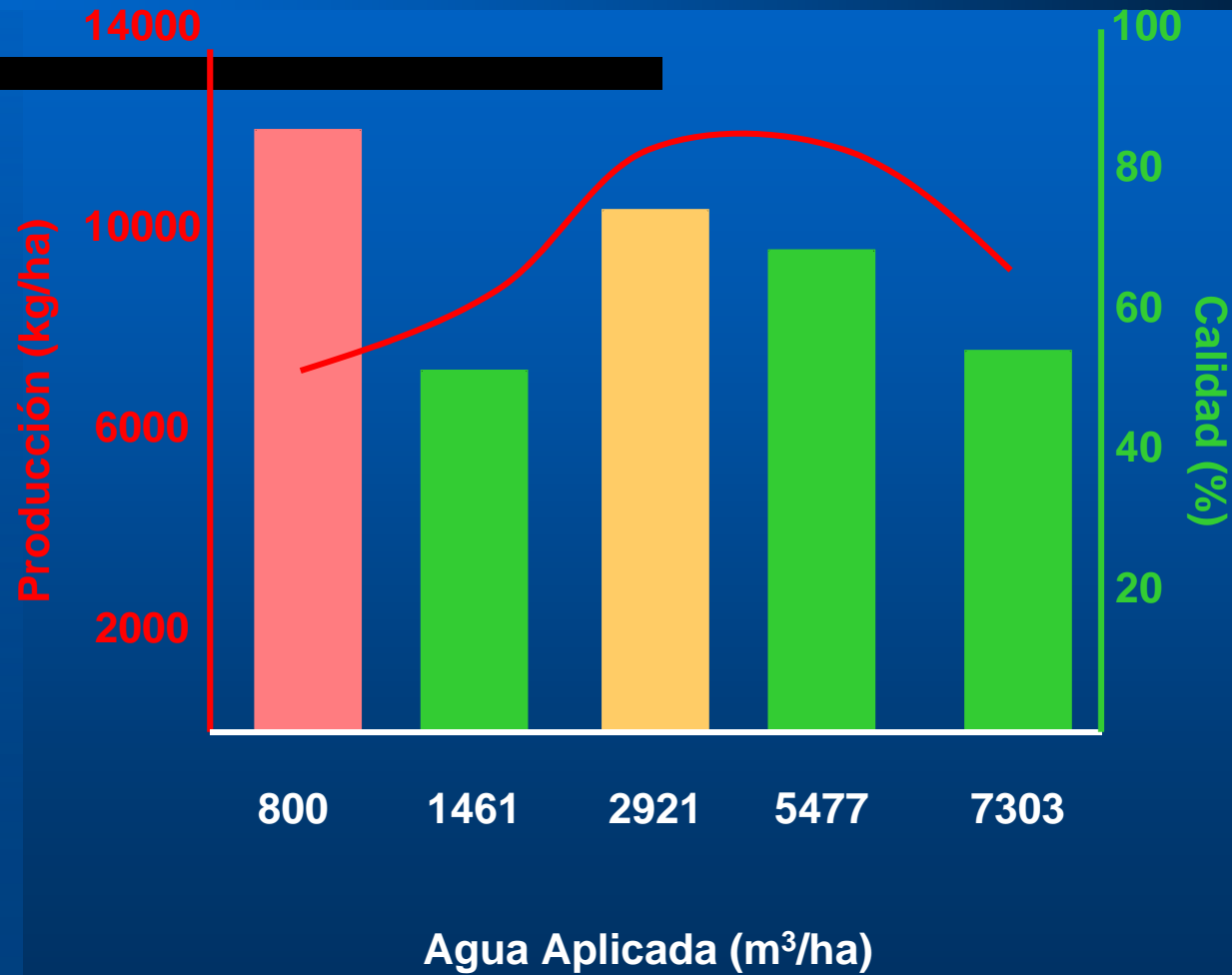
Goteo



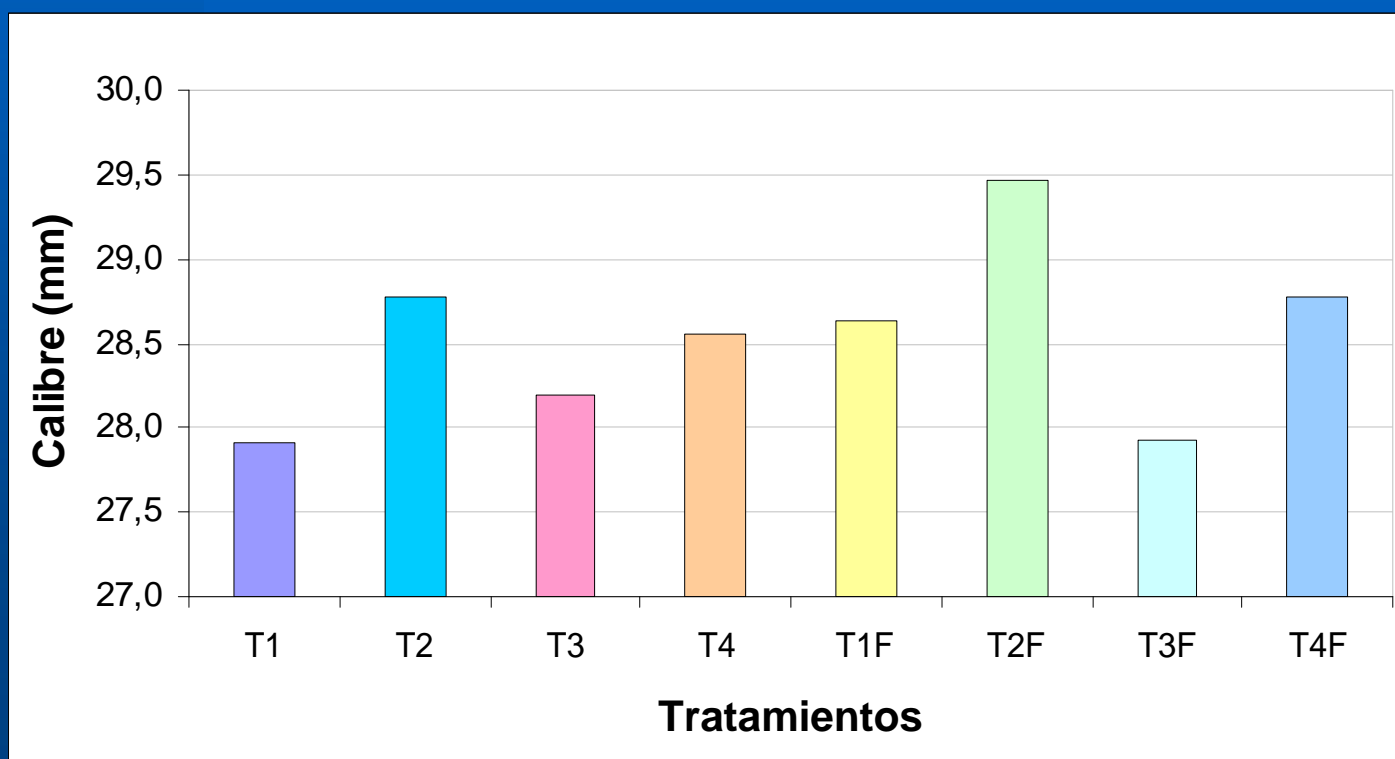


FACULTAD
DE INGENIERIA AGRICOLA

AGUA – PRODUCCIÓN CALIDAD EN VIDES VINIFERA



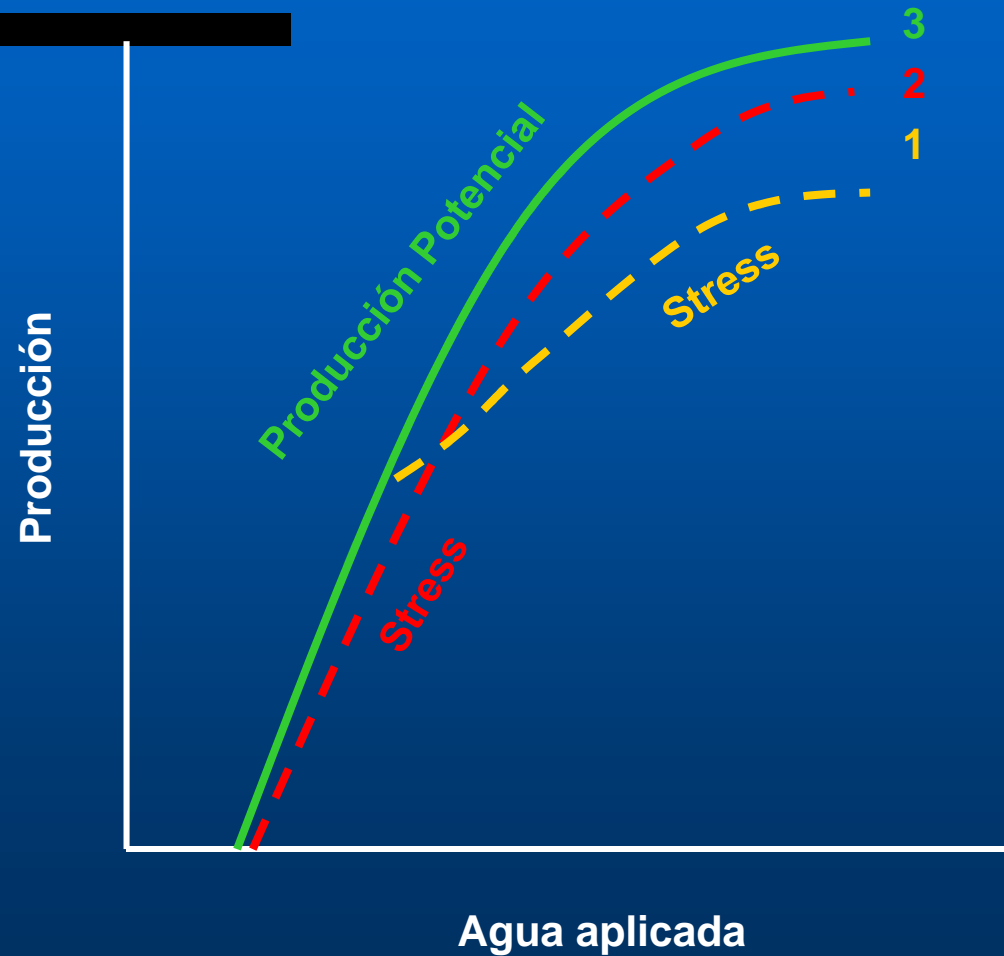
CALIDAD DE BAYAS DE UVA DE MESA



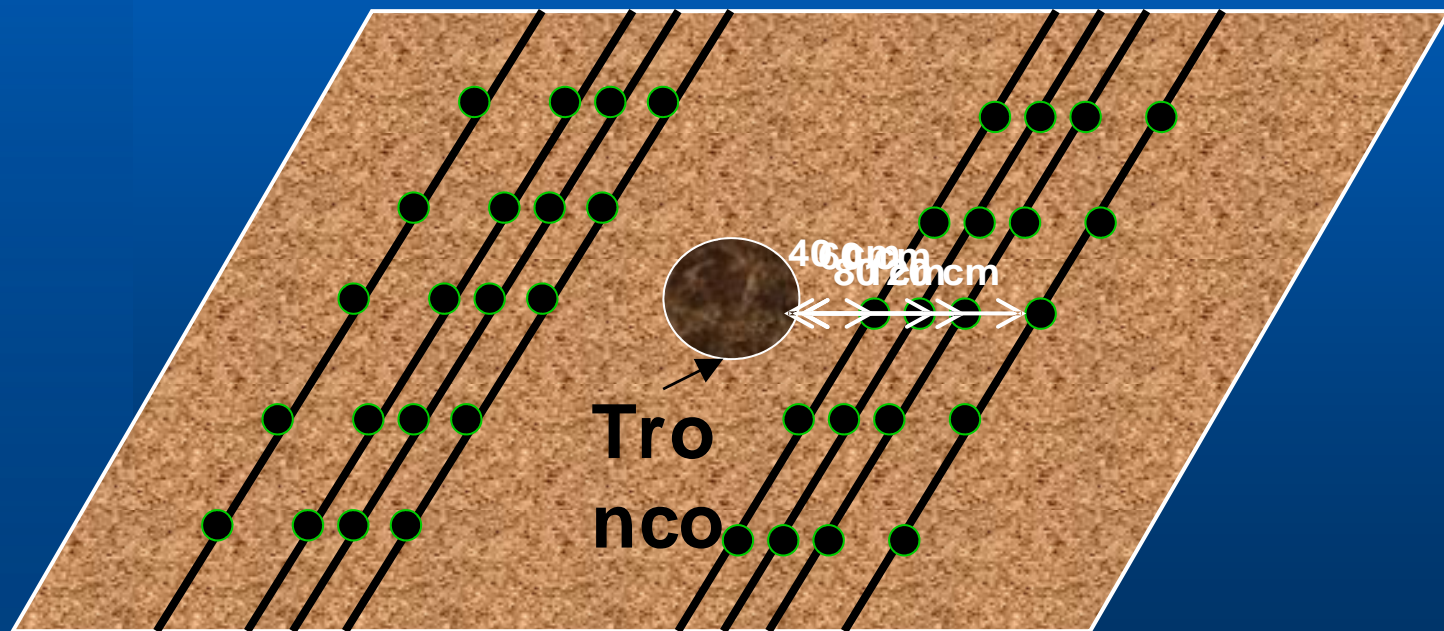
1 : 40% ETo
2 : 80% ETo
3 : 100% ETo
4 : 120% ETo
F : Fert. Extra

Agua – Producción

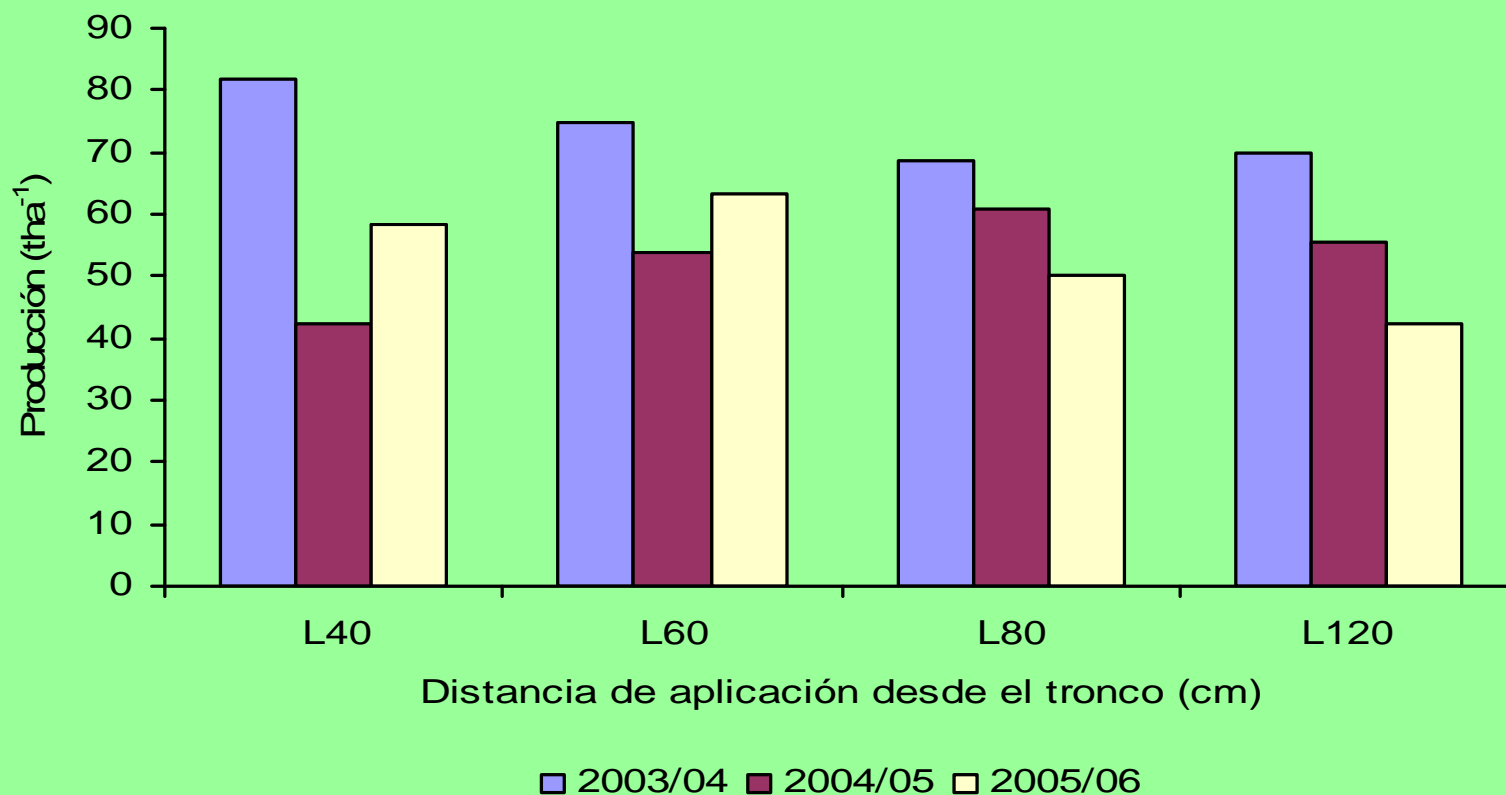
RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO



LOCALIZACIÓN DE APLICACIÓN DE AGUA CON FERTILIZANTE



DISTANCIA APLICACIÓN AGUA Y PRODUCCIÓN EN CITRICOS

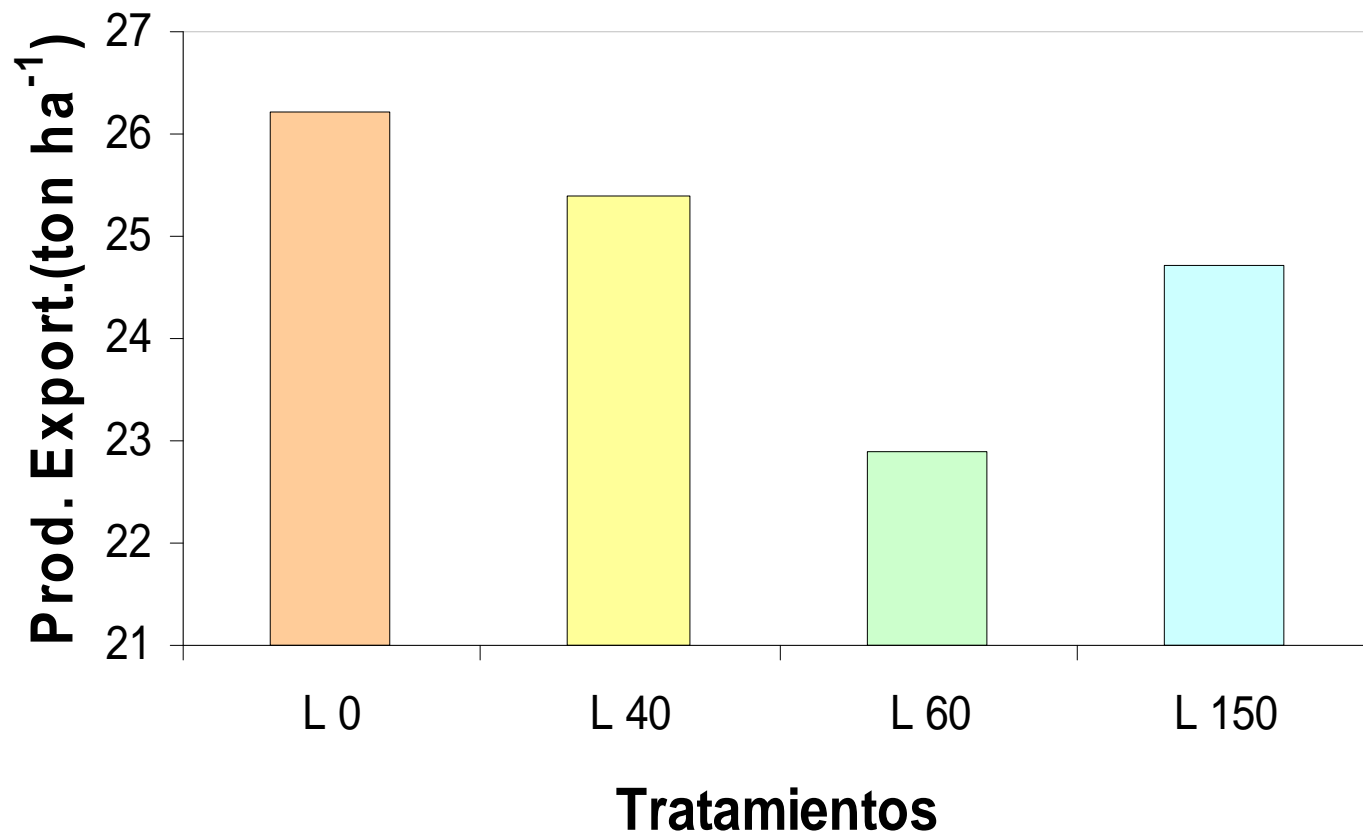


Universidad de Concepción

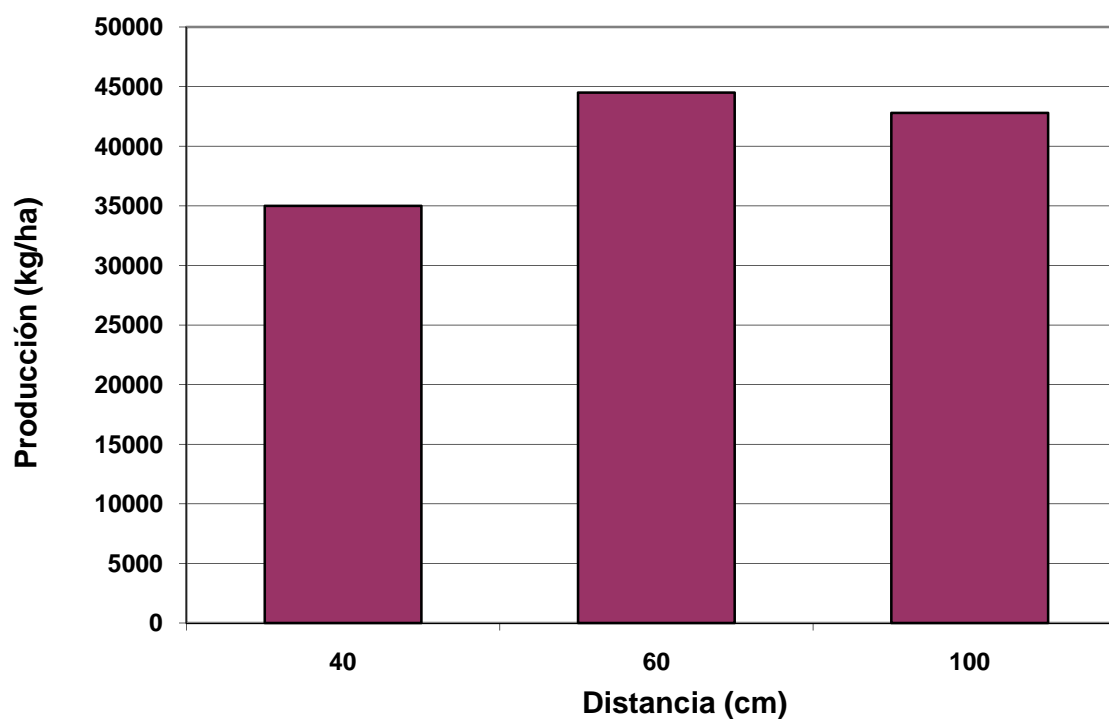
Facultad de Ingeniería Agrícola



DISTANCIA DE APLICACION Y PRODUCCION EN PARRONALES

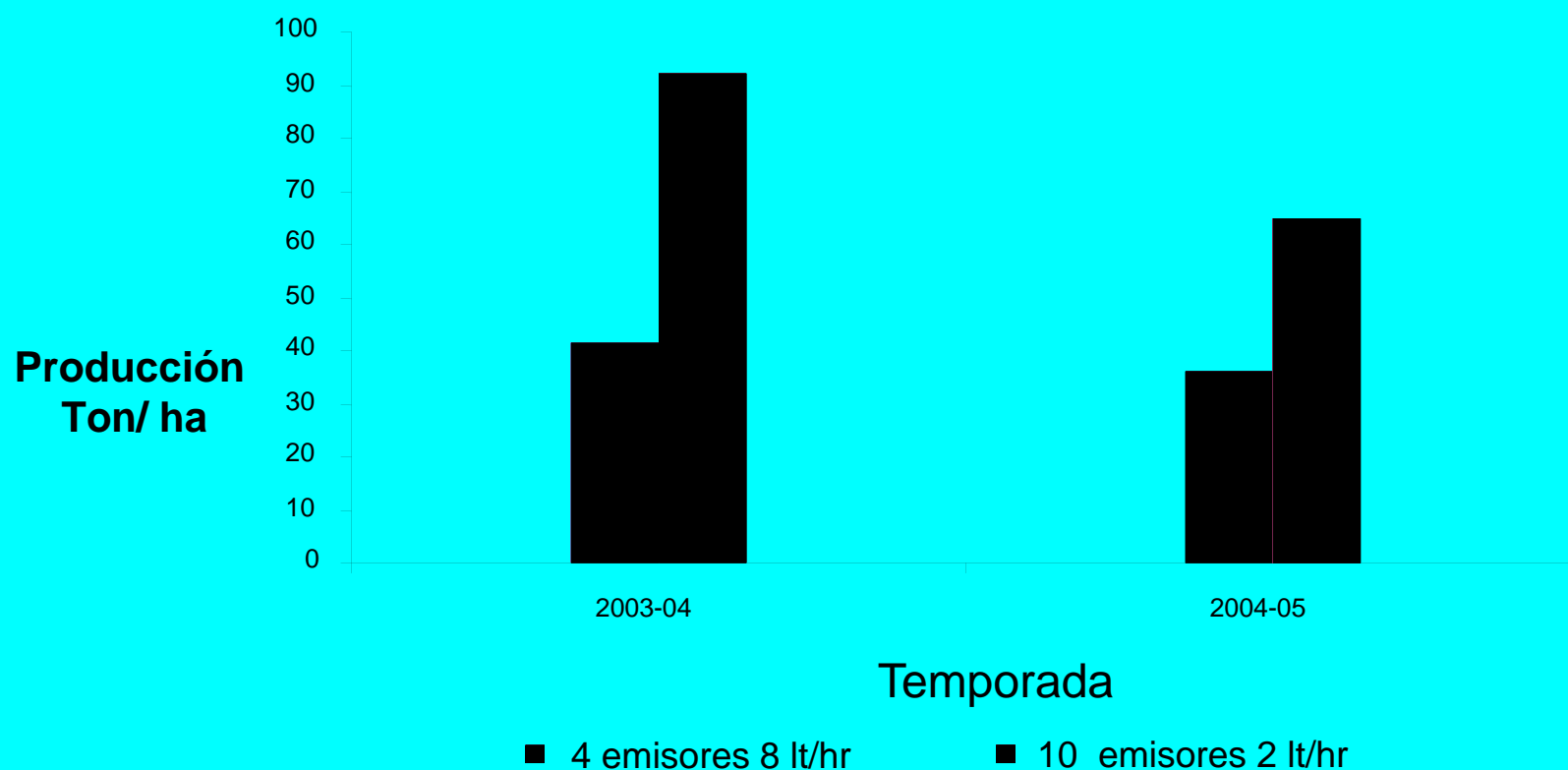


DISTANCIA DE APLICACIÓN Y PRODUCCIÓN EN PALTOS



Producción en cítricos versus número de gotero

Suelo delgado en ladera





Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería Agrícola

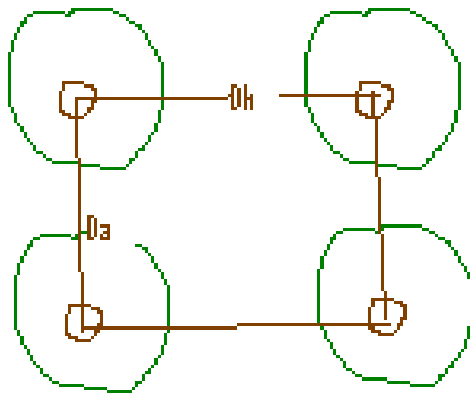


DEMANDA DE AGUA EN FRUTALES

Transpiración y Evaporación

REQUERIMIENTOS HÍDRICOS

VOLUMEN DE AGUA POR ARBOL O PLANTA



$$P = \frac{AS}{A_r} * 100$$

$$ET_a = Eb * Kb * (F1 * P + F2)$$



Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería Agrícola

**Coficiente
Bandeja
(Kb)**

Factor F1

Factor F2

Arándanos

0.8

0.0128

0.1125

Cítricos

0.8

0.0077

0.1125

Paltos

0.8

0.0130

0.1125

Parronales

0.8

0.0141

0.1125

Vid

(hasta pinta)

0.8

0.0102

0.1125

Vid

(después pinta)

0.8

0.0060

0.1125

Bandeja Evaporación



Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería Agrícola



$$ET_a = ET_p * (F1 * P + F2)$$



Solar
Radiation

Net
Radiation

LAI

Crop
Height

Residue
Amount

SWC

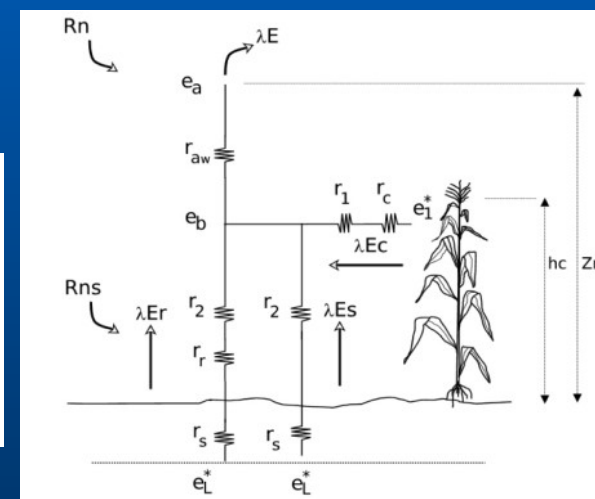
Soil
Temperature

Air
Temperature



Relative
Humidity

Wind

MODELOS

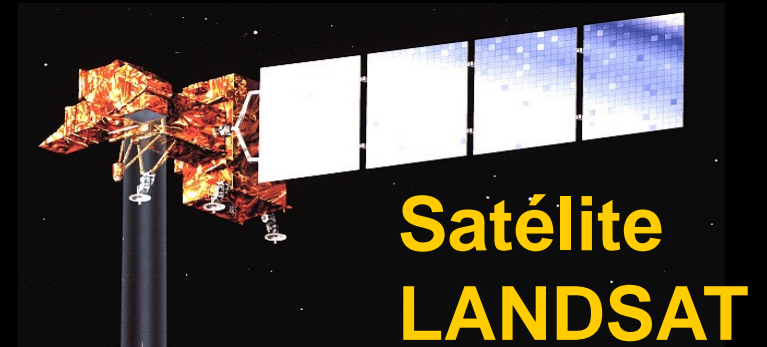


Medición

- 
1. Eddy Covariance
 2. Bowen Ratio Energy Balance Systems
 3. Surface Renewal
 4. Lysimeters
- 

Modelos de Sensores Remotos

- **SEBAL** (Bastianssen,1998).
- **METRIC** (Allen et al,2007)
- **ALEXI** (Norman,1995)
- **DisALEXI**, Norman (2000).



ET Especialmente Distribuida



0 – 2.0
2.0 – 3.5
3.5 – 5
5 – 6.5
6.5 -



Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería Agrícola



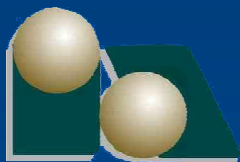
DISTRIBUCIÓN RADICULAR BAJO DIFERENTES ZONAS DE APLICACION



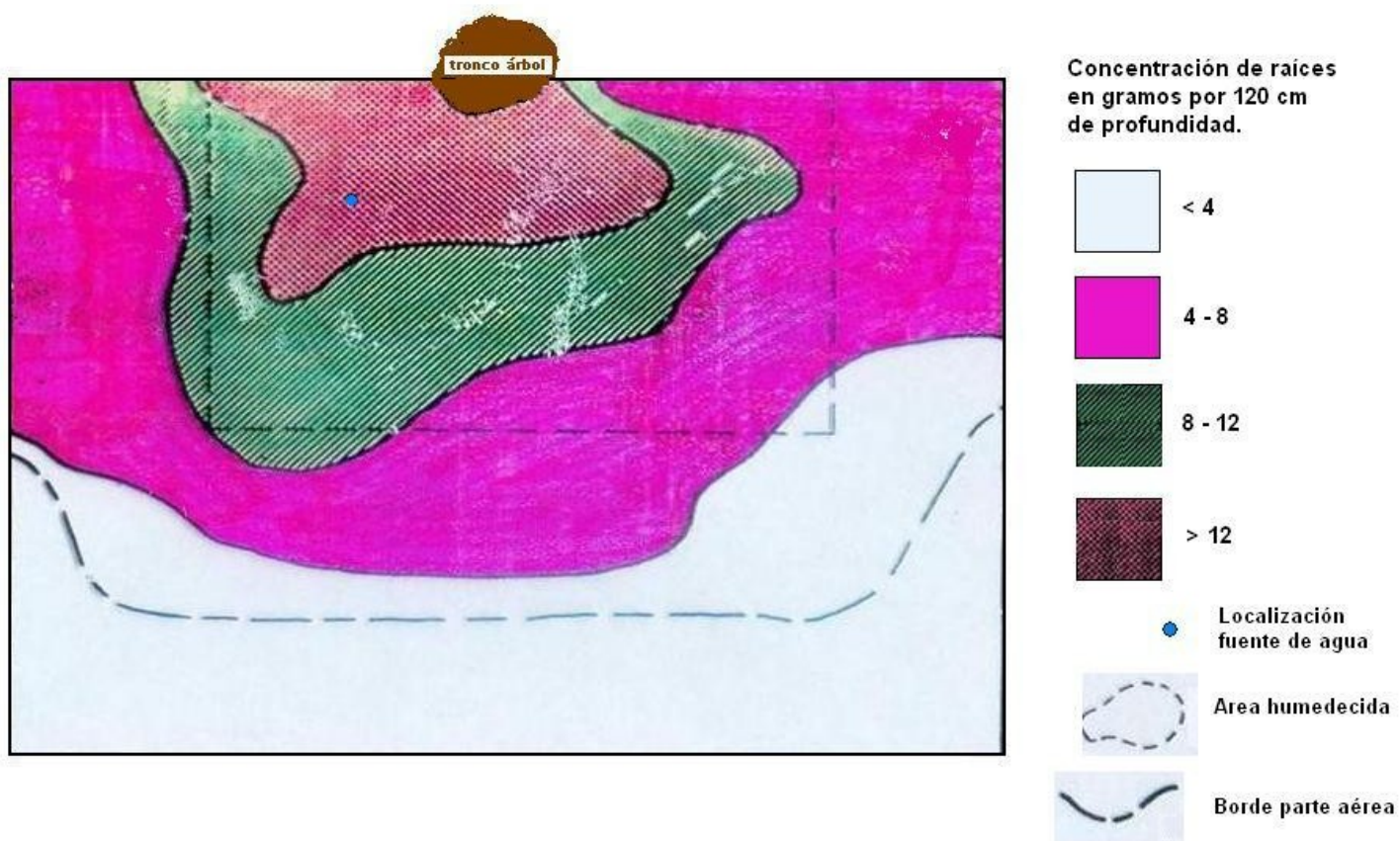
Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería Agrícola

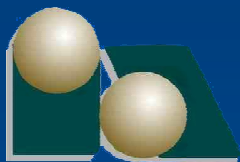
Conocer la distribución radicular es importante para:

Conocer donde aplicar el agua
Evitar perdida de nutrientes
Mayor eficiencia de riego

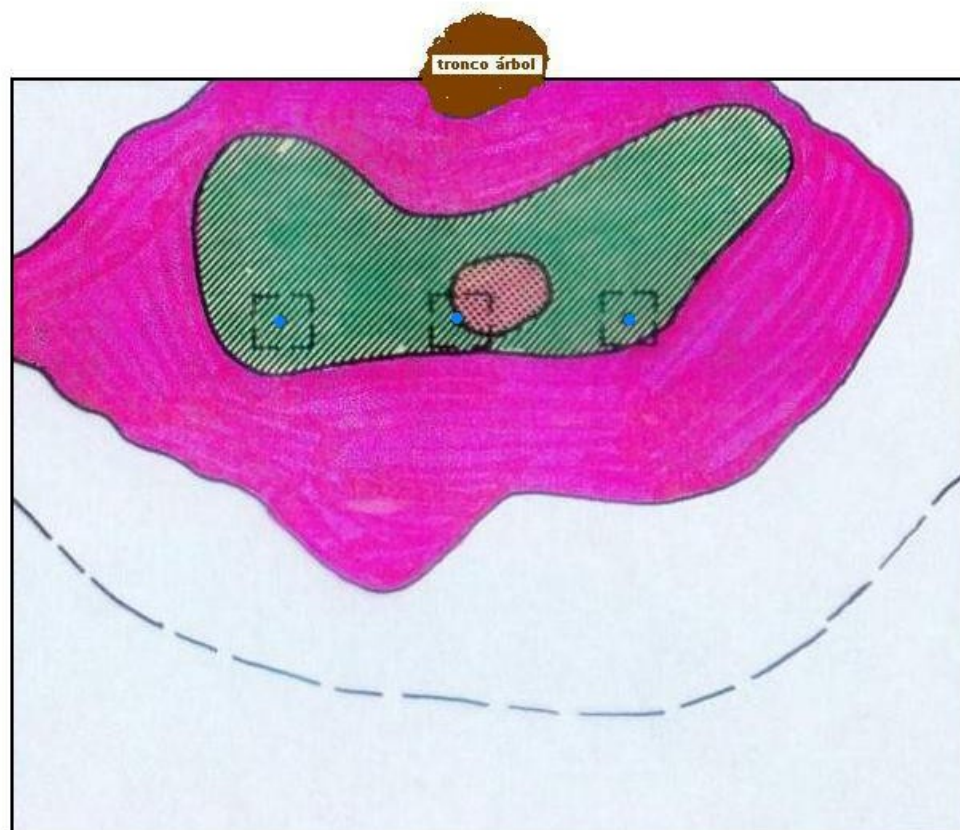


Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería Agrícola





Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería Agrícola



Concentración de raíces
en gramos por 120 cm
de profundidad.



< 4



4 - 8



8 - 12



> 12



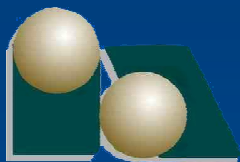
Localización
fuente de agua



Area humedecida

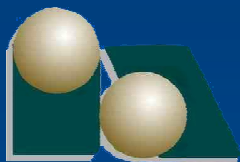


Borde parte aérea

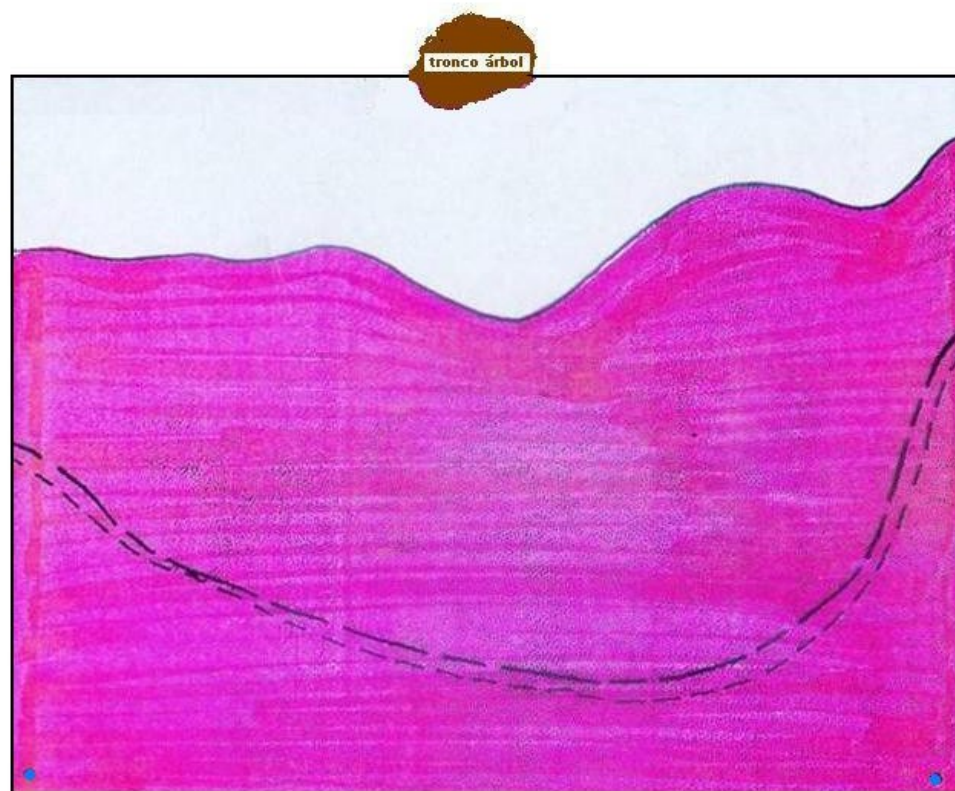


Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería Agrícola





Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería Agrícola



Concentración de raíces
en gramos por 120 cm
de profundidad.



< 4



4 - 8



8 - 12



> 12



Localización
fuente de agua



Area humedecida



Borde parte aérea

DISTRIBUCION RADICULAR

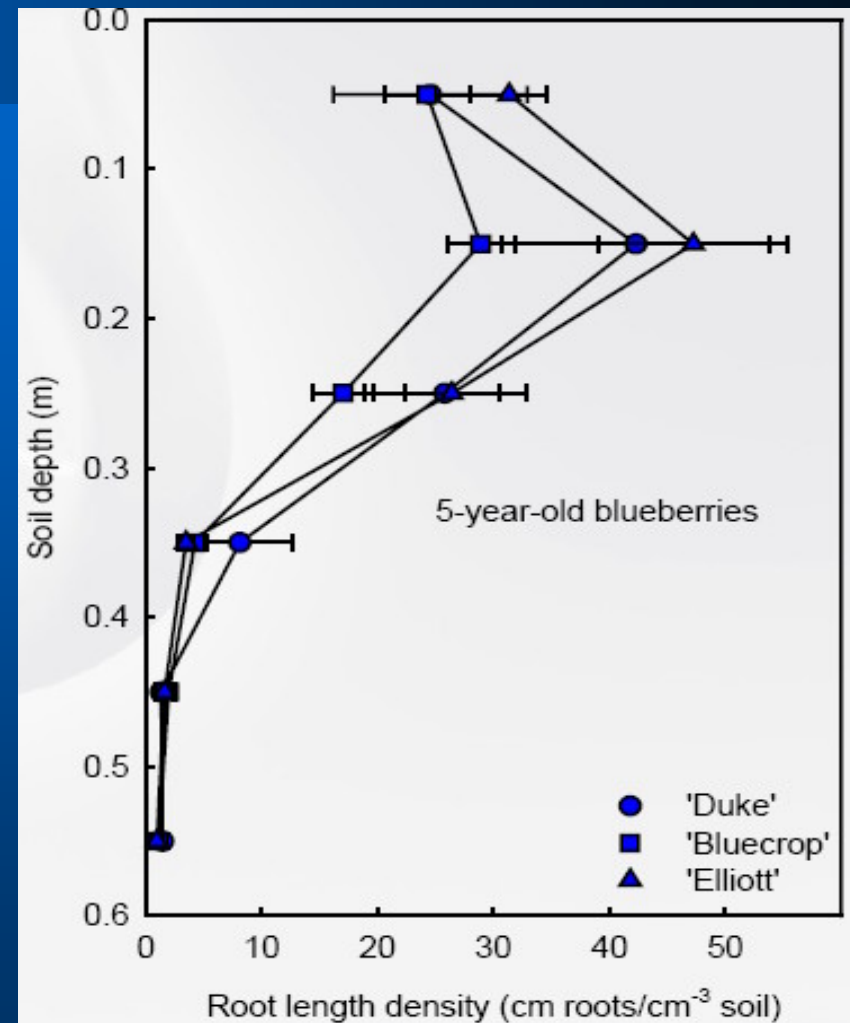


Universidad de Concepción

Facultad de Ingeniería Agrícola



Blueberry is a shallow-rooted crop compared to many perennial fruit crops.



Distribución radicular en Arándanos





Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería Agrícola



MODELOS DE CALIDAD DEL RIEGO

Eficiencia de aplicación

Eficiencia de requerimiento

$$ER = \frac{\text{Volumen de agua almacenado en zona radicular}}{\text{Volumen de agua requerido}} \cdot 100$$

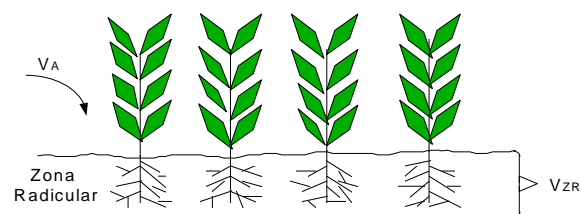


Figura 3. Esquema explicativo de Eficiencia de Aplicación: V_{ZR} = volumen almacenado en la zona radicular; V_A = volumen aplicado. (Holzapfel, 1984)

Eficiencia de distribución total

$$EDT = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - X_r|}{n \cdot X_r} \right] \cdot 100$$

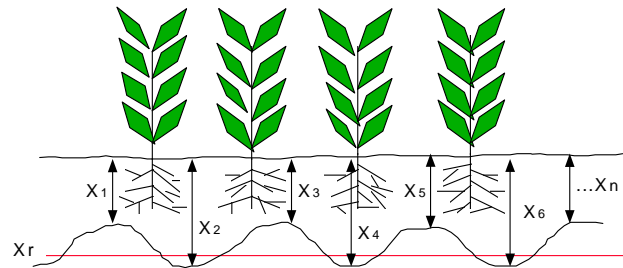
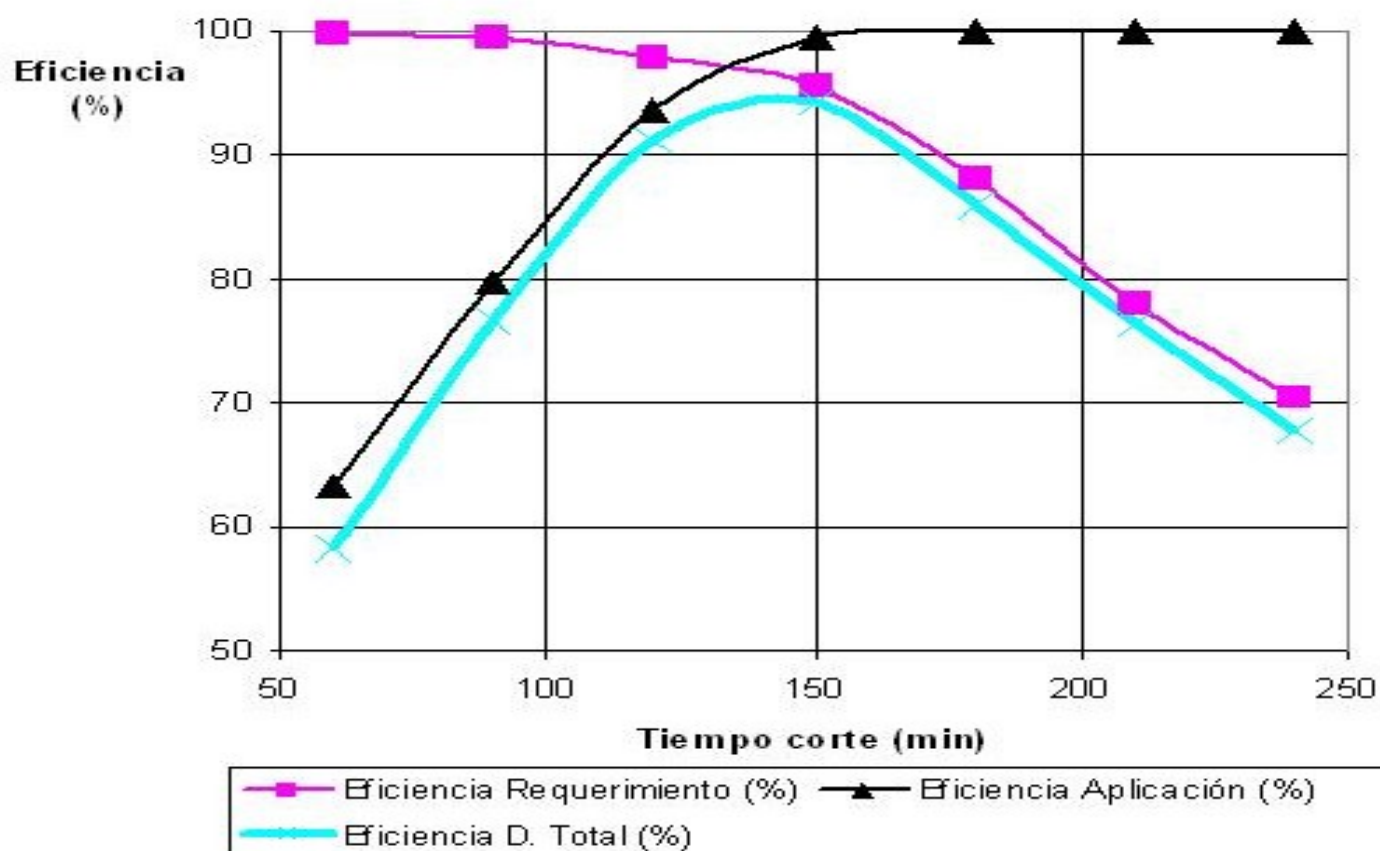


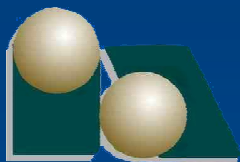
Figura 6. Esquema explicativo de la Eficiencia de Distribución Total; X_r = prof. de agua requerida; X_i = prof. de agua observada en cada pto. i. (Holzapfel, 1984)

Universidad de Concepción

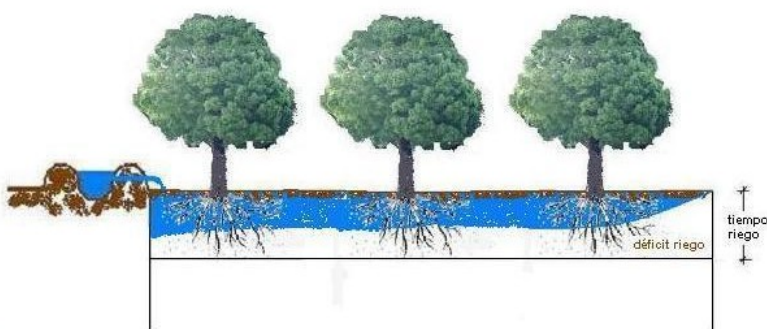
Facultad de Ingeniería Agrícola

COMPORTAMIENTO PARAMETROS CALIDAD DE RIEGO

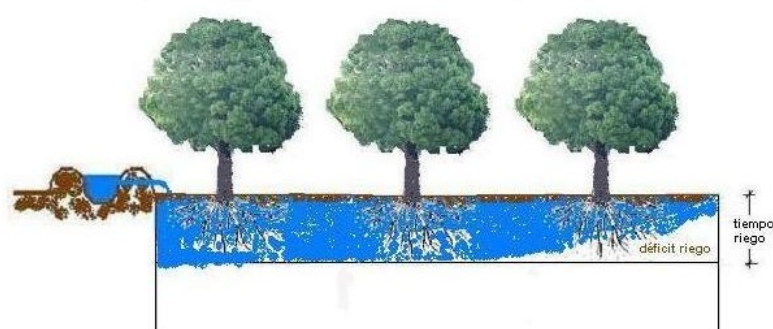




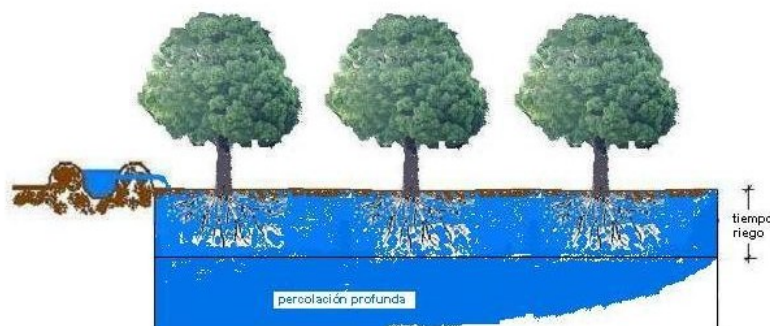
ANALISIS EFICIENCIA RIEGO SUPERFICIAL



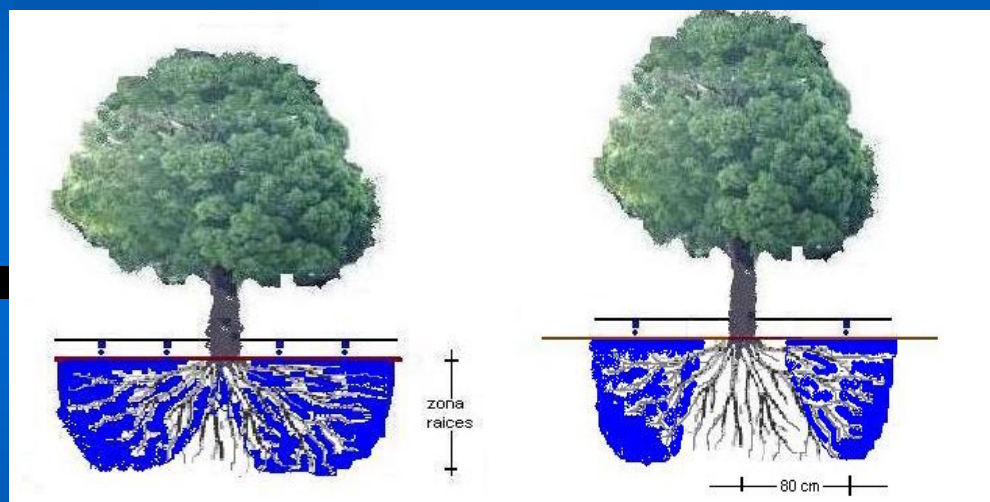
a. El agua se corta apenas llega al final del surco.



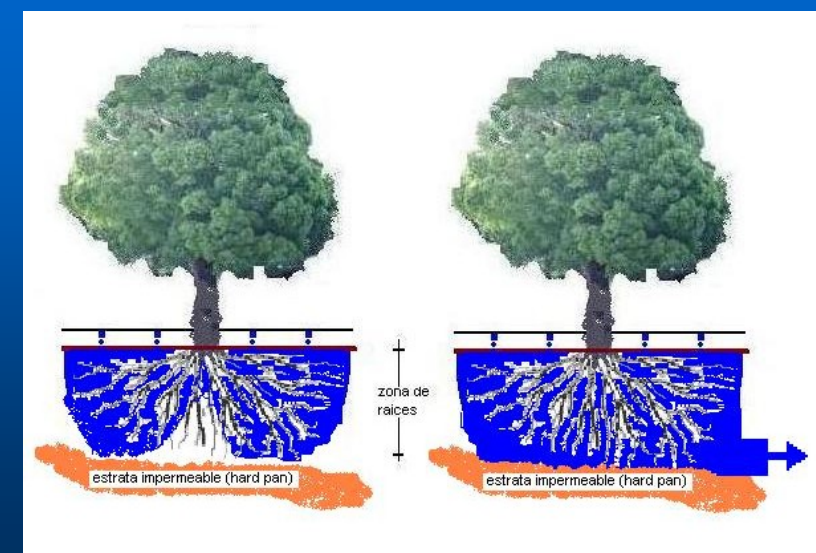
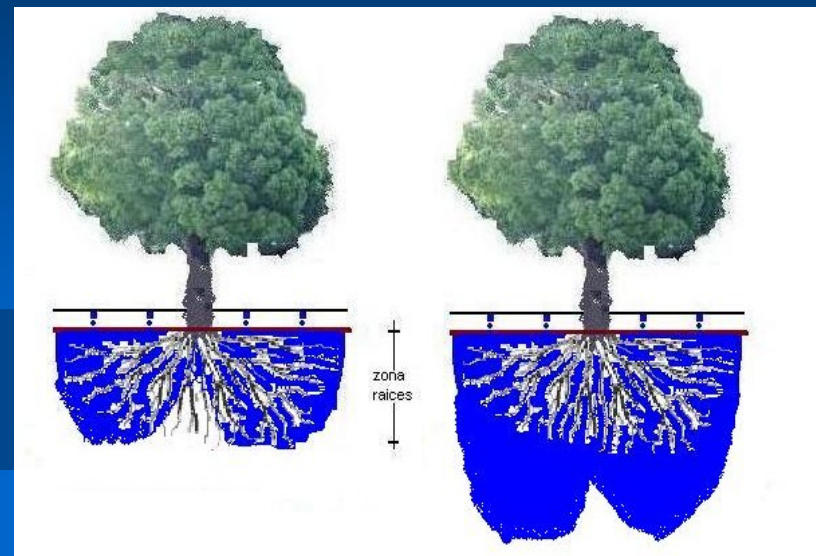
b. El agua se corta completando el tiempo de riego en la cabecera del surco.



c. Se completa el tiempo de riego en toda la extensión del surco



ANALISIS DE EFICIENCIA RIEGO Y APLICACIÓN DE AGUA EN MICRORIEGO





Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería Agrícola



DISEÑO DE RIEGO SUPERFICIAL

Diseño y Manejo en Riego Superficial

Caudal

Llongitud del surco o borde

Tiempo de corte del riego

Distancia entre surcos o
ancho del borde

Area mínima a regar



Manejo de Sistemas de Riego Superficial

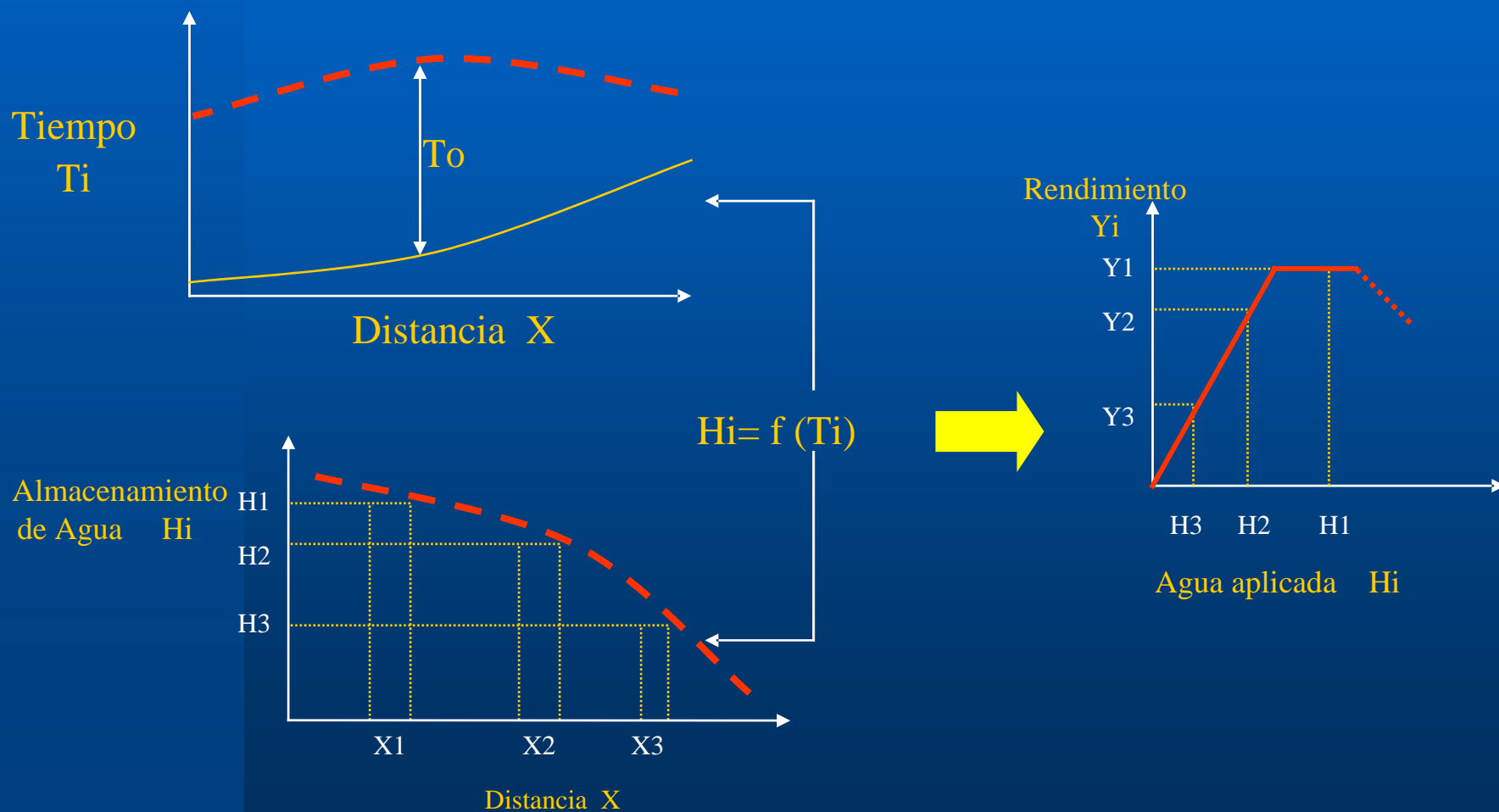
Parámetros Básicos



- Red de Distribución
- Cultivo
- Tipo de suelo
- Topografía
- Disponibilidad y calidad del agua

Diseño Optimo de Sistemas de Riego Superficiales

Modelo de simulación Superficial



RIEGO POR SURCOS



RIEGO POR SURCOS NARANJOS





Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería Agrícola

AUTOMATIZACION RIEGO SUPERFICIAL

SISTEMAS DE ADUCCIÓN

Sistemas de Aducción



Sifones

Tubería Móvil

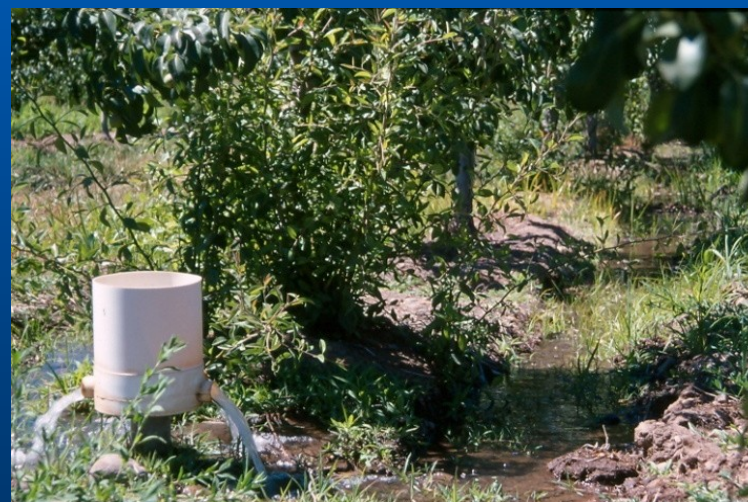


Mangas Plásticas



Sistemas de Aducción

Baja Presión





Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería Agrícola



DISEÑO DE MICRORIEGO



Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería Agrícola

DISEÑO ÓPTIMO

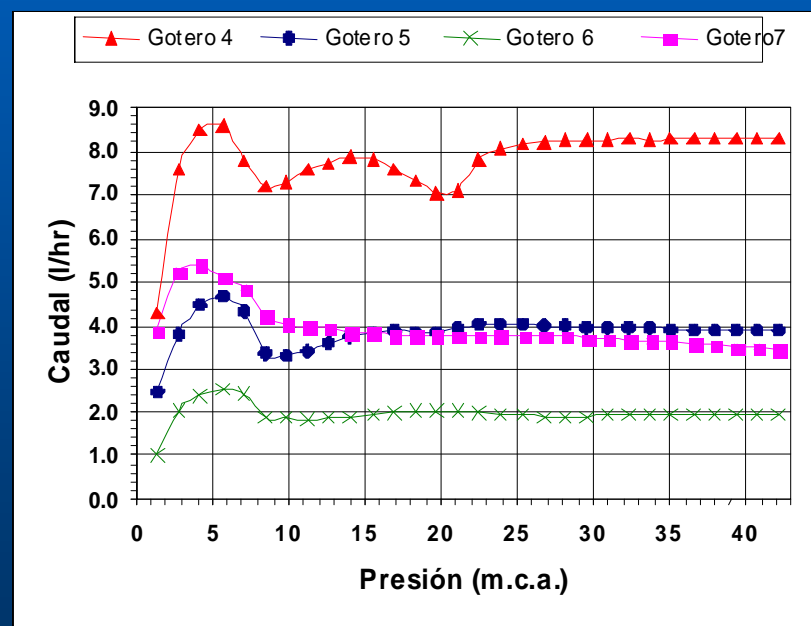
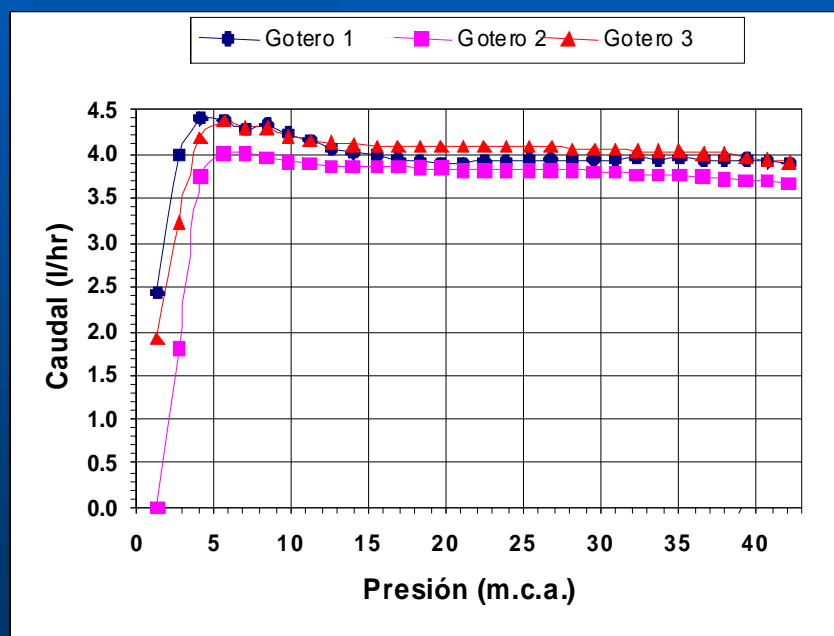
SELECCIÓN OPTIMA EMISORES

SELECCIÓN OPTIMA TUBERIAS

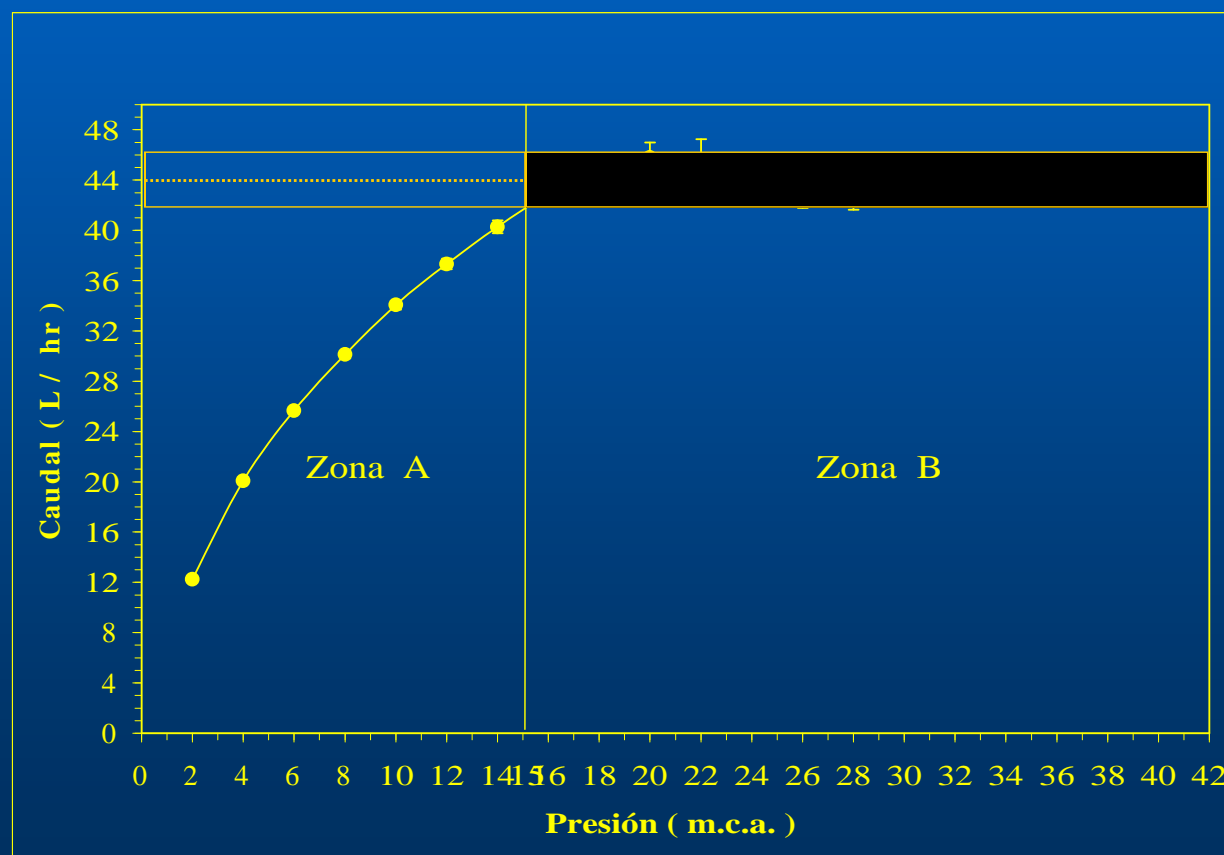
DISEÑO ÓPTIMO DE SUB-UNIDADES

Selección de emisores

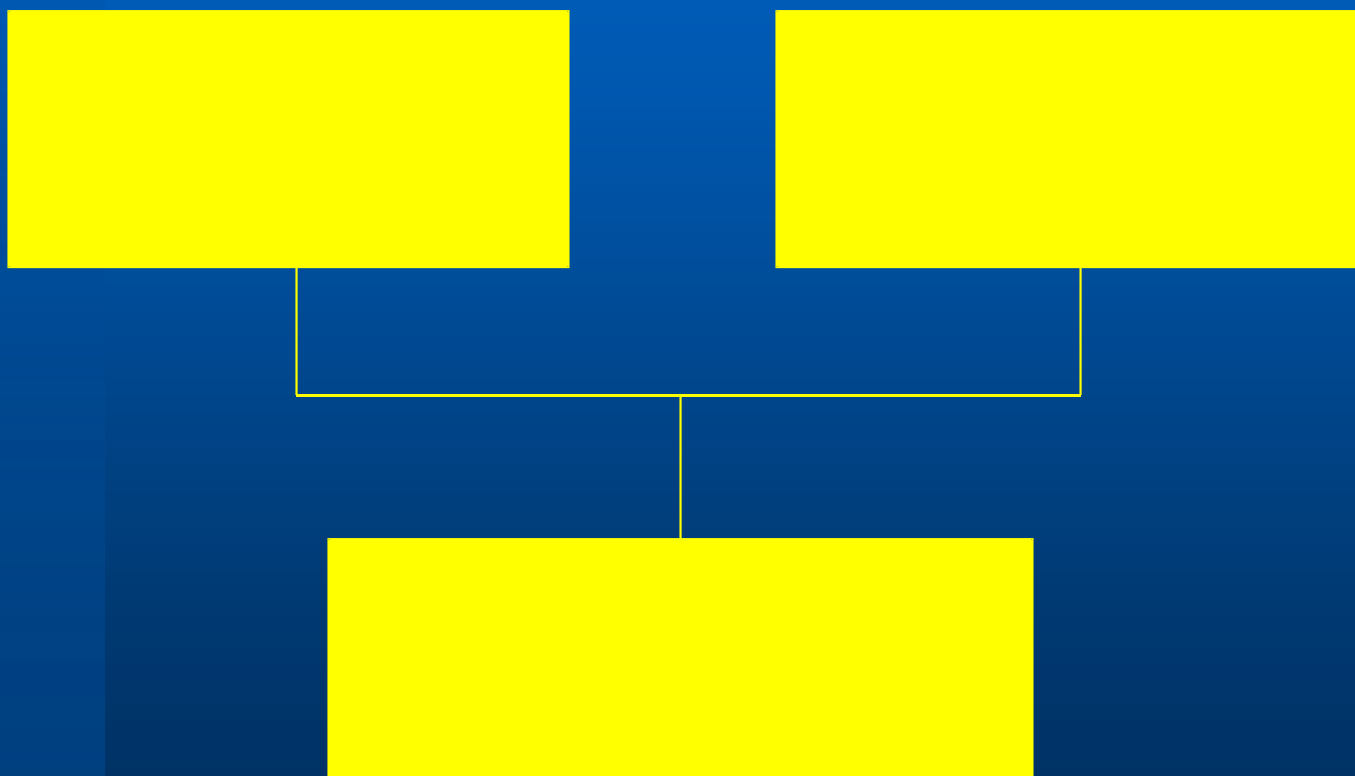
GOTEROS AUTOCOMPENSADOS

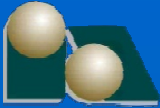


Microaspersor autocompensado



METODOLOGIA DE SELECCION DE EMISORES





Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería Agrícola



Selección óptima de tuberías

Costos de Implementación

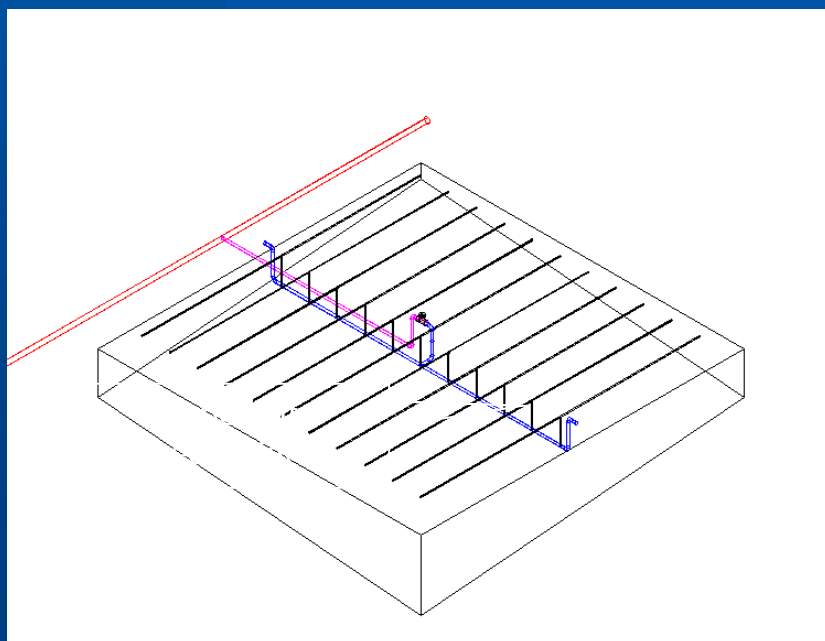
Costos de Operación
costos de energía

Costo total



DISEÑO ÓPTIMO SUB-UNIDAD

Sub-unidad



Textura
SIG

Selección Optima de Métodos de Riego

Parámetros para la selección :

- ✓ Disponibilidad de agua
- ✓ Tipo de suelo
- ✓ Topografía
- ✓ Clima
- ✓ Tipo de cultivo o frutal
- ✓ Disponibilidad y calidad de la mano de obra
- ✓ Energía
- ✓ Costo relativo de cada recurso.





Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería Agrícola

SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE RIEGO

CRITERIOS OPTIMOS EN EL MANEJO DEL RIEGO

DISEÑO ÓPTIMO DE LOS SISTEMAS DE RIEGO

SELECCIÓN ÓPTIMA DE SISTEMAS DE RIEGO

Un buen uso del Agua

ES UNA MIRADA
DE
FUTURO



El uso inteligente del agua y la energía

ES OFRECERLES
UN MUNDO MEJOR
A LAS
GENERACIONES
FUTURAS



GRACIAS

Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería Agrícola

