

Profundizar el conocimiento y los efectos  
prácticos de la luz y la intercepción  
lumínica en la productividad de las plantas  
frutales caducas

Mauricio Frías Giaconi  
Ingeniero Agrónomo  
Consultor Privado

# Datos pertinentes:

- Lugar: Hort+Research, Estación Experimental de Havelock North, Hawke's Bay, Nueva Zelanda
- Contacto: Dr Jens Wünsche.
- Proyecto: co-financiamiento por FIA bajo el código FIA-FP-V-2002-1-A-003.
- Fecha: 25 de Abril al 18 de mayo del 2003





# Los Problemas en Chile, visión personal: cruza todas las especies

- *SOMBREAMIENTO.*
- IRRIGACIÓN.
- NUTRICIÓN.
- VARIEDADES.

# Sombreamiento:

- Portainjertos.
- Densidad de plantación , relaciones.
- Densidad de vegetación .
- Manejo, forma de la copa, ángulos.
- Orientación hileras.
- Altura plantas.

# Portainjertos: estimación personal.

## ■ Manzanos:

- ◆ 80 % semilla.
- ◆ 15 % clones semivigorosos
- ◆ 5 % clones semienanos.

## ■ Perales:

- ◆ 85 % semilla.
- ◆ 10 % betulaefolia + calleriana.
- ◆ 5 % clonal membrillero ( BA 29 – Quince C. )

## ***Evolución de las variedades y densidades de Mz en Chile***

Estimación personal

Período	Variedad	Hábito	Portainjerto	Distancia		Densidad pl/há	Edad Actual	Situación Actual	Problemas
				EH	SH				
1950 - 1975	Richared	Estándar	Franco	8	8	156	30 a 40	Arranca	color, productividad
1975 - 1980	Red King Oregon	Endardado	Franco	6	4	417	25 a 30	Arranca y continúa	color, productividad
1980 - 1990	Red King Oregon	Endardado	Franco	5	3	667	15 a 20	Arranca y continúa	color, productividad
	Red Chief	Endardado	Franco	5	3	667	15 a 20	Continúa	productividad
1990 - 1995	Gala	Estándar	Franco	5	3	667	8 a 13	Continúa	color, productividad
				4,5	2,5	889	8 a 13	Continúa	color, productividad
				4,5	2,5	889	8 a 13	Continúa	
1995 - 2000	Royal Gala	Estándar	MM 106	4,5	2,5	889	3 a 8	Continúa	
			EM 26	4	2	1250		Continúa	
2000 adelante	Royal Gala	Estándar	EM 9	3,5	1,5	1905		Continúa	

# Implicancias prácticas:

■ VIGOR ALTO → SOMBRA



INEFICIENCIAS

EXCESO DE INTERVENCIÓN

CÍRCULO VICIOSO



# CONTROL DEL VIGOR ?????

19/12/2010

Mauricio Frias G. / Ingeniero  
Agrónomo / Consultor Privado /  
mauriciofrias@123.cl



19/12/2010

Mauricio Frias G. / Ingeniero  
Agrónomo / Consultor Privado /  
mauriciofrias@123.cl

10



19/12/2010

Mauricio Frias G. / Ingeniero  
Agrónomo / Consultor Privado /  
mauriciofrias@123.cl



19/12/2010

Mauricio Frias G. / Ingeniero  
Agrónomo / Consultor Privado /  
mauriciofrias@123.cl

12



19/12/2010

Mauricio Frias G. / Ingeniero  
Agrónomo / Consultor Privado /  
mauriciofrias@123.cl

- >No nutrición.?????
- >No riego ????????????

# LA ÚNICA ALTERNATIVA ESTABLE ES.....

19/12/2010

Mauricio Frias G. / Ingeniero  
Agrónomo / Consultor Privado /  
mauriciofrias@123.cl

# C A R R G A:



19/12/2010

Mauricio Frias G. / Ingeniero  
Agrónomo / Consultor Privado /  
mauriciofrias@123.cl

# ÚNICA ALTERNATIVA ESTABLE:

## ■ *CARGA*

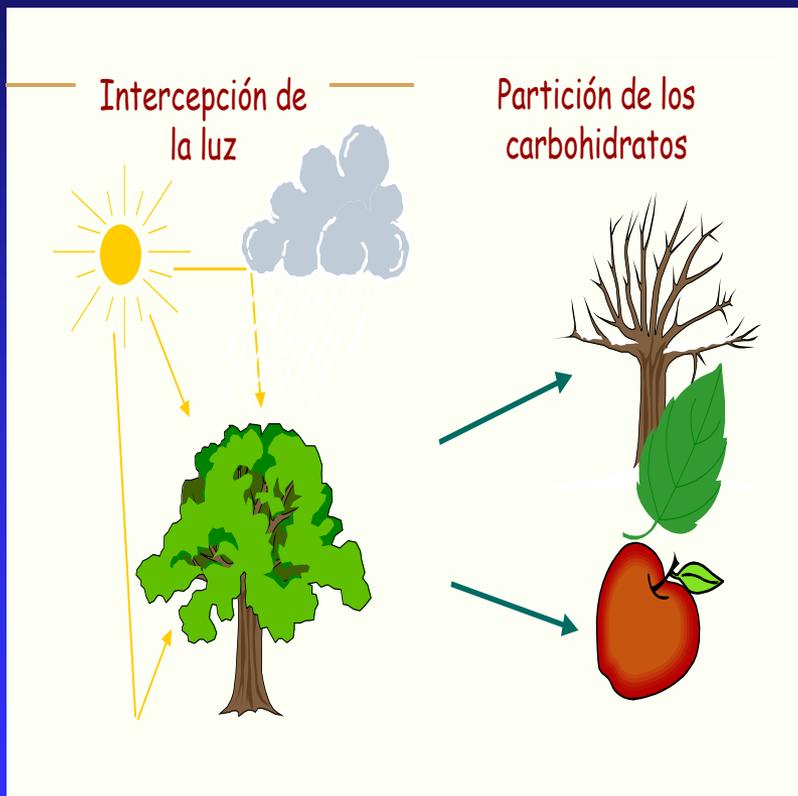
- ◆ *VIGOR CONTROLADO.*
  - ◆ *PORTAINJERTO.*
  - ◆ *VARIEDAD.*
  - ◆ *DENSIDAD.*
  - ◆ *COSECHA DE LUZ : Tema Pasantía*
  - ◆ *MANEJO*

# COSECHA DE LA LUZ:

19/12/2010

Mauricio Frias G. / Ingeniero  
Agrónomo / Consultor Privado /  
mauriciofrias@123.cl

# Porqué la luz es importante ?:



- Porque la producción de un huerto ( kilos de frutas, hojas, dardos y brotes, raíces y tronco, reservas ), está relacionado directamente con la cantidad de luz que intercepte, que capture ( aunque no exclusivamente (  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $T^\circ$ , etc). )

# Porqué la luz es importante:

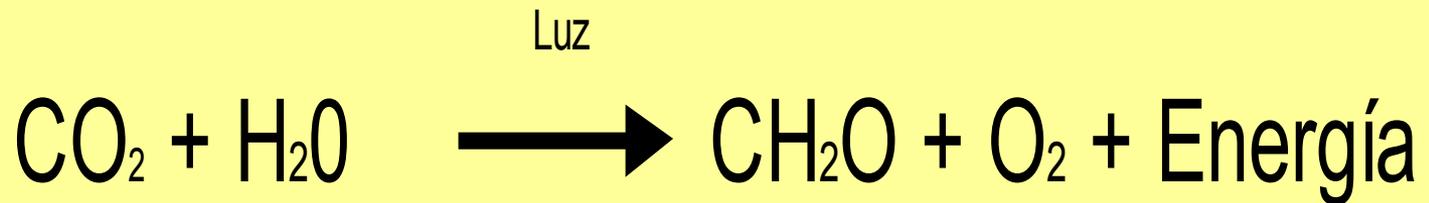
- Porque es básico para el proceso de fotosíntesis.
- Porque es básica para la formación del color en muchas especies. El color se forma con carbohidratos manufacturados en el proceso de fotosíntesis.
- **ATENCIÓN:** algunas antocianinas se forman por la radiación directa sobre el fruto .
- Para color, no menos del 50 al 70% de la luz máxima es requerida.

# •FOTOSÍNTESIS:

19/12/2010

Mauricio Frias G. / Ingeniero  
Agrónomo / Consultor Privado /  
mauriciofrias@123.cl

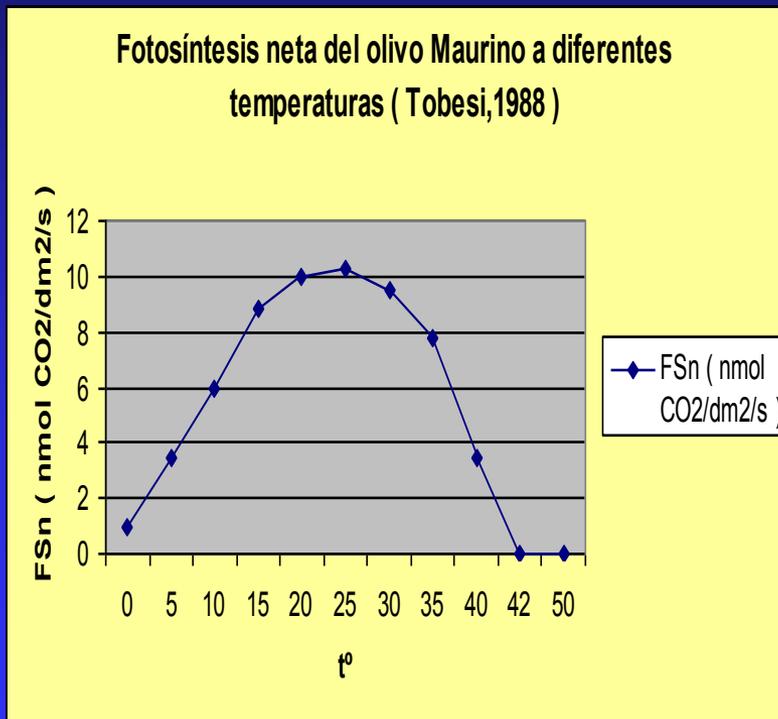
# FOTOSÍNTESIS: la ecuación



# Que es fotosíntesis ?:

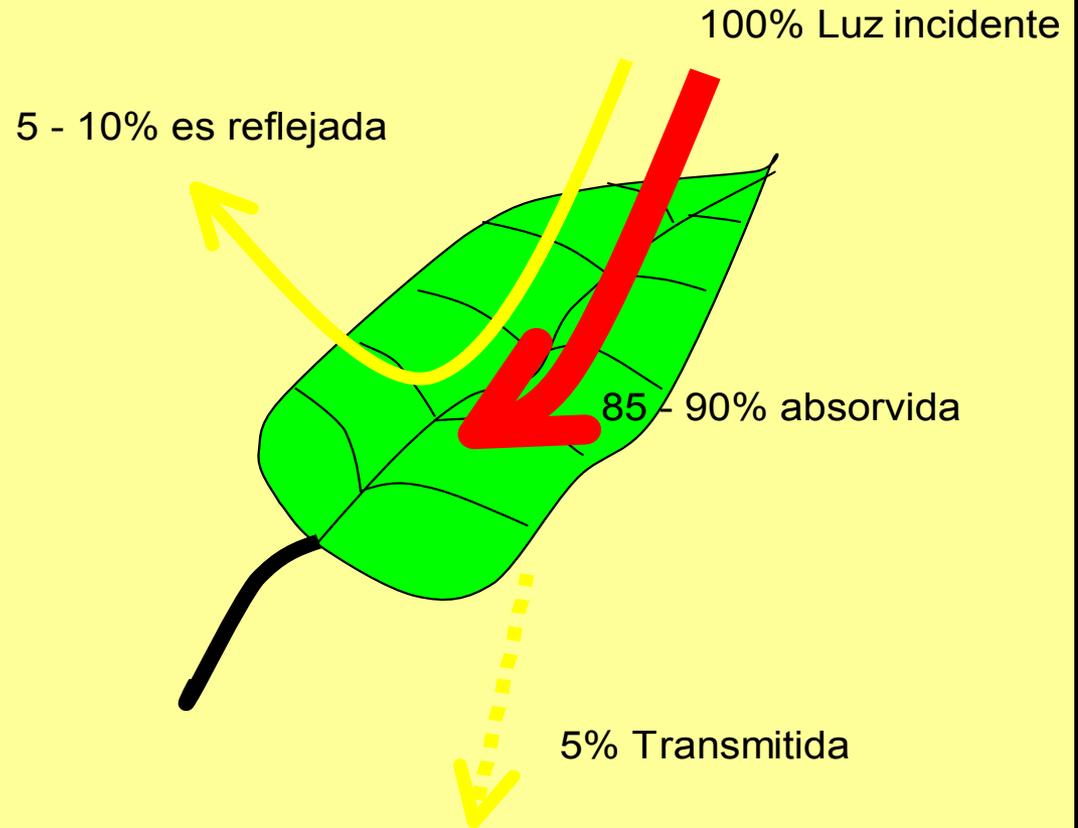
- Es el proceso mediante el cual se fija químicamente el dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$  , desde el aire hasta formar carbohidratos.
- Este proceso se realiza en los cloroplastos de todo tejido verde.
- El carbohidrato obtenido es usado para producir y almacenar energía, para la formación de los “ladrillos “ del crecimiento.
- Se requiere un mínimo de 30 al 50% de la luz incidente para máxima fotosíntesis.

# La actividad fotosintética:



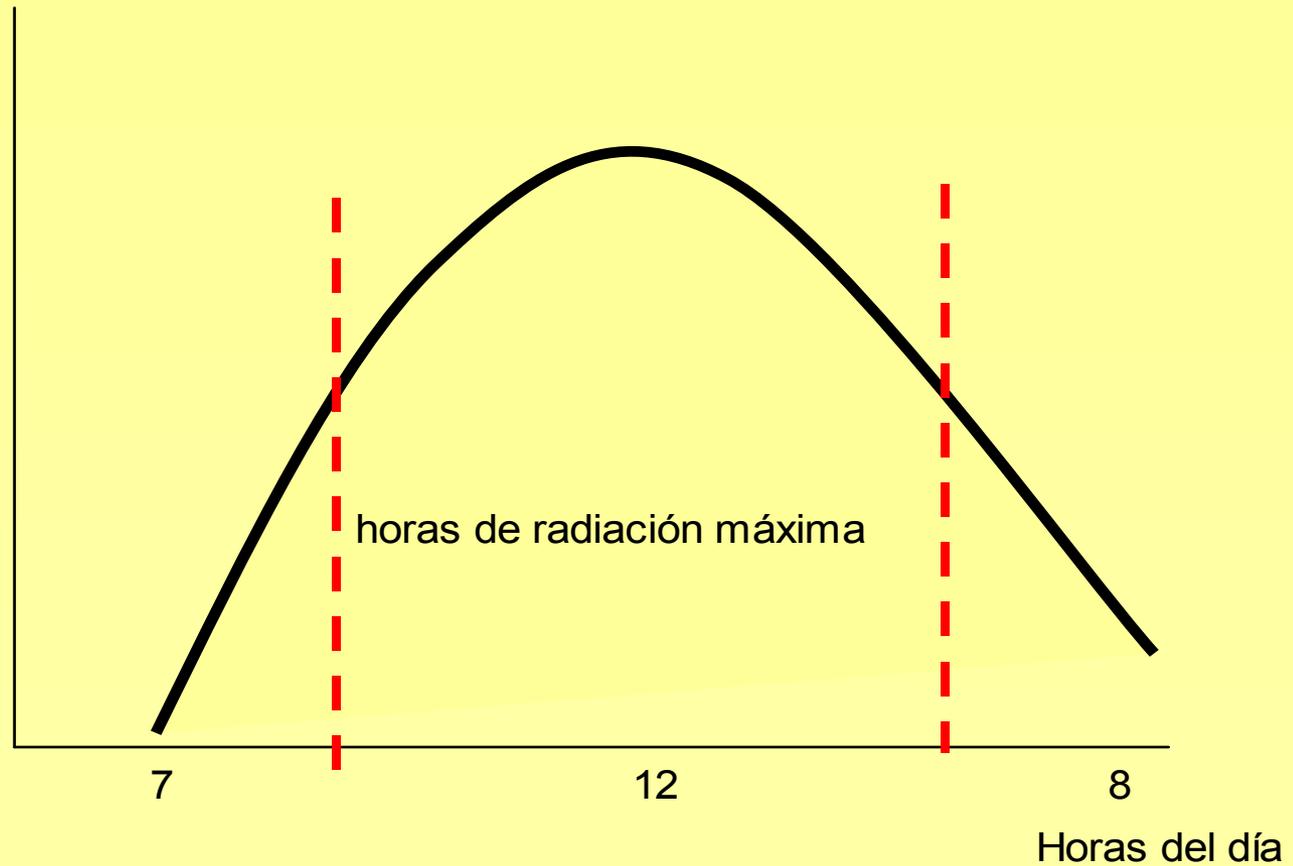
- El rango óptimo se sitúa entre los 20 y los 30° C ( Forsyth y Hall, 1965 ).
- Siempre baja la FN desde 35°C y se detiene a 45°C.

# La luz y su eficiencia



## Curva normal de Radiación diaria

Intensidad de luz %



# Aportes de carbohidratos:

## ■ Hojas de dardos:

### ◆ Fundamentales para:

- ◆ Inicio crecimiento
- ◆ División celular
- ◆ Cuaja

## ■ Hojas de brindillas y brotes:

- ◆ Desde 20 – 40 días en adelante, son las proveedoras para:
  - ◆ Término de la división celular.
  - ◆ Elongación celular.
  - ◆ Vida diaria.
  - ◆ Raíces, Reservas

# Eficiencia de uso de la luz:



- Está directamente relacionada la cantidad de CO<sub>2</sub> asimilado por mmol de FF con la temperatura.

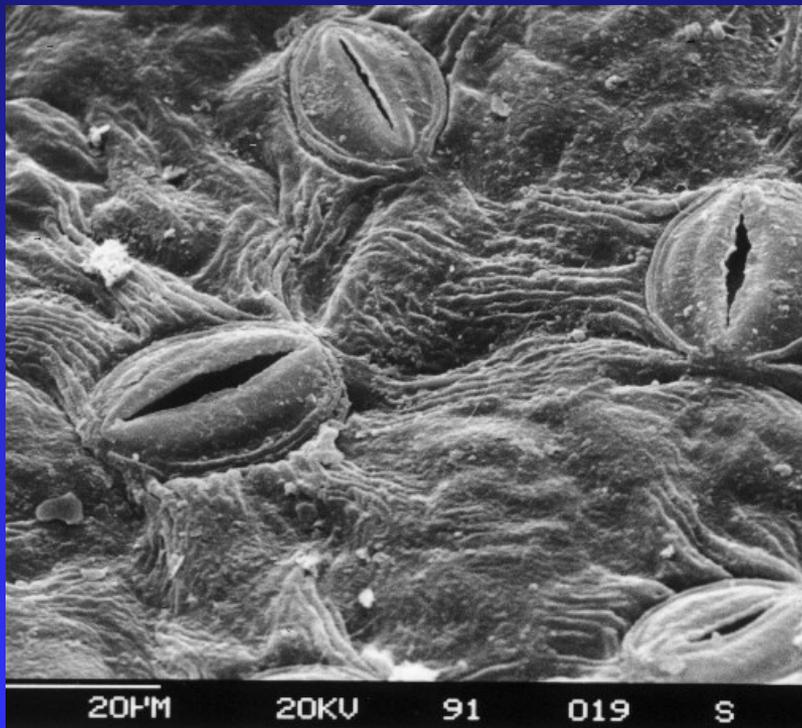
# Tasa fotosintética:

- En Mz, las hojas de brotes tienen, a fin del verano, una FS neta 3 veces mayor que las hojas de dardos ( mas viejas ).
- Los árboles de Mz con fruta transpiran mas agua que los sin fruta a igual IAF.

# Energía recibida:

- En plantas tipo C3, la diferencia en cantidad de materia seca acumulada está más dada por la diferencia en intercepción de luz, que por la capacidad de conversión de ésta.
- En Gil,G; según Monteith,1981

# Tasa fotosintética:



- El intercambio de gases que regula este factor, **depende absolutamente de la apertura de los estomas**
- Varía con la edad de la hoja, siendo máxima en guindo a los 40 días con 80% expansión y 15 a 30 días después de máximo tamaño en Mz.

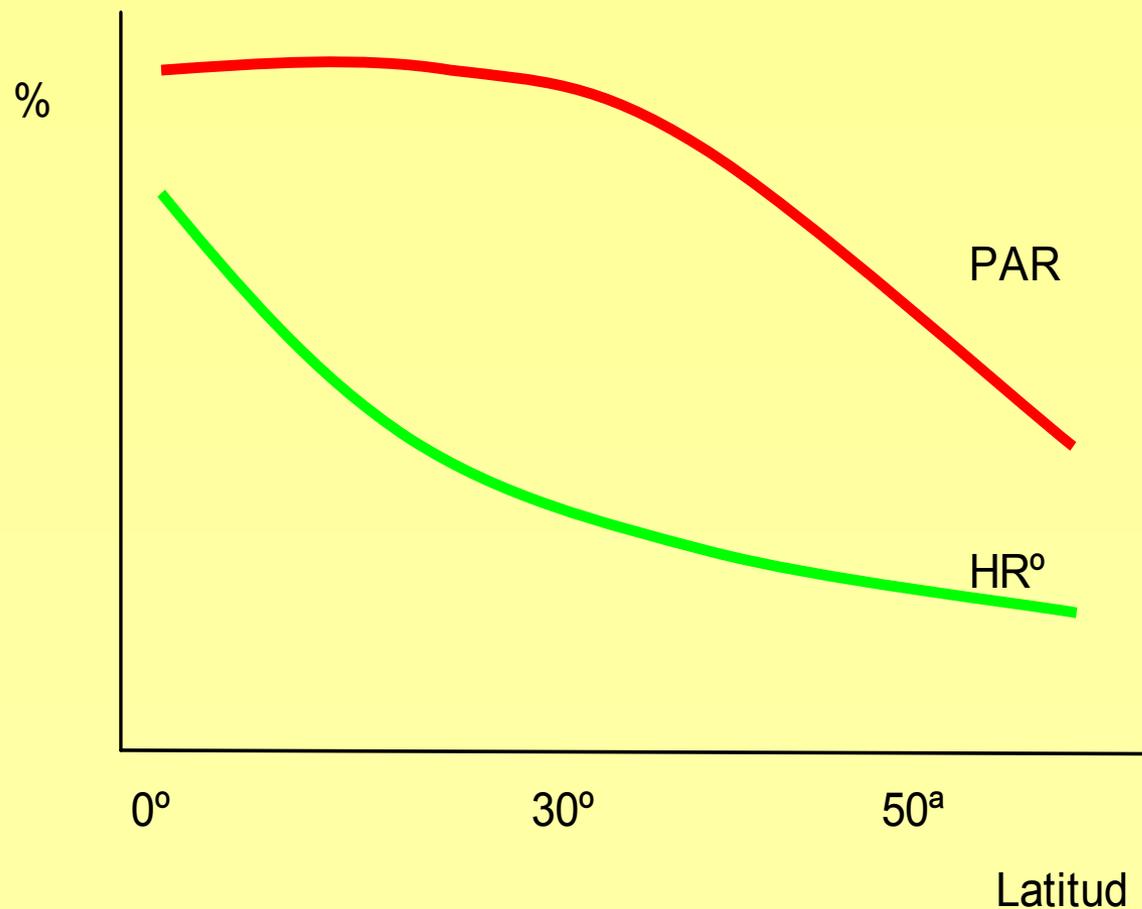
**Actividad y utilidad de dos diferentes tipos de brotes, Brindillas y Chupones en árboles del tipo Delicious, pleno verano ( Barritt, 1982 )**

Tipo brote	Area foliar cm <sup>2</sup>	Largo cm	Fotosíntesis	
			Por área mg CO <sub>2</sub> por dm <sup>2</sup> /hora	Por brote mg CO <sub>2</sub> por brote/hora
<b>Brindilla</b>	<b>704</b>	<b>43</b>	<b>21</b>	<b>148</b>
<b>Chupón</b>	<b>512</b>	<b>72</b>	<b>6</b>	<b>34</b>

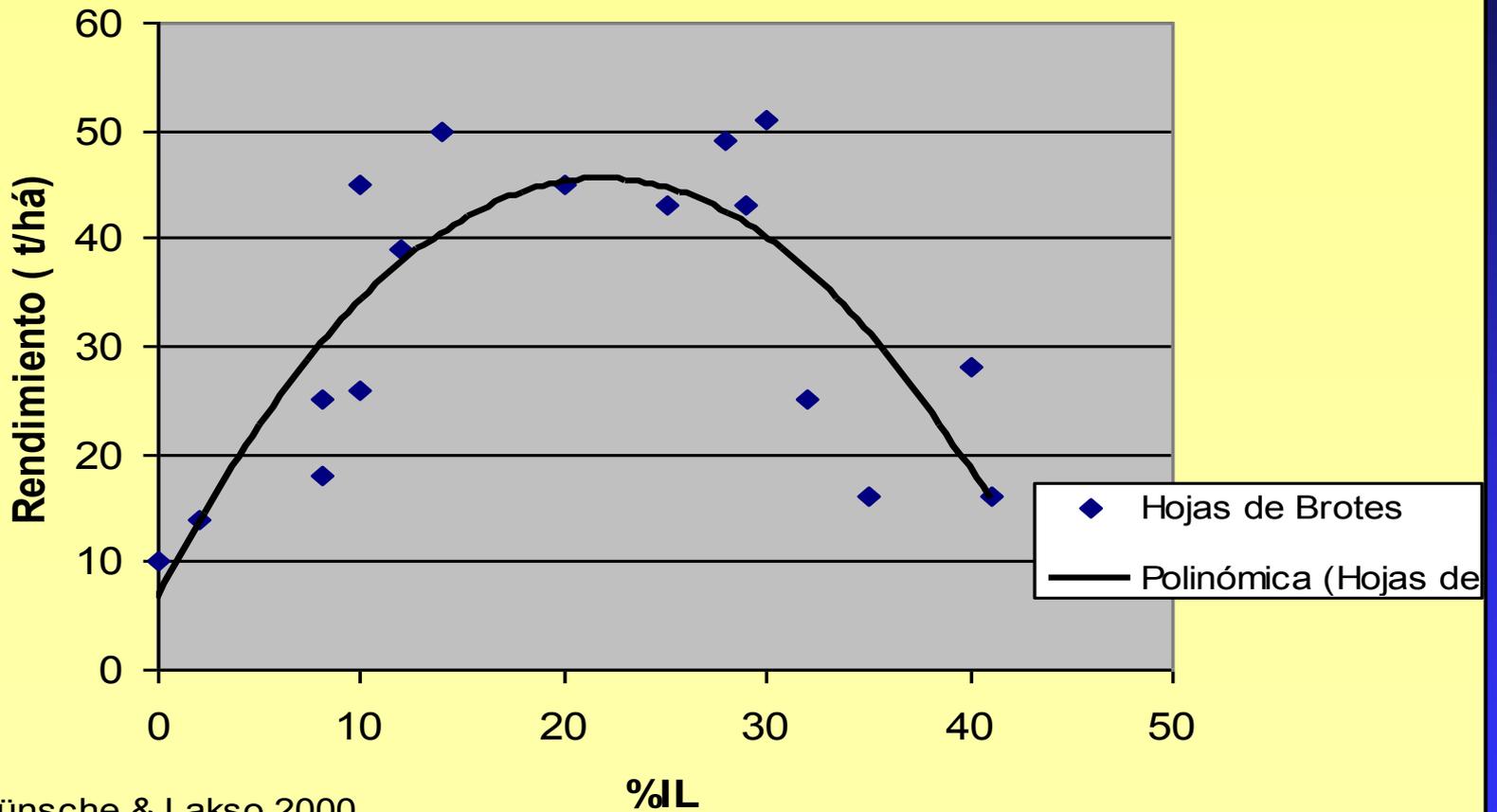
# La respiración:

- Se realiza en oscuridad.
- Realizada por hojas, tallos y raíces puede hacer perder una parte importante de la Fotosíntesis Neta ( FN ), pérdida que se cuadruplica a 25°C con respecto a 15°C.

## Relación entre Latitud , PAR y Humedad Relativa



## Relación Entre Rendimiento/há e Intercepción Lumínica, hojas brotes



Wünsche & Lakso,2000



## Importancia relativa de la superficie de los diferentes tejidos de Mz en dos sistemas de conducción:

Forma árbol	Árboles en dormancia ( % )		
	Tronco	Ramas	Brotes
Eje central	2,1	19,2	78,7
Seto/ Espaldera	6,8	41,2	52,0

De Herrington et al., 1981

Forma árbol	Árboles pleno follaje ( % )			
	Tronco	Ramas	Brotes	Hojas
Eje central	0,5	3,5	13,1	83,0
Seto / espaldera	0,2	1,5	5,3	93,0

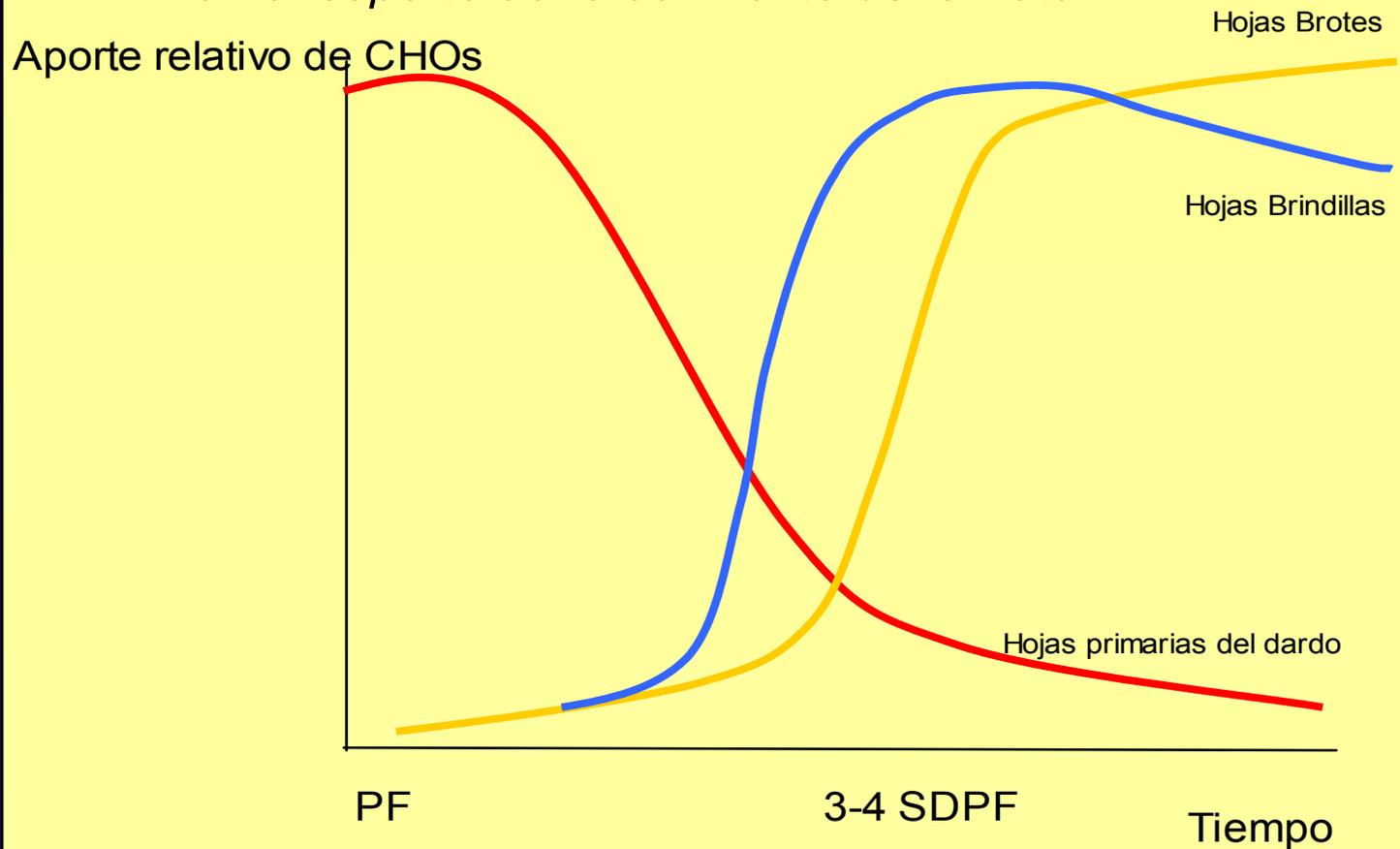
De Herrington et al., 1981

# Distribución porcentual del área de las hojas según origen:



- Desde dardos con fruta:  
15 – 25%
- Desde dardos sin fruta:  
30 – 40%
- Desde brotes  
30 – 40%

## Importancias relativas de diferentes estructuras en el soporte del crecimiento de la fruta



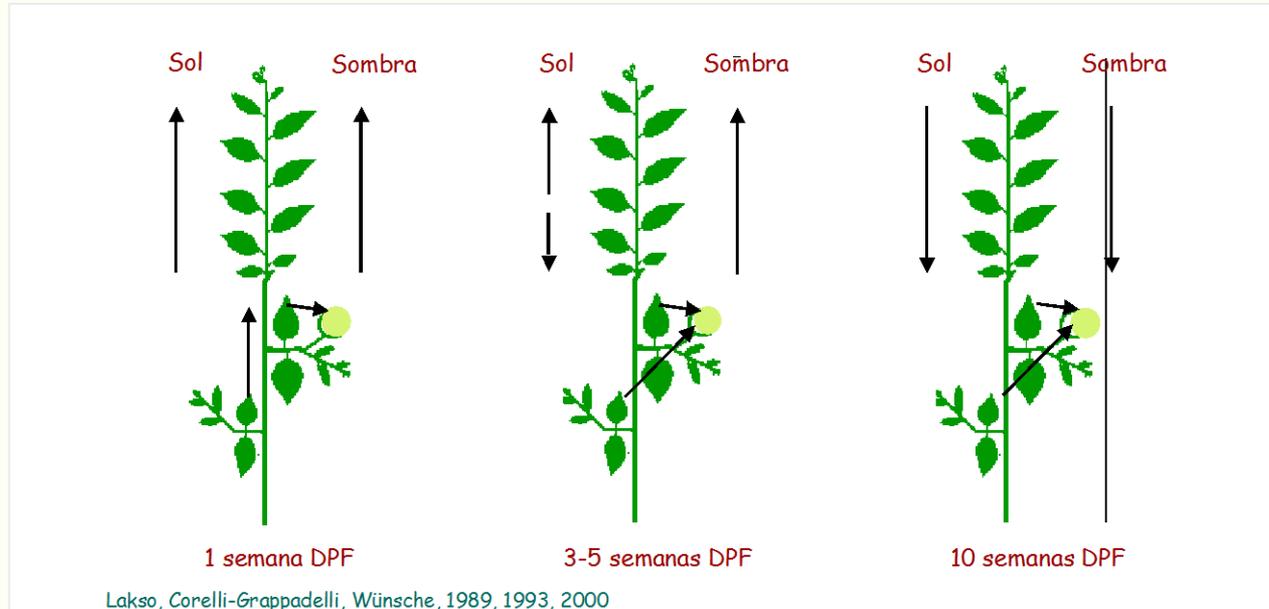


19/12/2010

Mauricio Frias G. / Ingeniero  
Agrónomo / Consultor Privado /  
mauriciofrias@123.cl

# Partición de los Carbohidratos

Partición de los carbohidratos desde hojas de dardos, brotes terminales y chupones como aporte al crecimiento de la fruta, según las condiciones de iluminación



- EFICIENCIA  
FOTOSINTÉTICA:  
Repartición de carbohidratos.

# Utilización de la radiación total anual 40

Limitantes	Factores Limitantes
Luz recibida	100%
50% PAR	50% Clima
75% Período de crecimiento	37,50% Zona
40% Promedio LI	15% <b>Diseño de huerto</b>
5% Eficiencia PN	0,75% Fotosíntesis
35% Respiración	0,26%
60% índice de cosecha de luz	0,16% Repartición
J.Wunsche,2002	40 t/há

# Utilización de la radiación total anual 60

Limitantes	100% Factores Limitantes
50% PAR	50% Clima
75% Período de crecimiento	37,50% Zona
60% Promedio LI	23% <b>Diseño de huerto</b>
5% Eficiencia PN	1,13% Fotosíntesis
35% Respiración	0,39%
60% índice de cosecha de luz	0,24% Repartición
J.Wunsche,2002	150,0%
	60 t/há

# • INTERCEPCIÓN LUMÍNICA:

19/12/2010

Mauricio Frias G. / Ingeniero  
Agrónomo / Consultor Privado /  
mauriciofrias@123.cl

# Qué se entiende por Intercepción Lumínica:

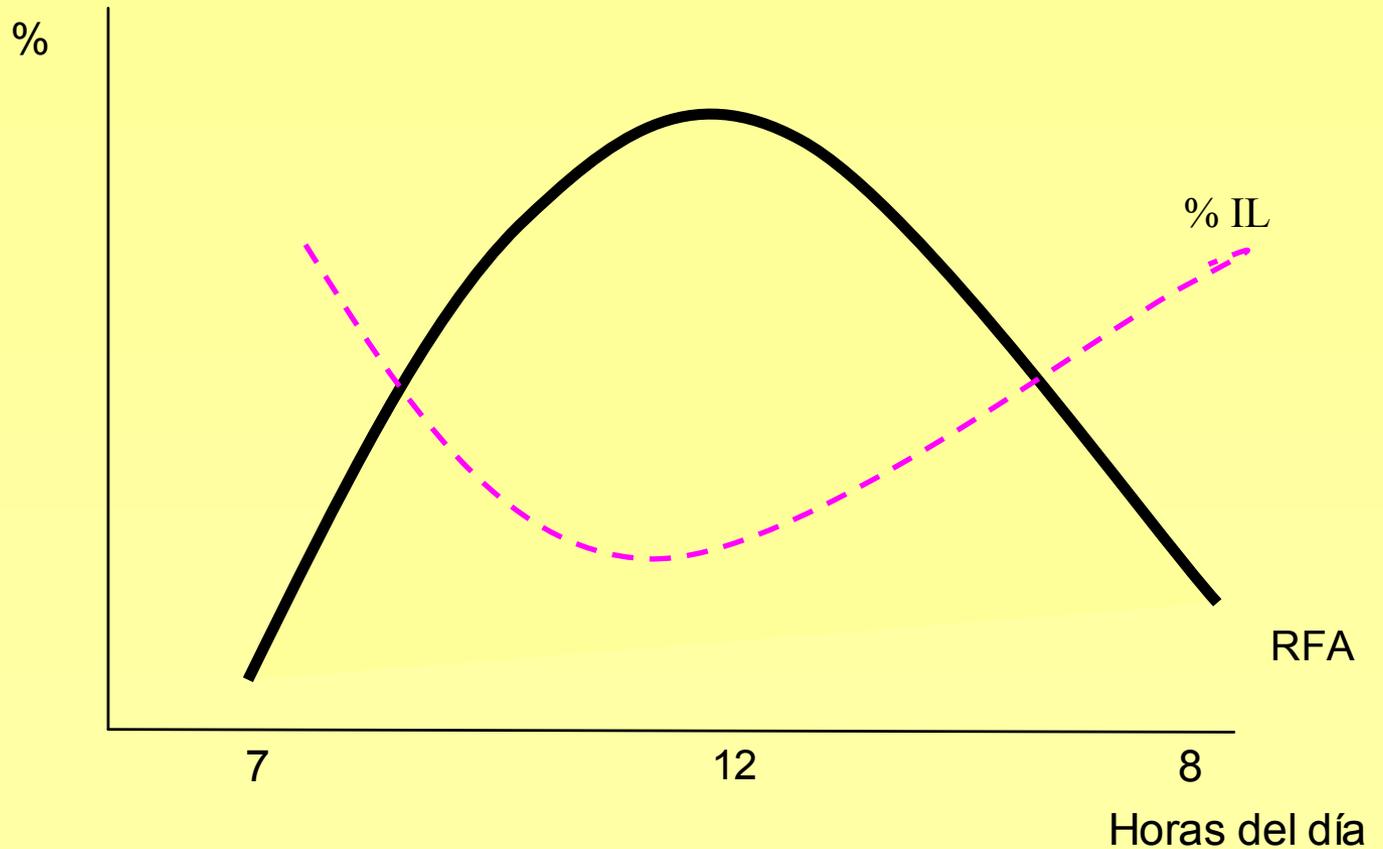
- Es la porción de la luz solar que es interceptada por todas las partes de la planta, y que en función directa de la cantidad, actúa como cofactor fundamental del proceso fotosintético y de otras actividades fisiológicas propias de los vegetales.

# Qué captura la luz?: La estructura

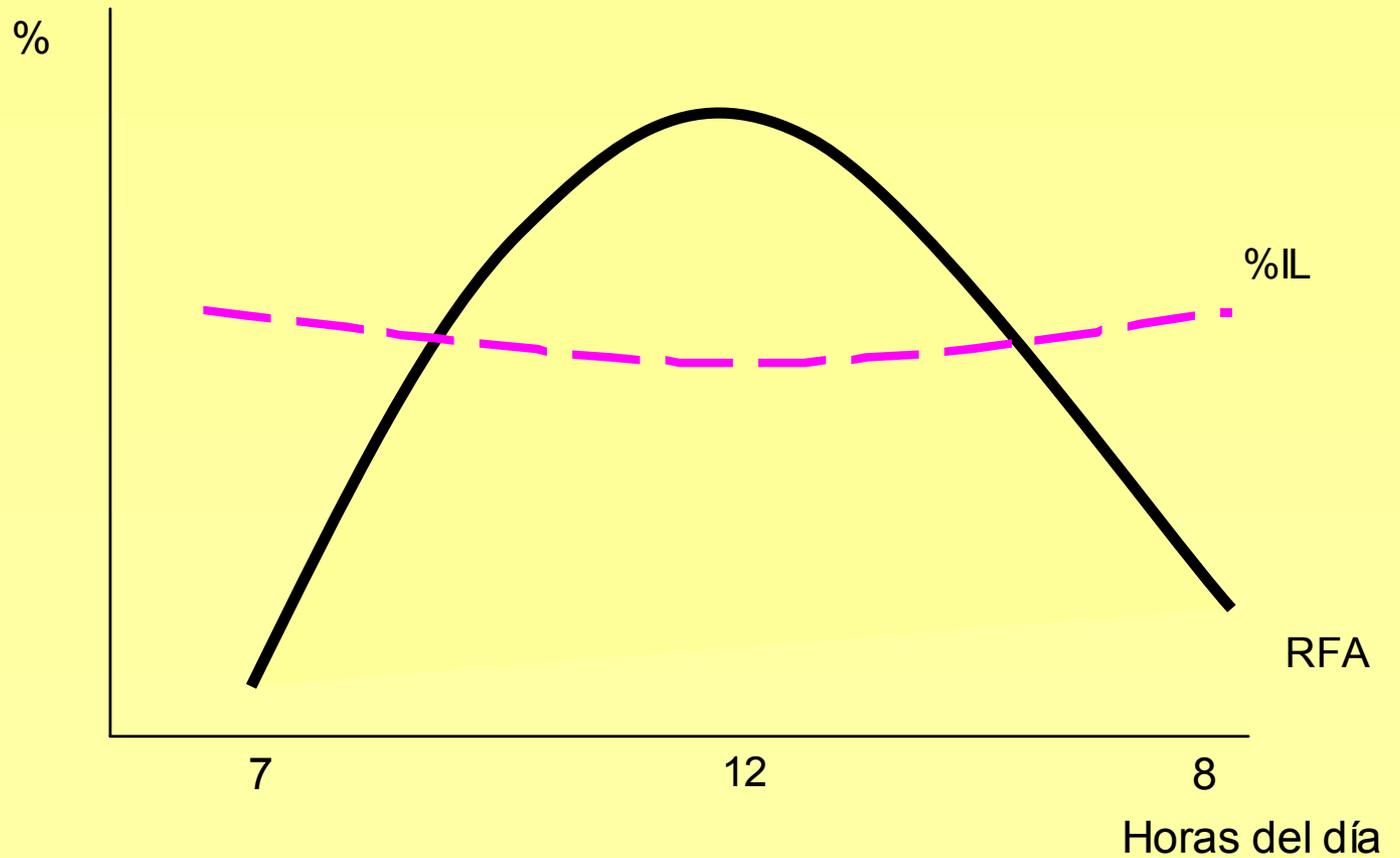


- En huertos viejos y voluminosos, hasta 60% es la estructura.
- En huertos jóvenes, con menos estructura permanente, puede llegar hasta el 25 –30%
- Mientras mayor proporción sea capturada por el follaje, mejor, mas efectivo.

## Cosecha de la luz diaria, hileras N-S



## Cosecha de la luz diaria, hileras E-W



# Porqué atrapar la luz presenta problemas?:

- Porque la planta crece en sentido horizontal y vertical.
- Porque esto genera necesidades de adecuada iluminación a diferentes niveles dentro de la planta.
- Porque la posición de las ramas, hojas y brotes y su densidad, bloquean el paso de la luz.

# % de Intercepción Lumínica:

- Aproximadamente un 50% de la luz que se recibe es fotosintéticamente activa ( RFA ).
- La IL tiene relación directa con el rendimiento / há.
- La IL tiene relación directa con el color hasta un cierto valor y luego, la relación es inversa.
- Variedades con colores verdes o amarillos pueden tener % IL mas altos.

### *Intercepción total PPF(mol m<sup>2</sup>) en día soleado, cielo claro*

Portainjerto	Distancia m	Densidad pl/há				
			North	East	South	West
MM.106	5x3	667	11.4b	19,6	5,4	8,7
M.26	4x2	1250	8.5b	16	3,9	12
Mark	4x2	1250	25.2a	23,3	10,9	12,5
LSD(P=0.05)			P=00.1	NS	NS	NS

Tustin et al.,2001.

Resúmen	
N+S	E+W
16,8	28,3
12,4	28,0
36,1	35,8

Adaptado por MFG

### *Intercepción total PPF(mol m<sup>2</sup>) en día nublado.*

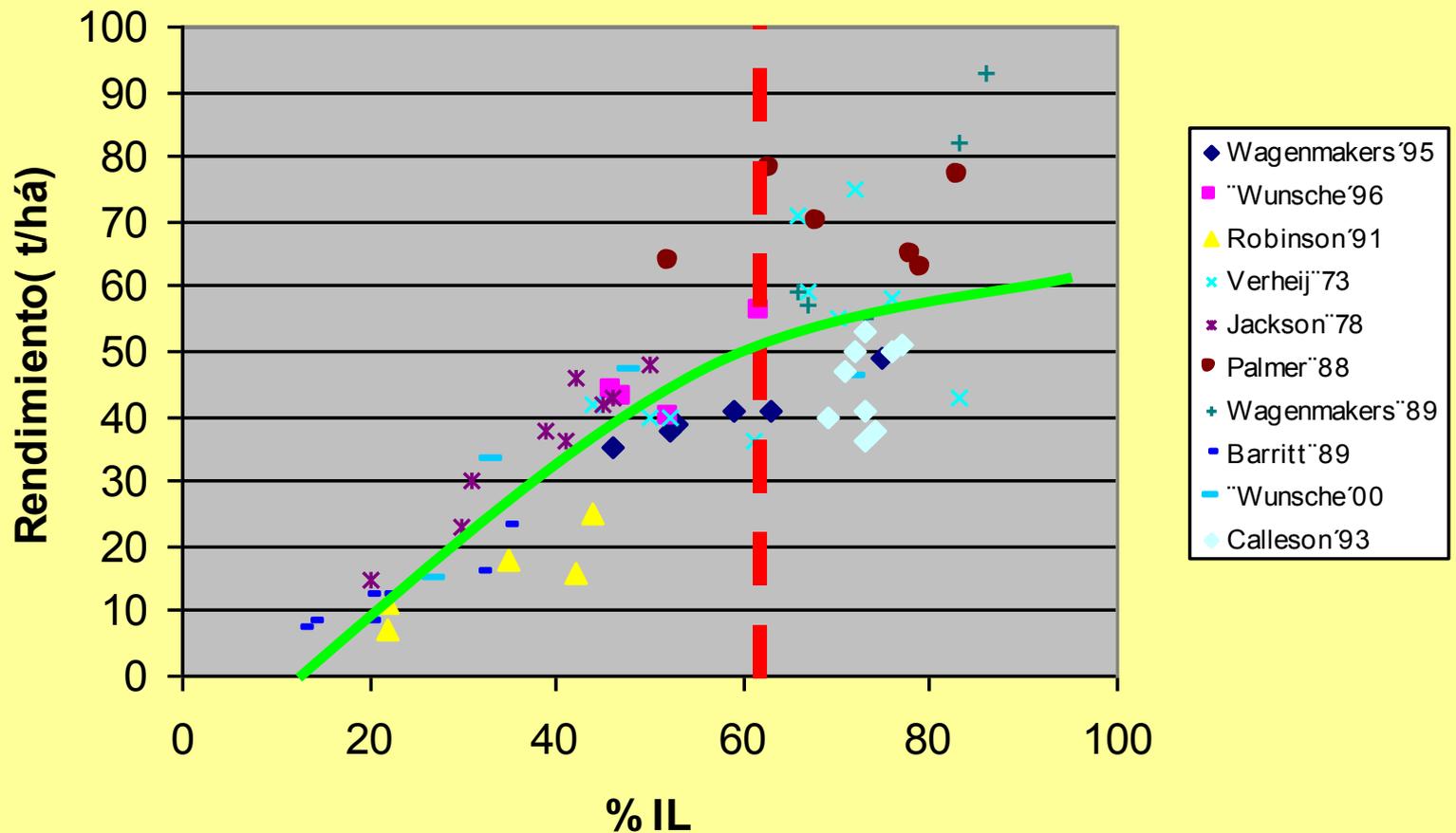
Portainjerto	Distancia m	Densidad pl/há				
			North	East	South	West
MM.106	5x3	667	2.7b	4,7	2.1b	3,5
M.26	4x2	1250	1.8b	5	1.7b	3,9
Mark	4x2	1250	5.5a	5,7	4.0a	4,7
LSD(P=0.05)			P=00.1	NS	P=0.05	NS

Tustin et al.,2001.

Resúmen	
N+S	E+W
4,8	8,2
3,5	8,9
9,5	10,4

Adaptado por MFG

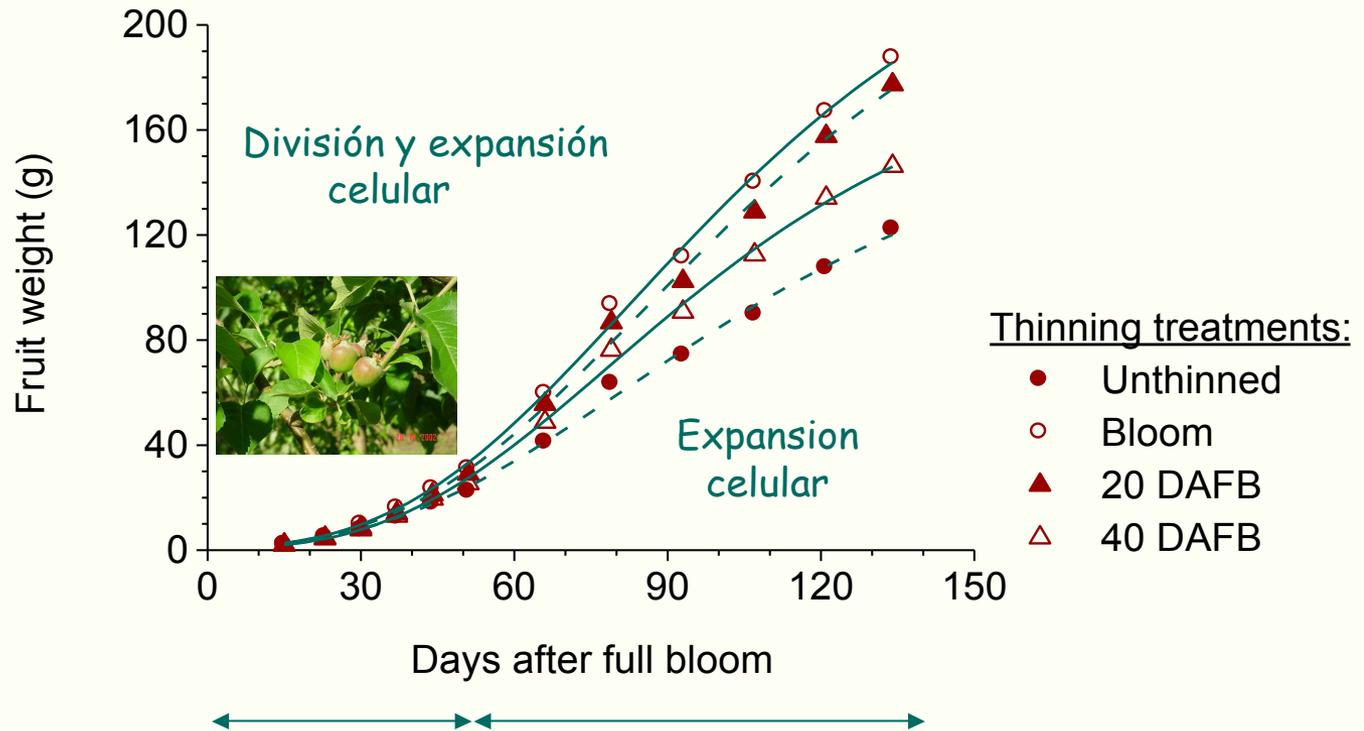
## Relación entre IL y Rendimiento en diferentes cvs. de MZ, J.Wünsche, varios autores



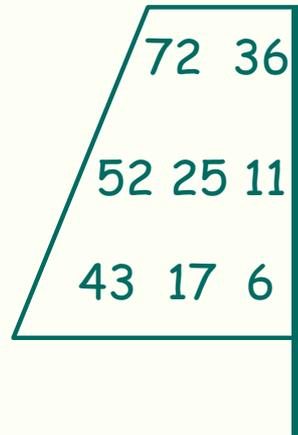
# Energía recibida: Efectos

- Catania, Italia,  $37,5^{\circ}$  Lat. Norte, se recibe 60% mas energía que en Geisenheim, Alemania,  $50^{\circ}$  Lat. Norte entre Mayo y Octubre.
- Mz en  $51,3^{\circ}$  Lat. Norte , expuesto a 15% mas de radiación que Mz en  $55,3^{\circ}$  Lat. Norte, ha rendido 20% mas, con un mismo IAF.

## Crecimiento estacional del fruto de Mz - Raleo

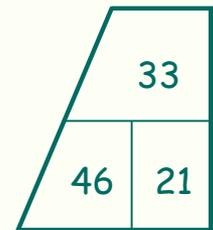


## La transmisión de la luz influencia la calidad de la fruta

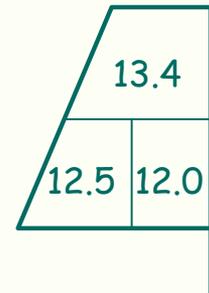


**% luz transmitida**

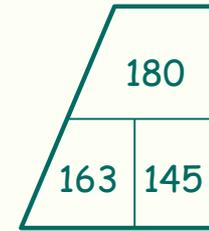
(Warrington et al., 1989)



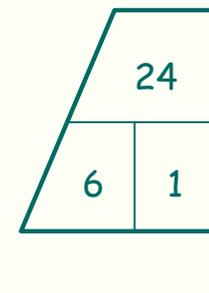
**Distribución  
frutos %**



**Concentración  
S. solubles (%)**



**Peso medio  
Del fruto(g)**



**% frutos con  
>10% color rojo**

# Cosecha de luz:

- En Mz con 2.000 a 2.400 pl/há, en diseño cuadrado, el límite de IL para calidad de fruta es de 70%.
- Muchos huertos considerados buenos, tienen niveles de IL de entre 50 y 55%, por el espacio necesario para el tránsito de maquinaria.

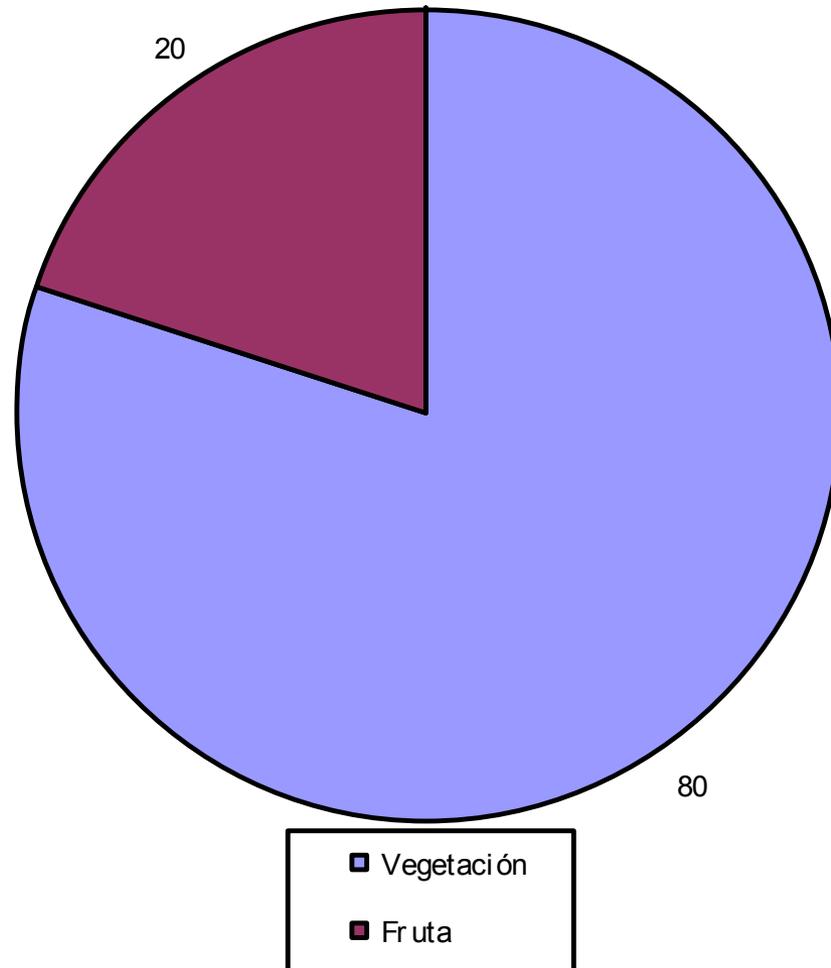
# •EFICIENCIA: Portainjertos

19/12/2010

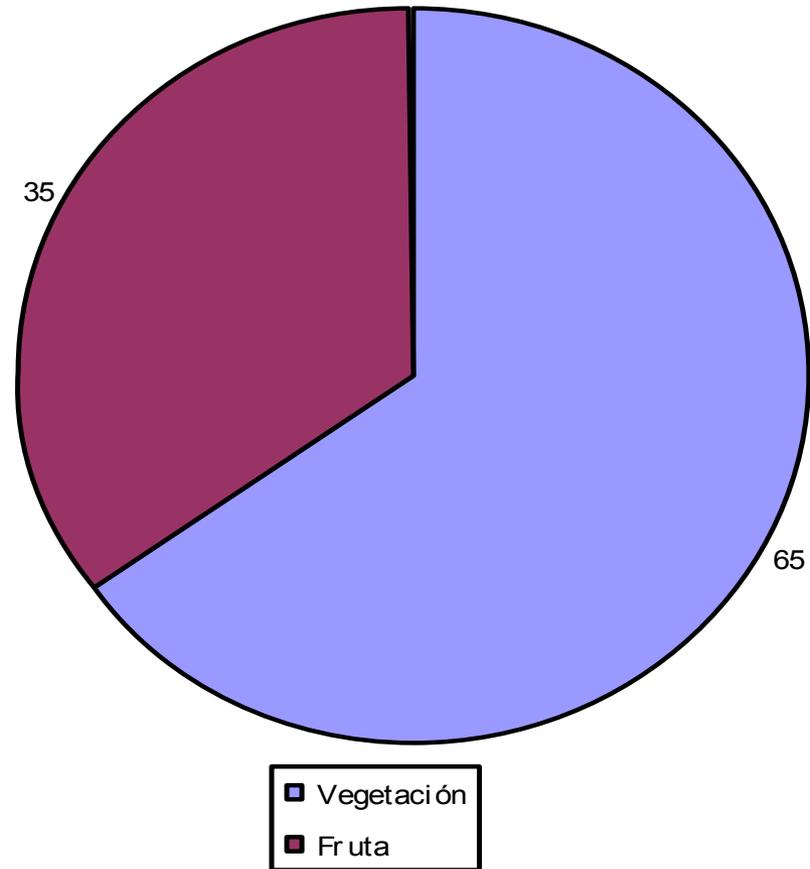
Mauricio Frias G. / Ingeniero  
Agrónomo / Consultor Privado /  
mauriciofrias@123.cl

58

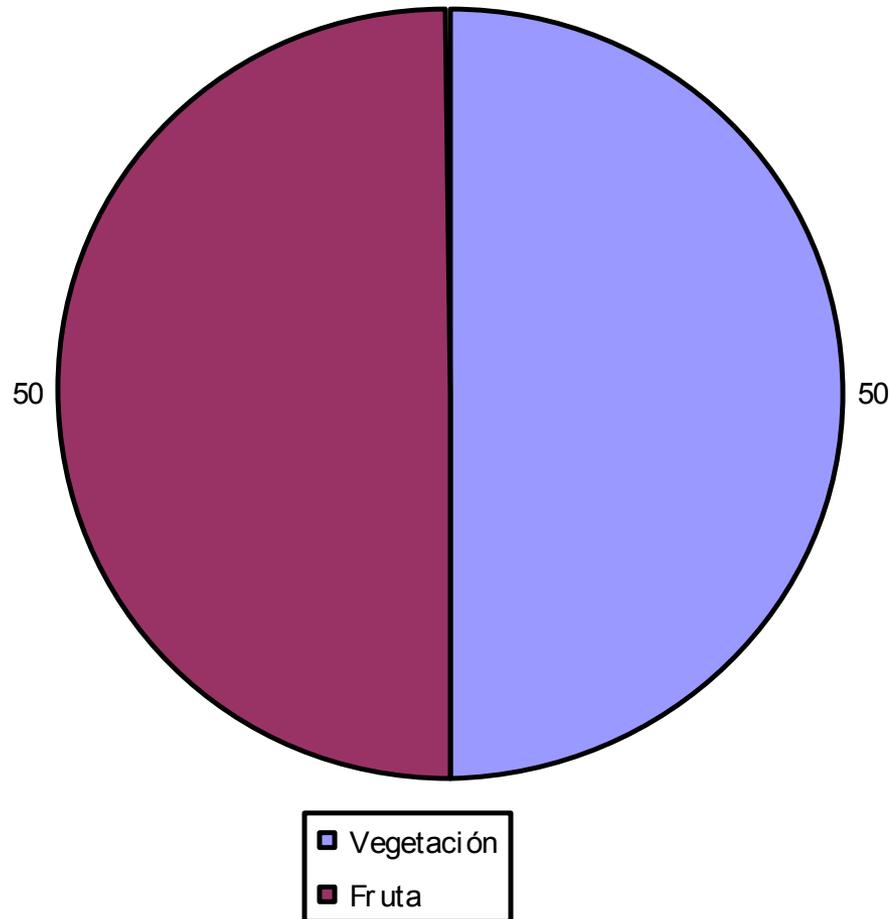
### Destino Fotosintatos / Portainjerto Franco



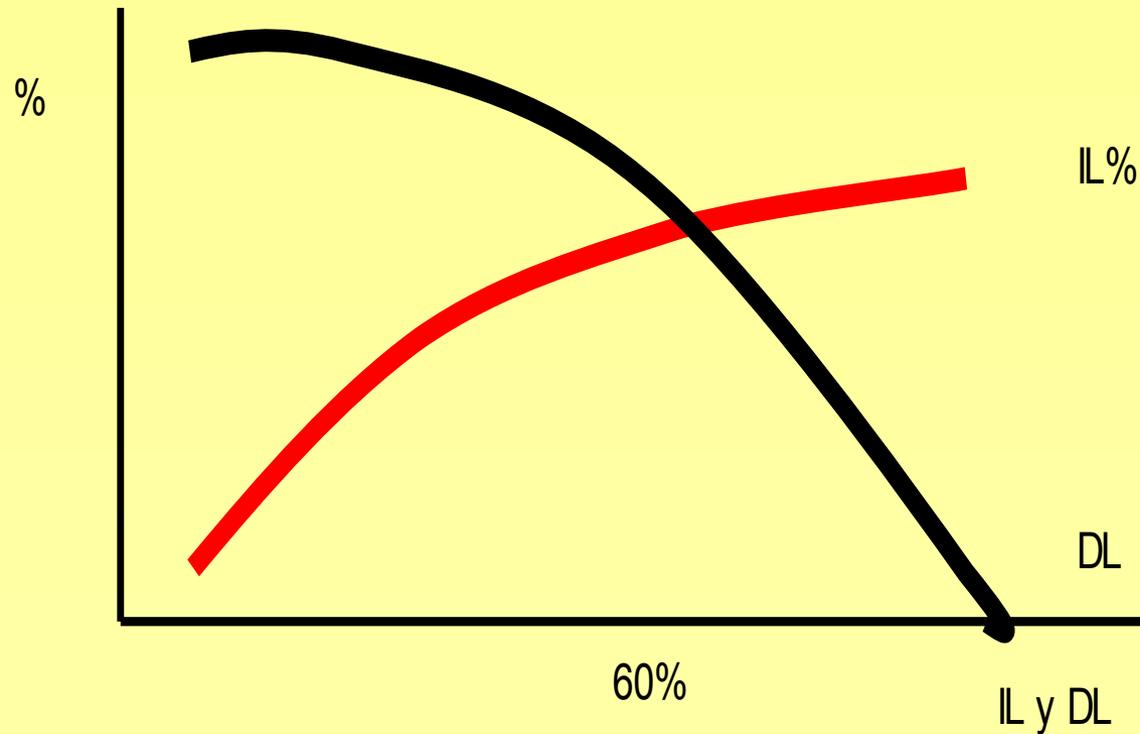
**Destino Fotosintatos / Portainjerto**  
**MM 106**



## Destino Fotosintatos / Portainjerto EM 9



## Relación entre Intercepción Lumínica ( IL ) y Distribución de Luz ( DL )



# Cual es la mejor manera de tener menor cuaja, producción y calidad:?

- Pobre desarrollo de follaje entre PV y PF.
- Causas probables:
  - ◆ Demasiadas ramas.
  - ◆ Enfermedades fungosas.
  - ◆ Bajas temperaturas, heladas.
  - ◆ Demasiadas flores.
  - ◆ Tiempo seco, sequía

# •DISTRIBUCIÓN DE LA LUZ:

19/12/2010

Mauricio Frias G. / Ingeniero  
Agrónomo / Consultor Privado /  
mauriciofrias@123.cl

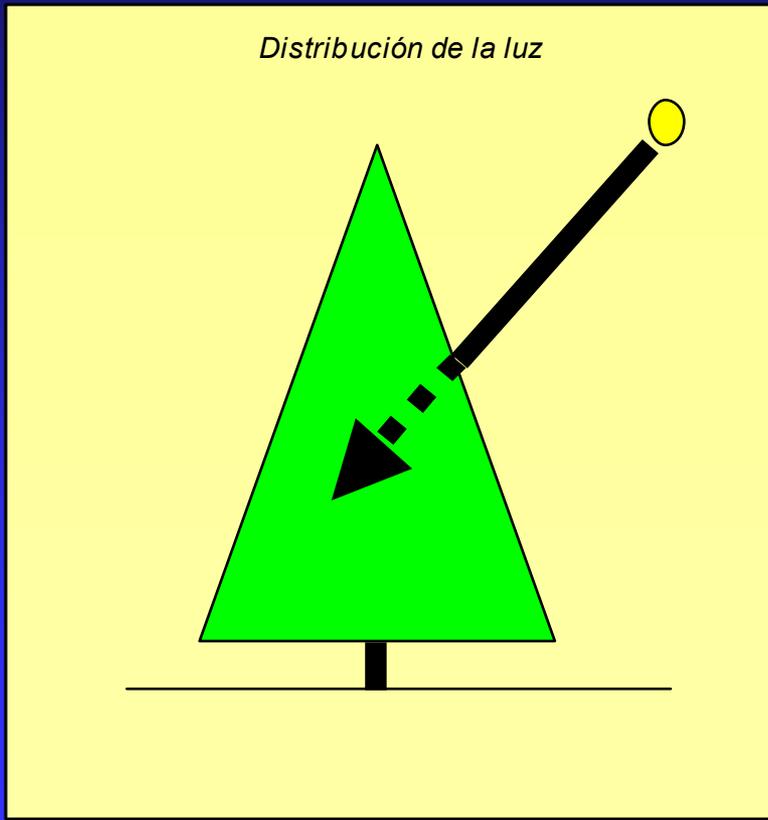
# La distribución de la luz:

- En Mz, a 2 metros de profundidad se ha medido 30% de la radiación externa ( Rom,1991)
- En vid, la segunda capa de hojas recibe 15% de la luz, y 15 cm mas adentro, solo el 5% ( Smart,1985 ).
- En naranjos y paltos de copa densa, a 30 cm puede entrar el 7% de la luz ( Green y Gerber,1967 ).

# La distribución de la luz:

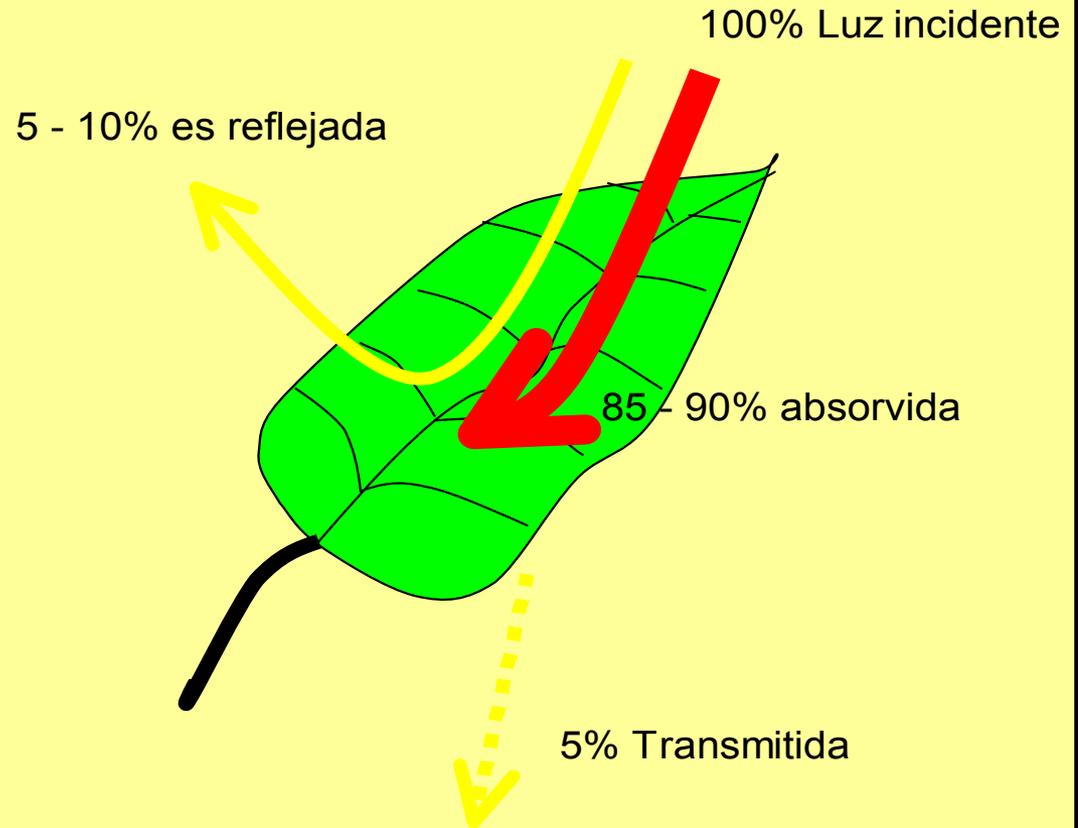
- Depende de muchos factores:
  - ◆ Densidad del follaje.
  - ◆ IAF.
  - ◆ Orientación y forma de las hojas.
  - ◆ Viento.
  - ◆ Posición respecto del sol.
  - ◆ Transmisión de la luz directa y difusa.

# La distribución de la luz:



- La radiación lumínica que la planta recibe en el exterior de la copa, penetra en ella según la ley de Beer-Lambert, según IAF y Coeficiente de Extinción.

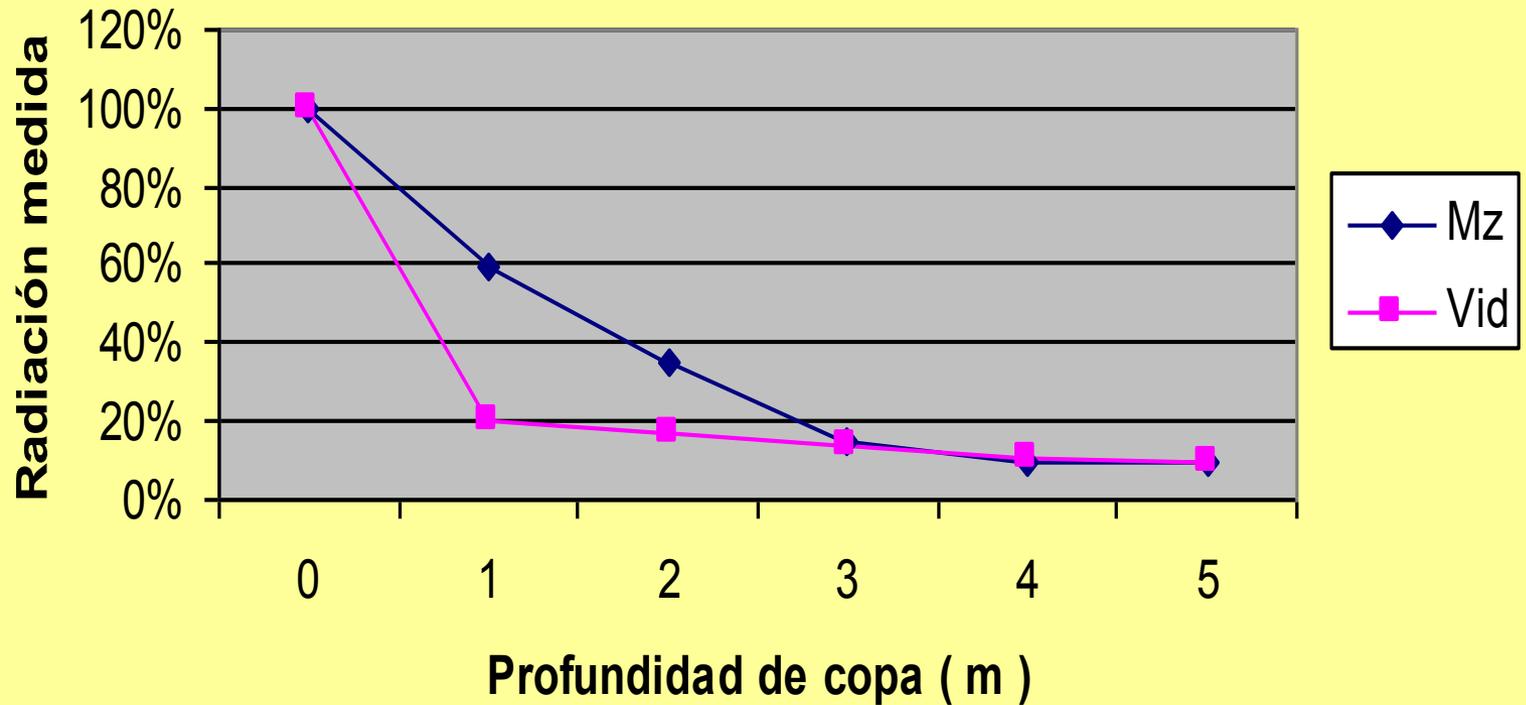
# La luz y su eficiencia



# La distribución de la luz:

- Aproximadamente el 85-90% de la luz que llega a una hoja es absorbida por esta.
- Cerca de un 5% logra atravesar la hoja y continuar hacia las capas mas profundas.
- Cerca de un 5-10% es reflejada por la hoja.
- La tasa de pérdida de la luz es una función exponencial del número de hojas y del grosor de el follaje.

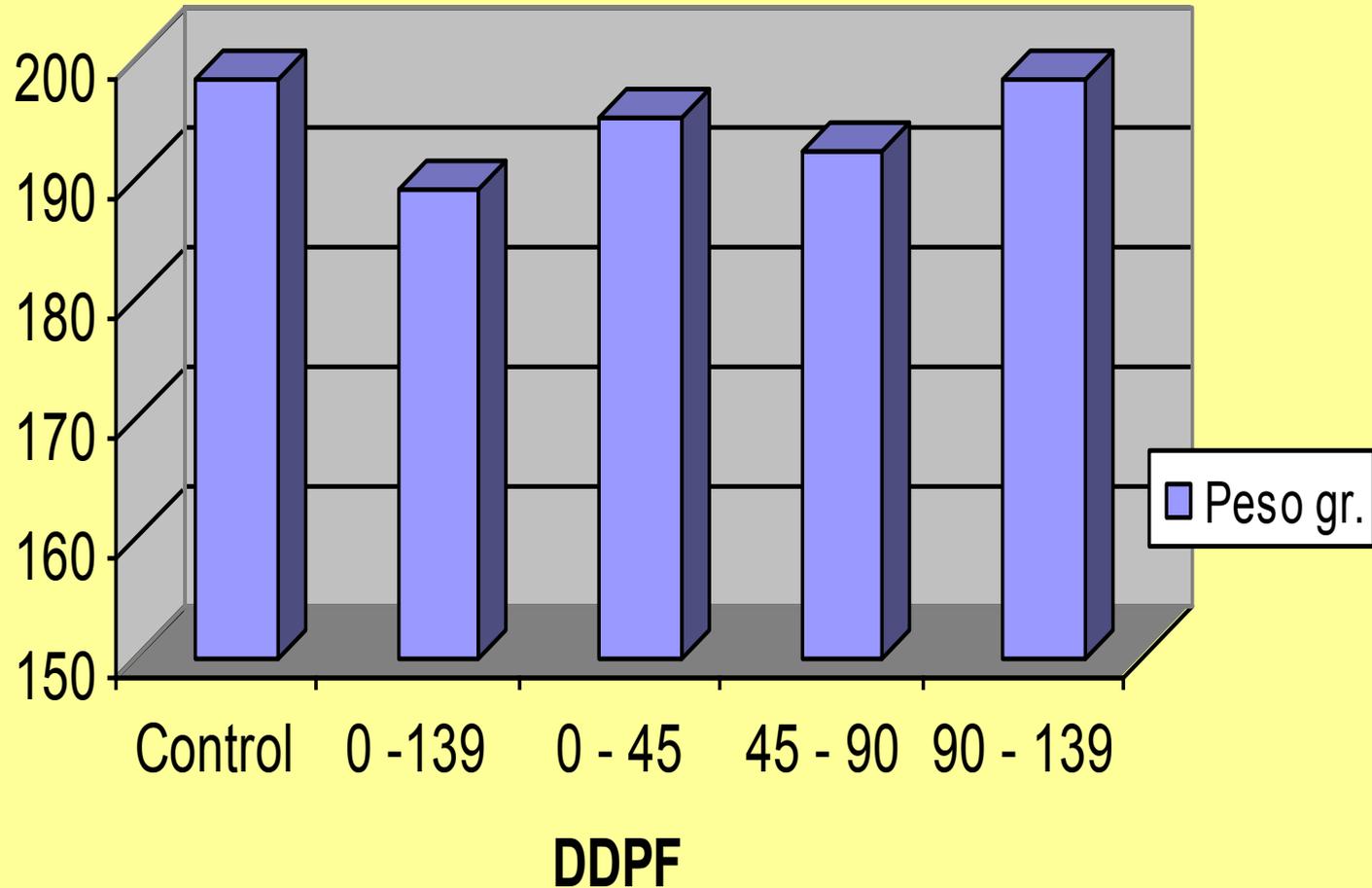
## Extinción de la radiación en copas de Mz y Vid, Smart,1985;Rom,1991



# Implicancias de la transmisión de luz:

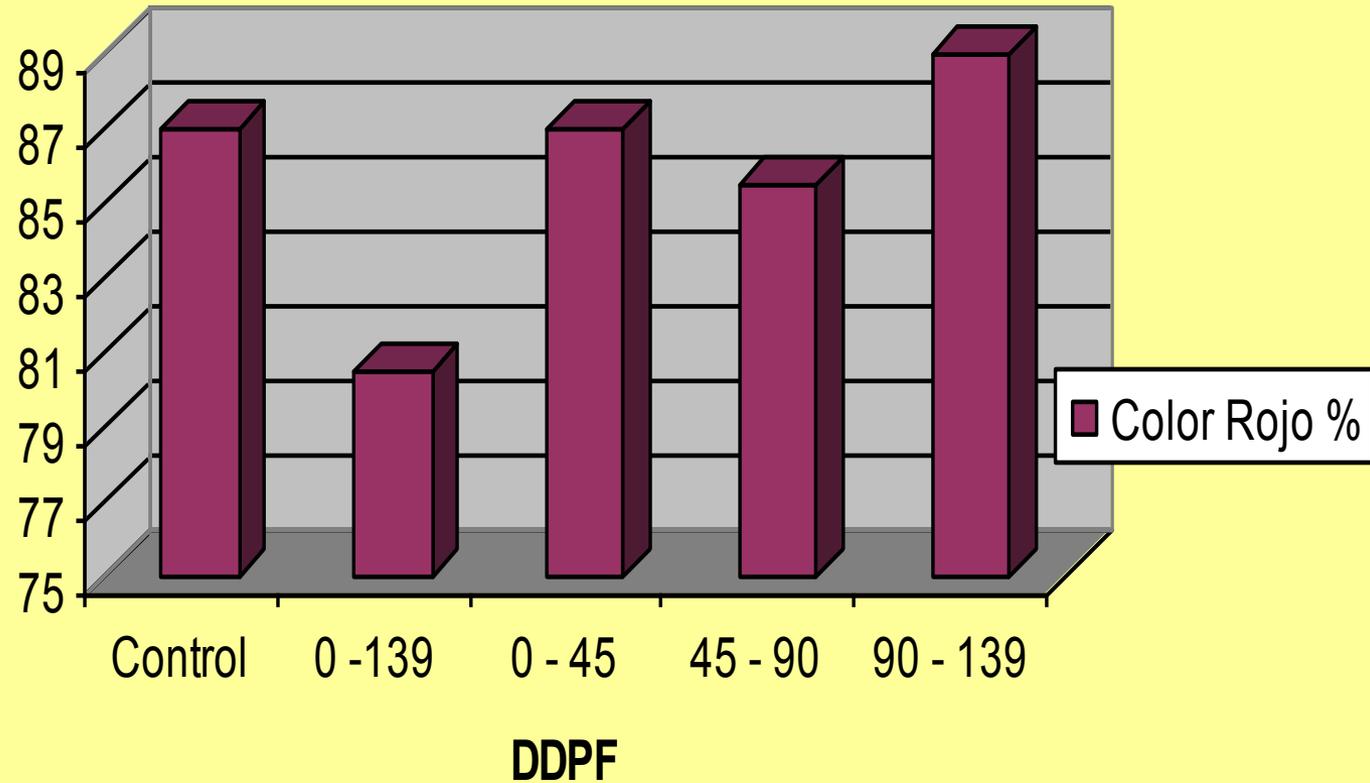
- Después de dos metros de follaje atravesado, la luz puede estar a niveles del 30% del total.
- Esta cifra es insuficiente para sostener la actividad básica de la planta.
- Frecuentemente , mas del 30% de una planta recibe menos del 30% de la luz intensa que requiere.
- El interior y parte baja de la planta de torna improductivo y consumidor, compite con la producción de fruta en la misma planta. **AUTOCOMPETENCIA**

## Sombreamiento( malla 63% ) vs Peso del fruto ( gr ).



Barritt et al.,1982

## Sombreamiento ( malla 63% )vs Color Rojo del fruto ( % )



Barritt et al.,1982

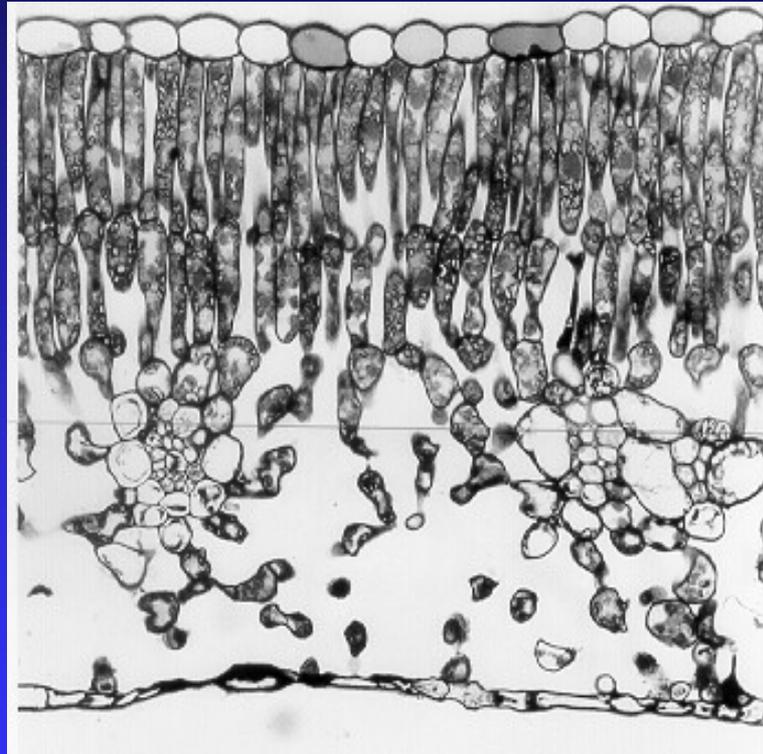
# Cuando un árbol fue sombreado:

- Tiene una especie de memoria que lo hace recordar la situación en la que estuvo, básicamente deficitaria de carbohidratos, que implica que , aunque se solucione la falta de luz, igualmente tendrá:
  - ◆ Menos flores, menos cuaja, frutos mas pequeños.

# Efectos de la sombra:

- Dardos sombreados hasta recibir 33% de la radiación total, redujeron su capacidad de cuaja entre 20 y 40% ( Rom, 1989 ).
- Períodos de sombreamiento de hasta 3 días cercano a la PF, disminuyen significativamente la cuaja. Una alta nubosidad en ese período crítico debe entonces ser considerada como potencial ayuda para raleo.

# La densidad de la hoja:



***Influencia de la región de la copa en el peso específico de la hoja de diferentes partes de una planta de Granny Smith, varios sistemas***

Tipo de copa	<b><i>Región de la copa ( peso específico:mg/cm<sup>2</sup>)</i></b>		
	Arriba	Afuera-abajo	Adentro-abajo
Eje Central			
Jóven	12.1	10.9	7.9
Establecido	11.2	10.0	7.4
Ápice	12.7	10.2	6.8
Eje	12.8	11.9	7.7
Multilíder	11.5	11.1	7.3
Orientación:			
N-S	10.3	8.0	6.0
E-W	11.8	7.4	6.6

Warrington et al., 1990

# Hojas sombreadas:

- Son mas grandes,mas delgadas, con menos capas de células de empalizada,mayor concentración de clorofila.
- Producen menos fotosintatos /cm<sup>2</sup>, se saturan con menos luz. Ej: hojas de vid cv. Sultana iluminada se satura con 7.000 pié-bujía y consume 26 mg de CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>/s. Una sombría se satura con 4.000 pié-bujía y consume 16 mg de CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>/s.

Kriedemann y Smart,1971

# El sombreamiento:

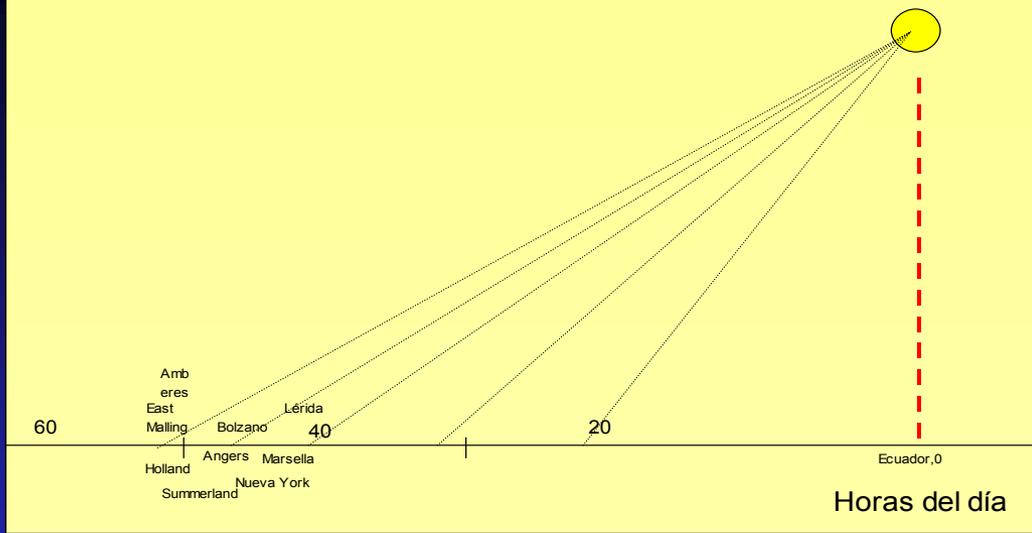
- Plantas de gran tamaño y de copa redonda, normalmente poseen hasta el 50% del volúmen de su copa ( el interior ), recibiendo menos del 30% de la radiación ( Heinicke, 1963; Looney, 1968.
- Esta proporción sombría disminuye con:
  - ◆ Plantas mas pequeñas.
  - ◆ Con plantas de forma trapezoidal o triangular.

# COSECHA DE LUZ:Controversia

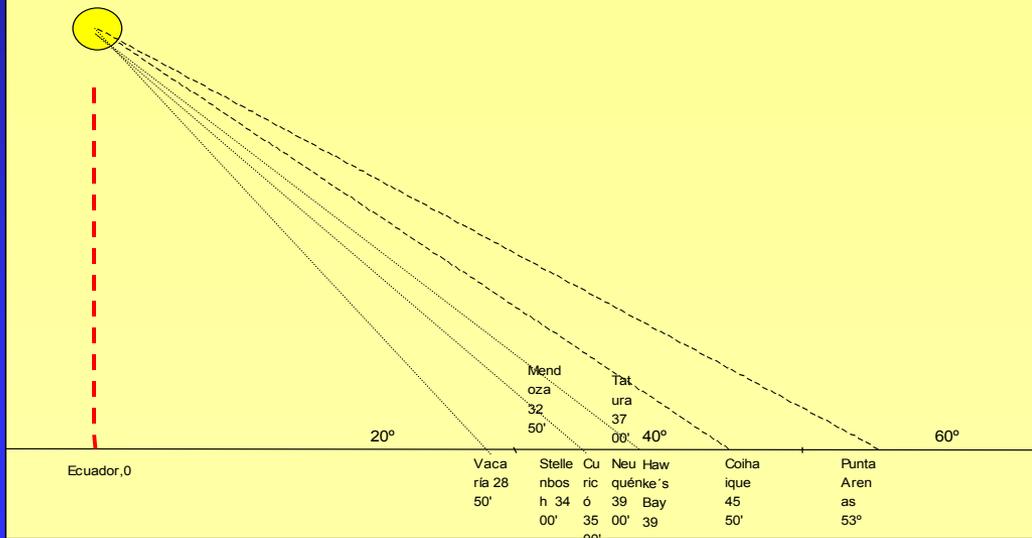
- Máxima intercepción de luz vs Acceso para peatones y maquinaria.

# •EL EFECTO DE LA LATITUD:

### Latitud de las principales zonas frutícolas, Hemisferio Norte



### Latitud de las principales zonas frutícolas, Hemisferio Sur



## ***Latitudes principales zonas frutícolas pomáceas***

<b>H. Norte</b>	<b>Latitud °N</b>	<b>H. Sur</b>	<b>Latitud ° S</b>
<b>Groningen ( Ho )</b>	<b>51 30'</b>	<b>Vacaría ( Bra )</b>	<b>28 50'</b>
<b>East Malling ( Uk )</b>	<b>51 20'</b>	<b>Perth ( Au )</b>	<b>32 00'</b>
<b>Amberes ( Be )</b>	<b>51 15'</b>	<b>Mendoza ( Ar )</b>	<b>32 50'</b>
<b>Summerland ( Ca )</b>	<b>49 50'</b>	<b>Stellenbosh ( SA )</b>	<b>34 00'</b>
<b>Angers ( Fr )</b>	<b>47 25'</b>	<b>Montevideo ( Ur )</b>	<b>35 00'</b>
<b>Yákima ( USA )</b>	<b>46 30'</b>	<b>Curicó ( Ch )</b>	<b>35 00'</b>
<b>Bolzano ( It )</b>	<b>46 30'</b>	<b>Tatura ( Au )</b>	<b>37 00'</b>
<b>Marsella ( Fr )</b>	<b>43 15'</b>	<b>Temuco ( Ch )</b>	<b>38 40'</b>
<b>Nueva York ( USA )</b>	<b>42 50'</b>	<b>Rio Negro ( Ar )</b>	<b>39 00'</b>
<b>Lérida ( Es )</b>	<b>41 40'</b>	<b>Valdivia ( Ch )</b>	<b>39 40'</b>
		<b>Hawke´s Bay ( NZ )</b>	<b>39 50'</b>
		<b>Puerto Montt ( Ch )</b>	<b>41 30'</b>
		<b>Coihaique ( Ch )</b>	<b>45 50'</b>
		<b>Punta Arenas ( Ch )</b>	<b>53 00'</b>

## ***Efecto de la orientación de la hilera en la IL***

Fecha 1 de Enero

Alto 3 m

DEH 3,5 m

Distancia libre 1,5 m

IAF 2

Ubicación 37° Latitud Sur

Hileras	Grados desviación al Oeste	% IL	% N-S
N-S	0	49,7	100%
	15	49,5	100%
	30	49,0	99%
	45	47,7	96%
	60	45,2	91%
	75	42,0	85%
E-W	90	41,9	84%

Fuente: Contacto personal John Palmer, 2003

# Latitud:1

- Gran interacción entre latitud y orientación de las hileras, desde el punto de vista de IL.
- Incrementos de rendimiento del 58% en D'Anjou y 34% en Williams en hileras orientadas N – S, comparadas con hileras E - O ( Lombard & Westwood, 1977, 42°N).
- Incrementos de cosecha del 17% para manzanos N – S , comparados con hileras E – W ( Christensen, 1979 , 55.3°N).

# Latitud:2

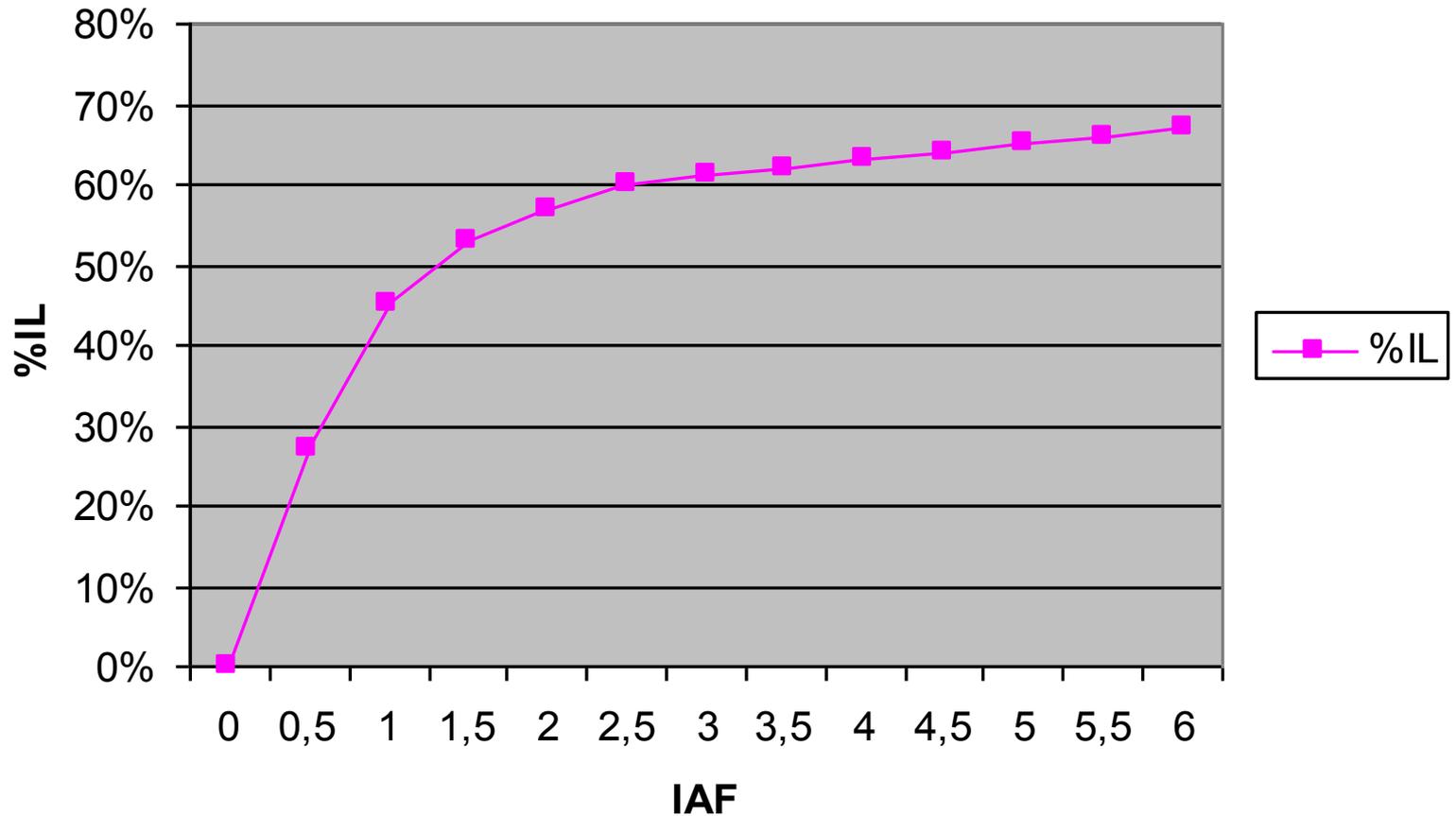
- Hasta 50% mas de cosecha en la cara asoleada de hileras E – O de durazneros ( DeJong & Doyle, 1985, 36.7°N ).
- El efecto de la orientación de las hileras en la IL es mayor a latitudes menores y con plantas altas.

# •EL INDICE DE ÁREA FOLIAR: IAF

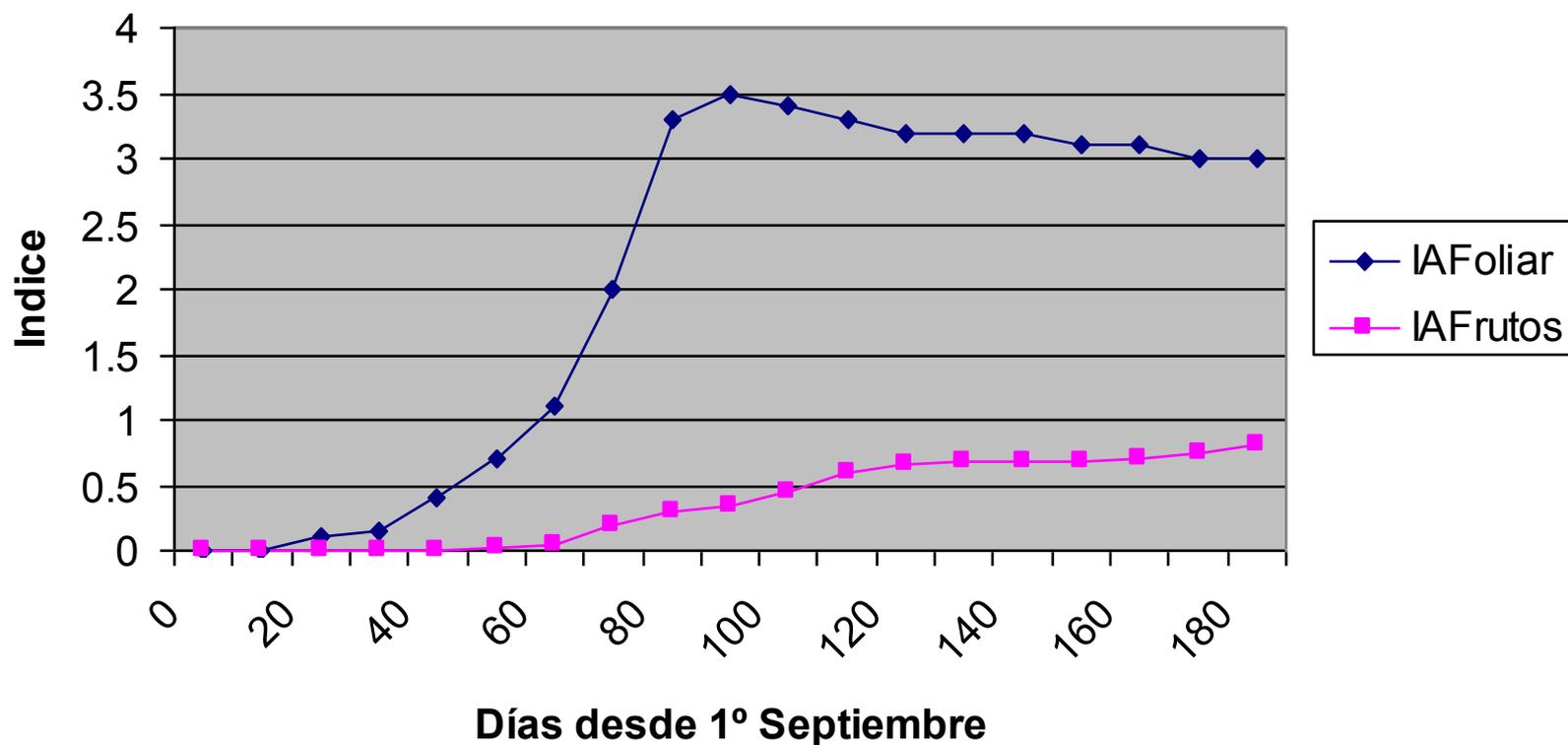
# • Índice de Área Foliar: **IAF**

- Es el número resultante de la división de la superficie del total de las hojas de una planta o total de plantas de una hectárea, por la superficie que ocupa la planta o la há.
- Ej:  $\frac{28.000 \text{ m}^2 \text{ de hoja/há}}{10.000 \text{ m}^2 \text{ de superficie}}$
- IAF : 2,8

## Relación entre IAF y %IL, Mz



## Variación estacional del IAFoliar y del IAFrutos Mz



## ***Crecimiento anual de brotes , Fuji, injertado sobre MM106,M26 y M9.***

Portainjerto	Distancia m	Densidad pl/há	Crecimiento anual brotes ( m/planta )			
			Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
MM.106	5x3	667	6.9a	55.6a	114.4a	199.5a
M.26	4x2	1250	5.4ab	33.3b	68.8b	104.1b
Mark	4x2	1250	4.2b	12.9c	26.2c	34.6b
LSD(P=0.05)			2	15.5	16.7	74

Tustin et al.,2001.

## *Intercepción de luz, plantas Fuji sobre diferentes portainjertos y densidades.*

Portainjerto	Distancia m	Densidad pl/há	Intercepción de luz (% RFA )		
			Año 3	Año 4	Año 5
MM.106	5x3	667	37ab	54b	59b
M.26	4x2	1250	44a	60a	64a
Mark	4x2	1250	29b	42c	42c
LSD(P=0.05)			9,2	4,2	4,3

Tustin et al.,2001.

## *IAF para Fuji sobre diferentes portainjertos, 7<sup>o</sup> hoja, toda la planta*

Portainjerto	Distancia m	Densidad pl/há	IAF según zona			
			Base	Media	Alta	Total
MM.106	5x3	667	2.1a	0.9a	0.5a	3.4a
M.26	4x2	1250	2.0a	1.1a	0.6a	3.7a
Mark	4x2	1250	1.4b	0.4b	0.2b	1.9b

Tustin et al.,2001.

P=0.05

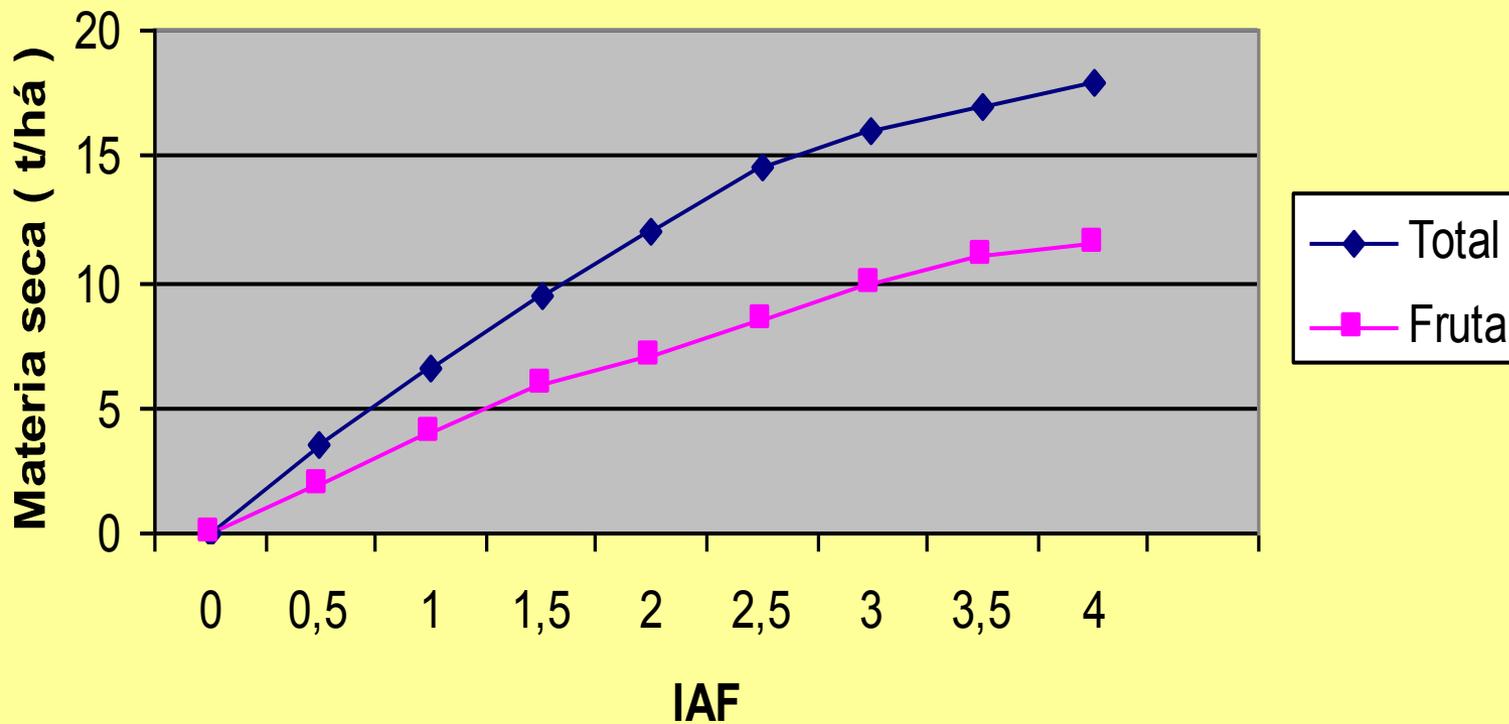
## *IAF para Fuji sobre diferentes portainjertos, 7<sup>o</sup> hoja, según tipo de brote*

Portainjerto	Distancia m	Densidad pl/há	IAF según brote		
			Hoja dardo	Hoja bolsa	Hoja Brote
MM.106	5x3	667	1.3a	0.7	1.4a
M.26	4x2	1250	1.3a	0.7	1.7a
Mark	4x2	1250	0.7b	0.6	0.6b

Tustin et al.,2001.

P=0.05

## Producción de materia seca , Mz Golden/M9 y Crispin/M27 según ITL e IAF ( Palmer 1989 ).



**Estimación de los cm2 de hoja para un determinado peso de fruto**  
**M.Faust 1989, pag 33**

Para + 100 gr peso fresco 200 cm2 de hoja  
 + 25 gr peso fresco 75 cm2 de hoja extra

100			200
125			275
150			350
175			425
200			500
225			575
250			650

50000 kilos

equivale a

250000 frutos/há

con

888 pl/ha

125000000 cm2/há

12500 m2/há

1,25 IAF

**BAJO ??**

# •EL ÍNDICE DE DENSIDAD FOLIAR: **IDF**

# • Índice de Densidad Foliar: **IDF**

- Es el número resultante de la división de la superficie del total de las hojas de una planta o total de plantas de una hectárea, por el volúmen que ocupa la planta o la há.
- Ej: 28.000 m<sup>2</sup> de hoja/há  
12.000 m<sup>3</sup> de volúmen
- IAF : 2,3

## ***IDF para Fuji sobre diferentes portainjertos, 7<sup>o</sup> hoja, según tipo de brote***

Portainjerto	Distancia m	Densidad pl/há	IDF según brote			
			Hoja dardo	Hoja bolsa	Hoja brote	Total
MM.106	5x3	667	0.91	0.48b	1.00	2.39b
M.26	4x2	1250	0.97	0.55b	1.26	2.78b
Mark	4x2	1250	1.33	1.14a	1.22	3.69a
Tustin et al.,2001.		P=0.05				

## ***Rendimiento anual para Fuji/ diferentes portainjertos en Pirámide Delgada***

Portainjerto	Distancia m	Producción anual, t/há				
		Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
MM.106	5x3	32	61	98	83	95
M.26	4x2	40	81	78	112	102
Mark	4x2	47	41	43	60	63

Tustin et al.,2001.

# La densidad de la copa:

- Tiene relación directa con el grado de sombreadamiento de la parte interior y baja de la planta.
- Puede ser cuantificada:
  - ◆ Mz: AF/VC, no mayor a 2,8.
  - ◆ Vid: AF/AC, no mayor a 1,5.
  - ◆ Vid: capas de hojas, entre 1 y 3.

# COMO SE MIDE LA INTERCEPCIÓN DE LA LUZ?

19/12/2010

Mauricio Frias G. / Ingeniero  
Agrónomo / Consultor Privado /  
mauriciofrias@123.cl

102



19/12/2010

Mauricio Frias G. / Ingeniero  
Agrónomo / Consultor Privado /  
mauriciofrias@123.cl

103



2 5 2003



28 4 2003

Galaxy / MM 106 / Eje central / Base definitiva, resto alternado



38 4 2003

Granny / MM 106 / 6 x 6 / 100 t



5 5 2003

Royal Gala / 793 / 15 años / Mackenzie



30 4 2003

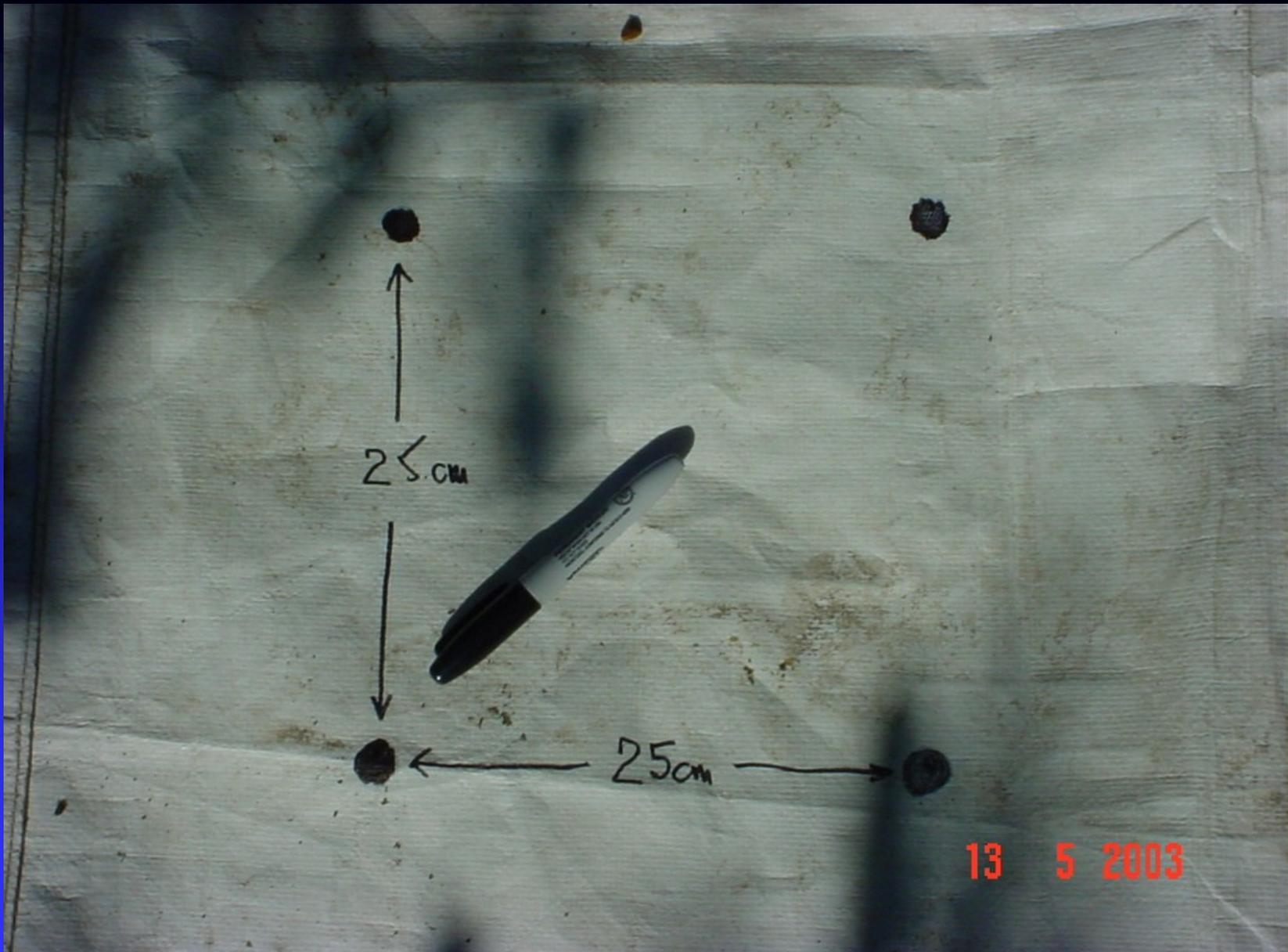


39 10 2002

# Métodos:

- Técnicas de medición: Fotografía ojo de pescado, Medidores múltiples de luz, Ceptómetro, Malla de puntos.
- Observar el sombreamiento en el suelo, bajo la planta, a diferentes horas del día y durante la temporada.
- Mirar la planta cerca de cosecha: hojas amarillas ( tempranas ? ), falta de color, fruta pequeña, hojas grandes y delgadas,

# • MALLA DE PUNTOS:





19/12/2010

Mauricio Frias G. / Ingeniero  
Agrónomo / Consultor Privado /  
mauriciofrias@123.cl

108



19/12/2010

Mauricio Frias G. / Ingeniero  
Agrónomo / Consultor Privado /  
mauriciofrias@123.cl

109

# Uso de malla de puntos : %IL



← 11:00,52%

13:00  
51,3%  
↓



## ***Ligth Interception measure in the field***

<b>Data</b>	<b>May 14 /2003</b>		
<b>Variety</b>	<b>Royal Gala / MM 106</b>		
<b>Distance</b>	<b>BR</b>	<b>5 m</b>	
	<b>BT</b>	<b>2,5 m</b>	
<b>Tree density</b>	<b>800 pl/há</b>		
<b>Tree highth</b>	<b>4,5 m</b>		
<b>Tree wide</b>	<b>maximum</b>	<b>3,2 m</b>	
<b>Tree wide</b>	<b>minimum</b>	<b>1,5 m</b>	
<b>Tree wide</b>	<b>average</b>	<b>2,35 m</b>	
<b>TRV</b>	<b>21150 cubic m</b>		<b>per row</b>
<b>Tree volume</b>	<b>16,0 cubic m/tree</b>		
	<b>12838 cubic m/há</b>		<b>only plants</b>
<b>Sq m/tree</b>	<b>12,5 sq m</b>		
<b>Row orientation</b>	<b>33° North- East</b>		

<b>LI %</b>	<b>Total Points</b>	<b>Shade points</b>	<b>Ligth points</b>	<b>% LI</b>
<b>11:20 AM</b>	<b>170</b>	<b>125</b>	<b>45</b>	<b>73,5%</b>
<b>12:10</b>	<b>170</b>	<b>106</b>	<b>64</b>	<b>62,4%</b>
<b>14:45</b>	<b>170</b>	<b>128</b>	<b>42</b>	<b>75,3%</b>
<b>15:40</b>	<b>170</b>	<b>115</b>	<b>55</b>	<b>67,6%</b>
<b>LI% Average</b>				<b>69,7%</b>

# •COMO ENFRENTAR PROBLEMAS DE ILUMINACIÓN EN LOS HUERTOS?



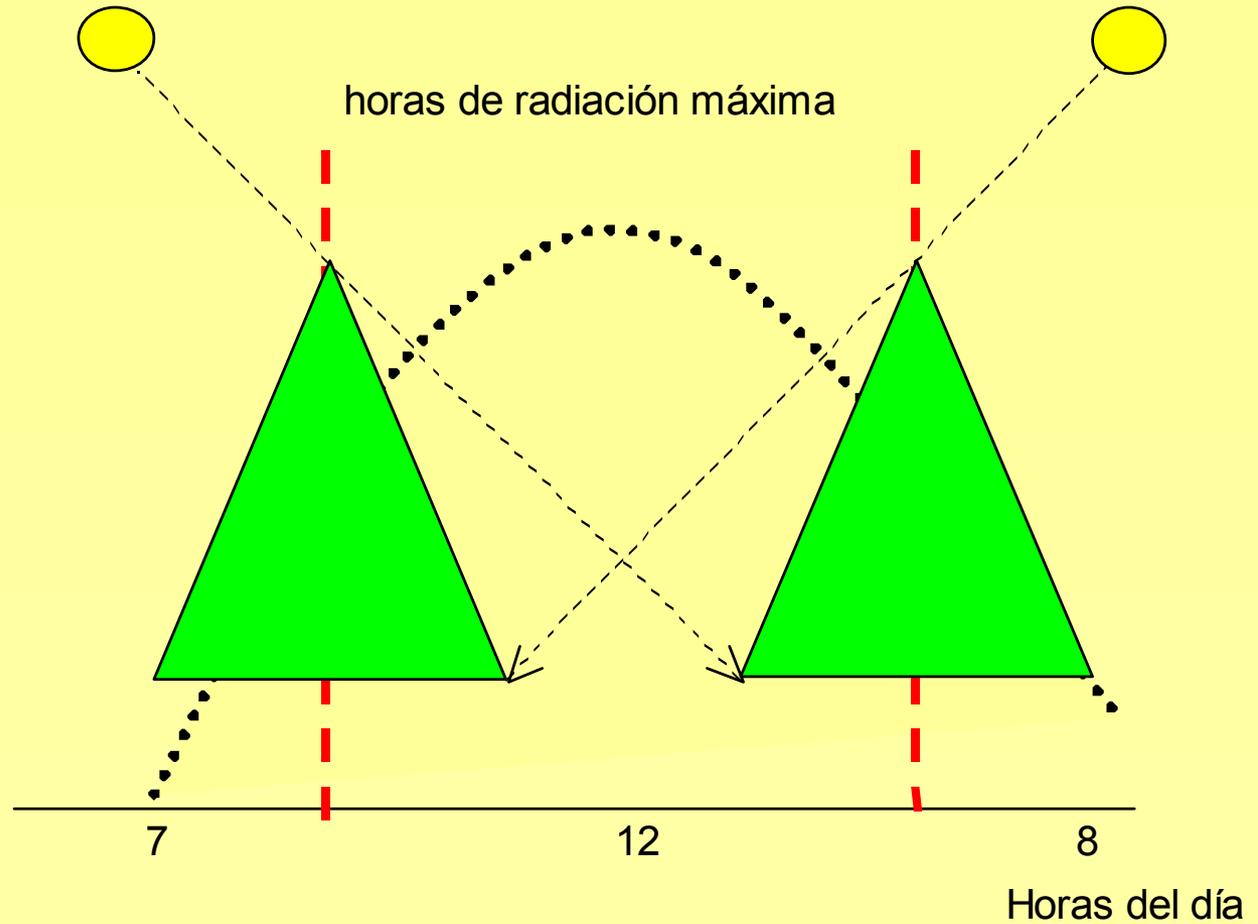
19/12/2010

Mauricio Frias G. / Ingeniero  
Agrónomo / Consultor Privado /  
mauriciofrias@123.cl

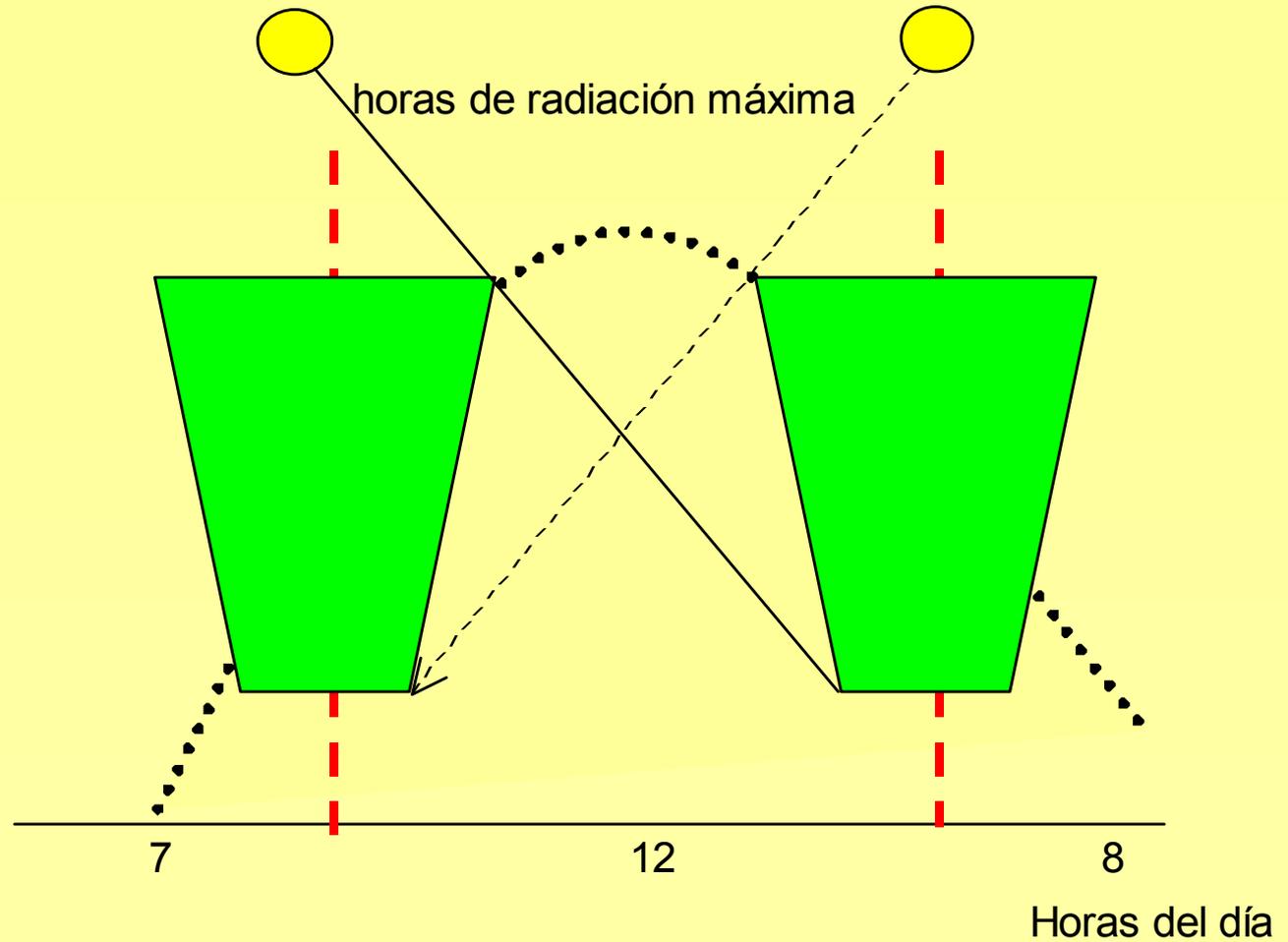
113

# • EL DISEÑO:

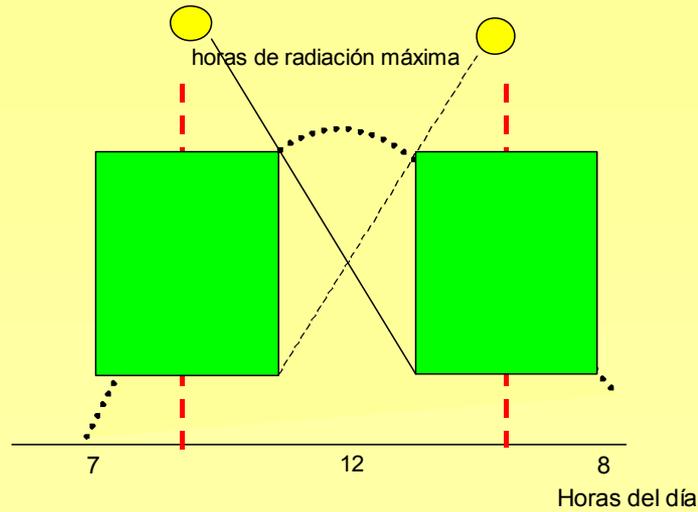
## Curva normal de Radiación diaria



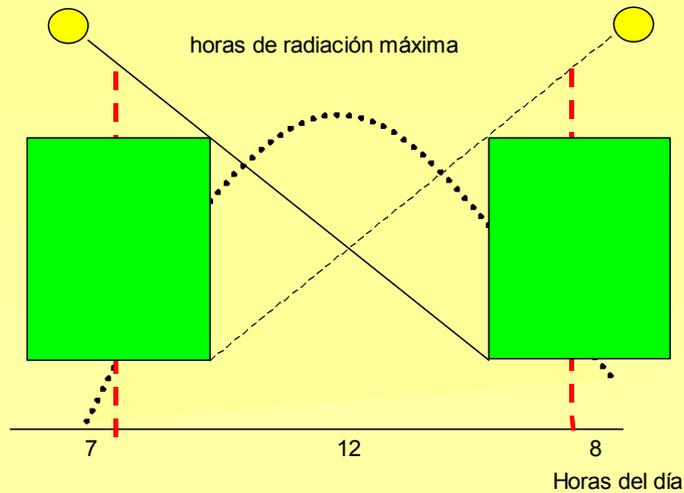
## Curva normal de Radiación diaria



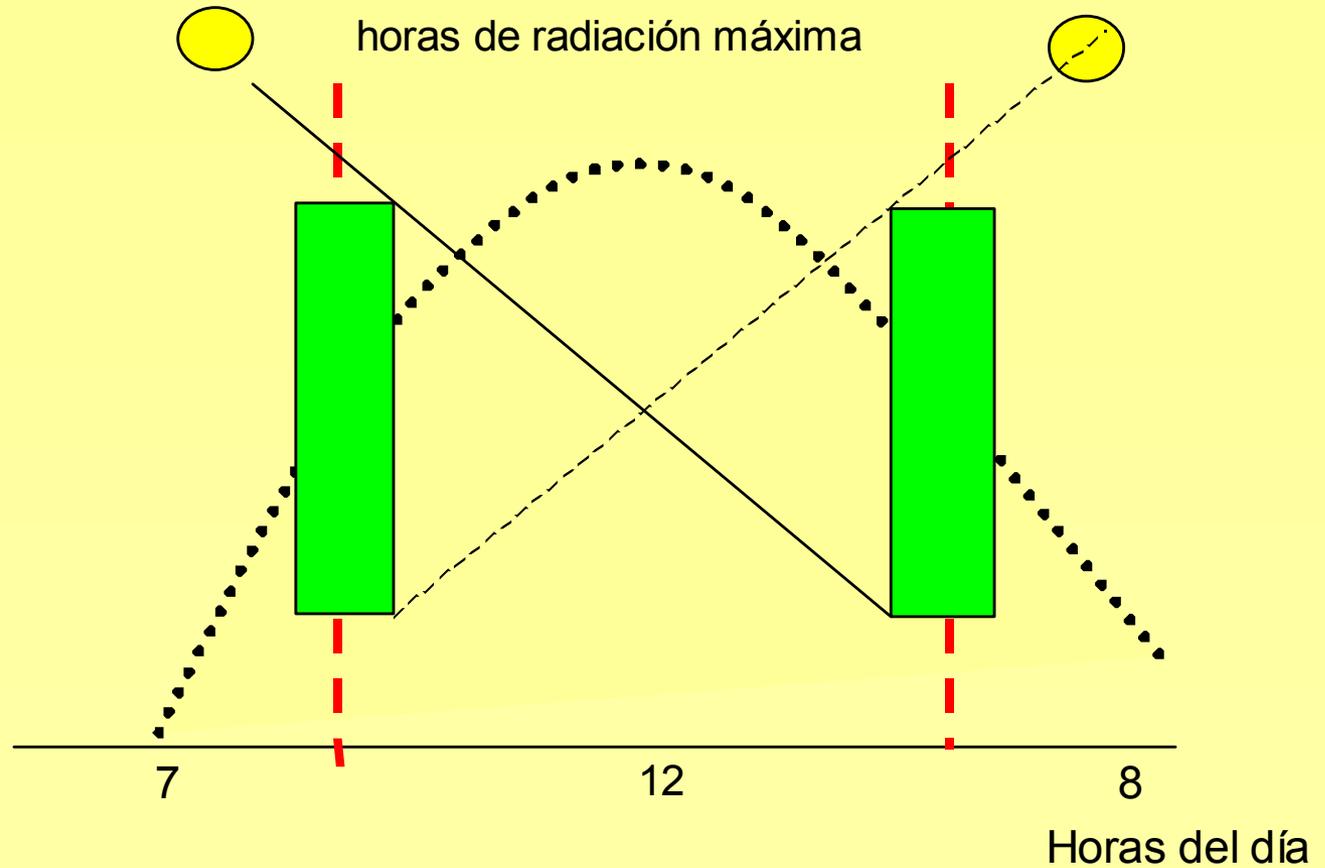
### Curva normal de Radiación diaria



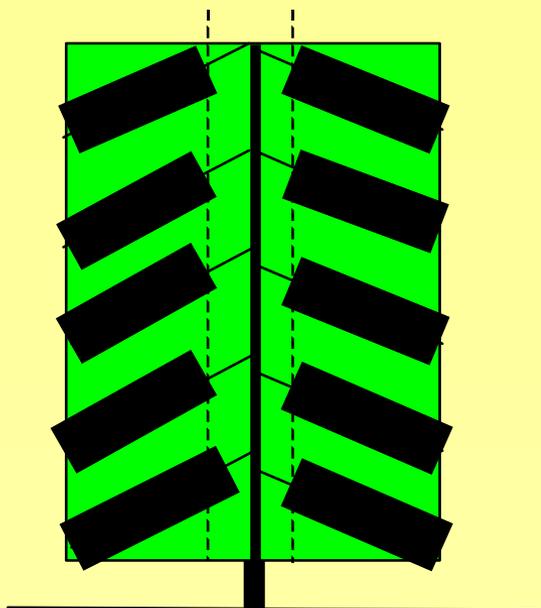
### Curva normal de Radiación diaria



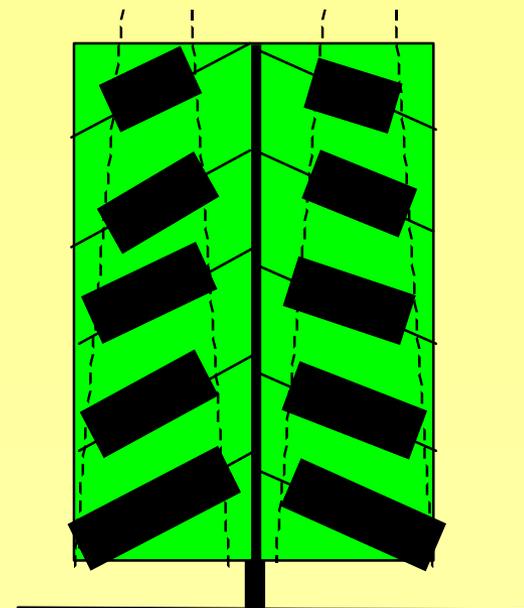
## Curva normal de Radiación diaria



Solaxe : *Distribución de la luz, Actual*



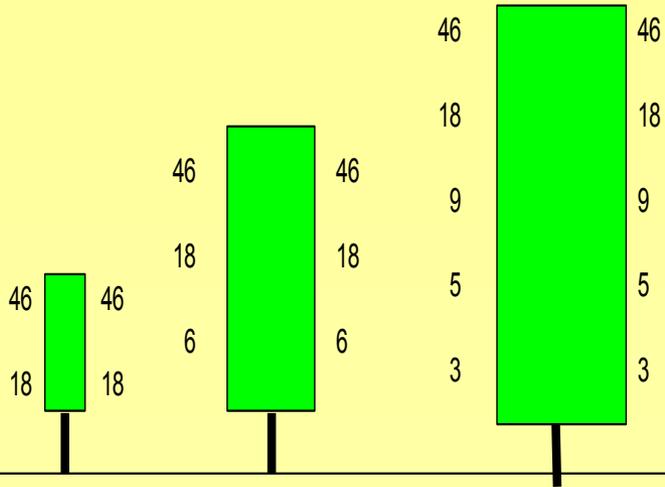
Solaxe : *Distribución de la luz, Propuesta*



# •LA ORIENTACIÓN:

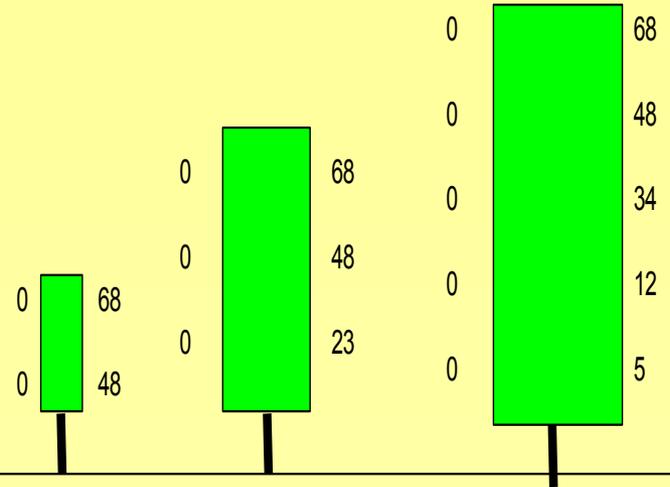
*% de IMáxima según altura y orientación de la hilera*

ORIENTACIÓN NORTE -SUR



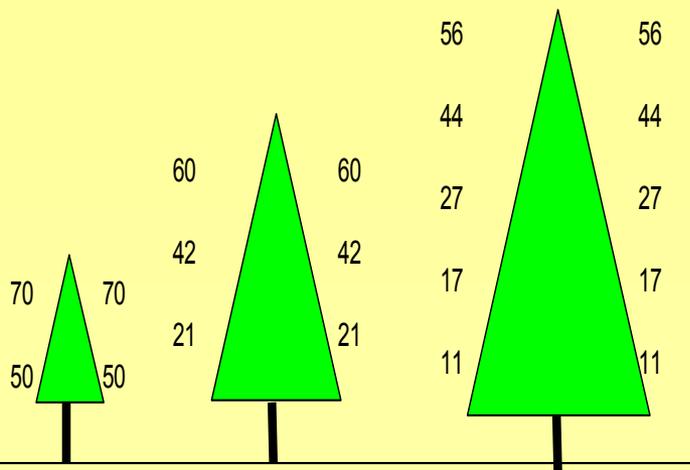
*% de IMáxima según altura y orientación de la hilera*

ORIENTACIÓN ESTE - OESTE



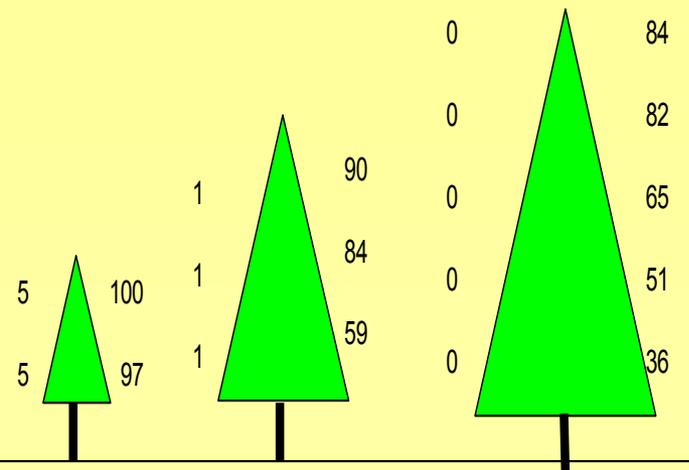
% de IMáxima según altura y orientación de la hilera

ORIENTACIÓN NORTE -SUR



% de IMáxima según altura y orientación de la hilera

ORIENTACIÓN ESTE -OESTE



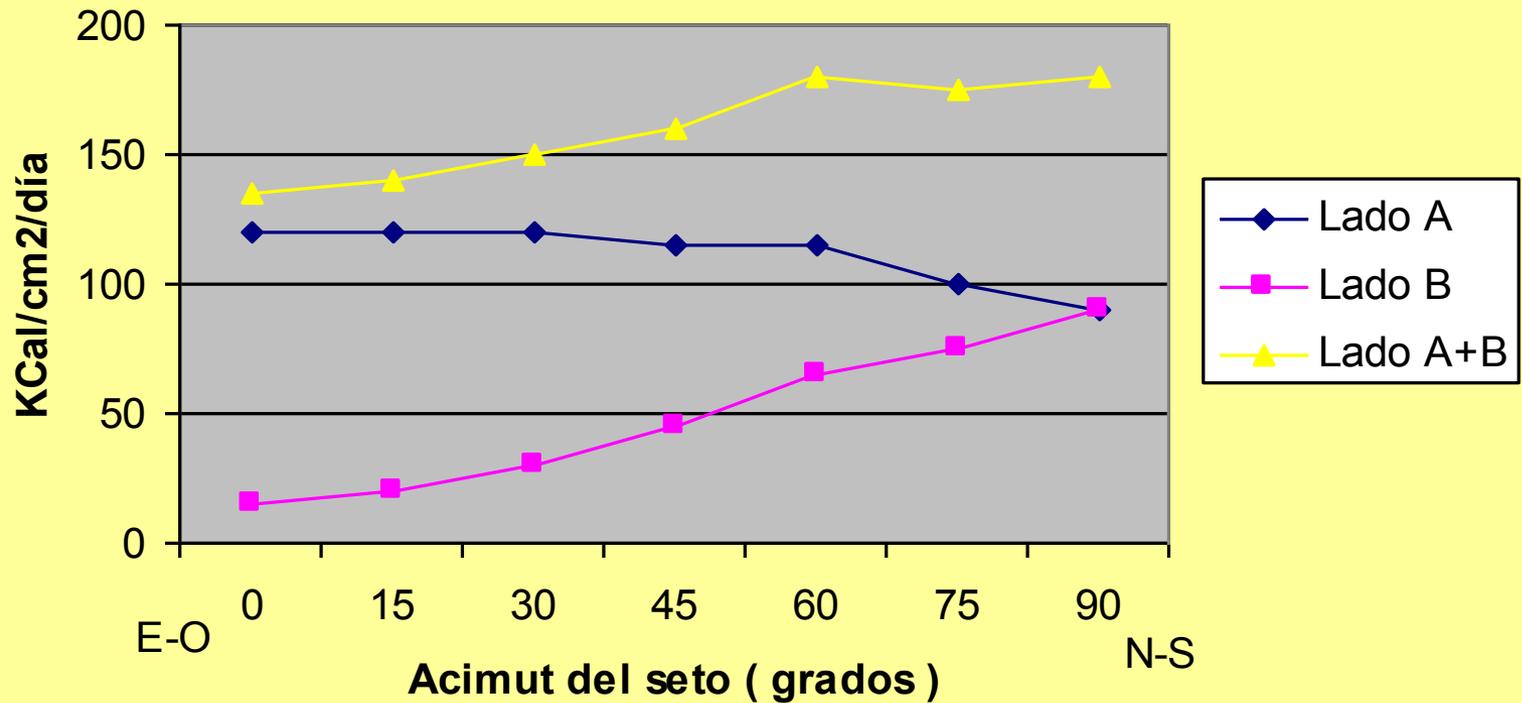
G.Gil, adaptado de Jackson, 1978

**Intercepción real de la luz ( Fr ) y volúmen de la copa bién iluminada ( Vci>30% ), en setos, según distancia, orientación y época del año ( Palmer, 1989 )**

Latitud	Orientación	Luz	D = 2 m		D = 3 m	
			1º Verano	1º Otoño	1º Verano	1º Otoño
30°	N - S	Fr	0,69	0,72	0,52	0,55
		Vci	84	77	97	91
30°	E - O	Fr	0,62	0,75	0,44	0,53
		Vci	64	75	66	77
51,3°	N - S	Fr	0,73	0,79	0,56	0,62
		Vci	78	61	94	78
51,3°	E - O	Fr	0,69	0,83	0,49	0,7
		Vci	70	61	74	89

Considera: IDF: 2,6;Ancho base planta:1,5 m; alto planta: 2 m.

## Efecto de la orientación de las hileras en la I Máxima, para el Mz, Caín, 1972.



## ***Efecto de la orientación de la hilera en la IL***

Fecha 1 de Enero

Alto 3 m

DEH 3,5 m

Distancia libre 1,5 m

IAF 2

Ubicación 37° Latitud Sur

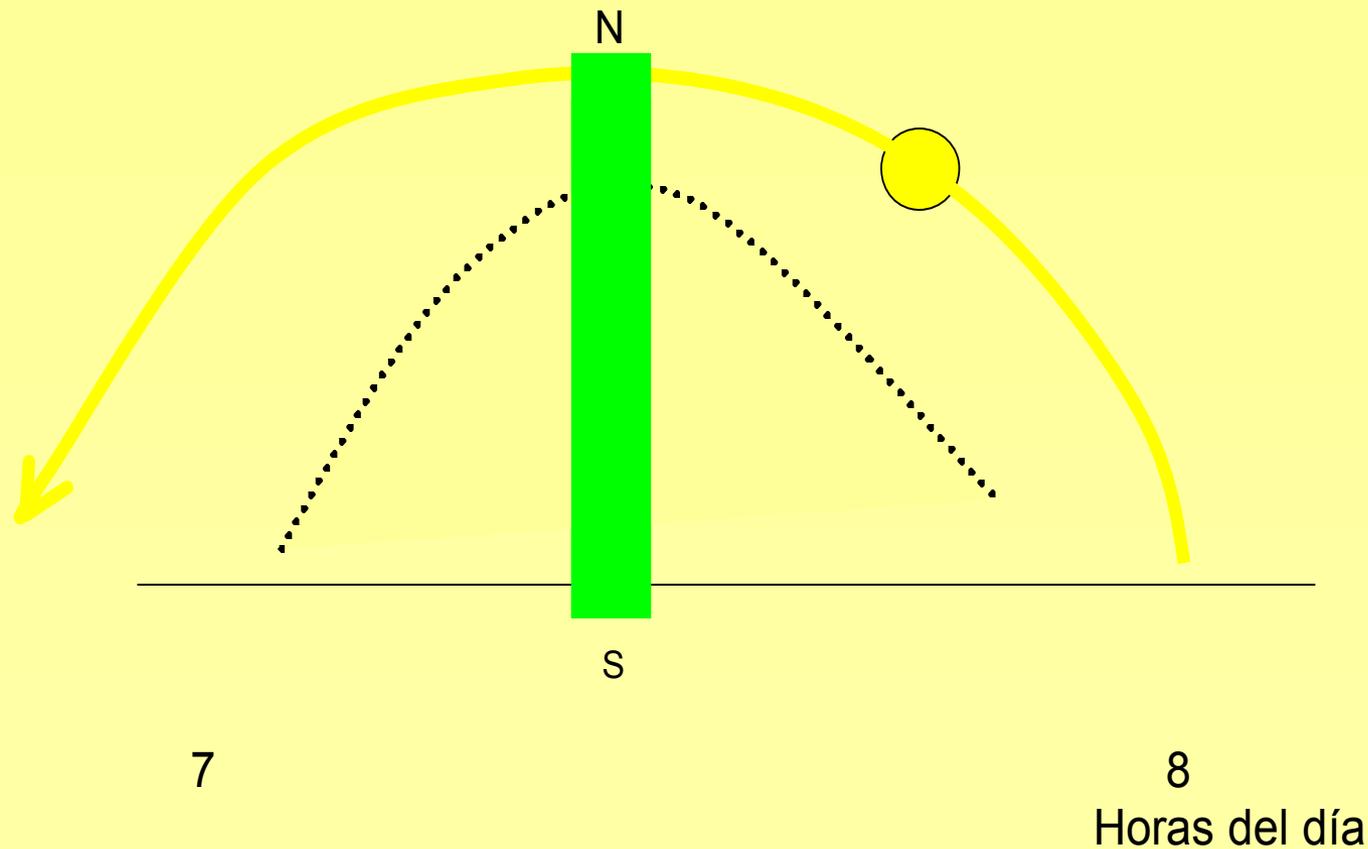
Hileras	Grados desviación al Oeste	% IL	% N-S
N-S	0	49,7	100%
	15	49,5	100%
	30	49,0	99%
	45	47,7	96%
	60	45,2	91%
	75	42,0	85%
E-W	90	41,9	84%

Fuente: Contacto personal John Palmer, 2003

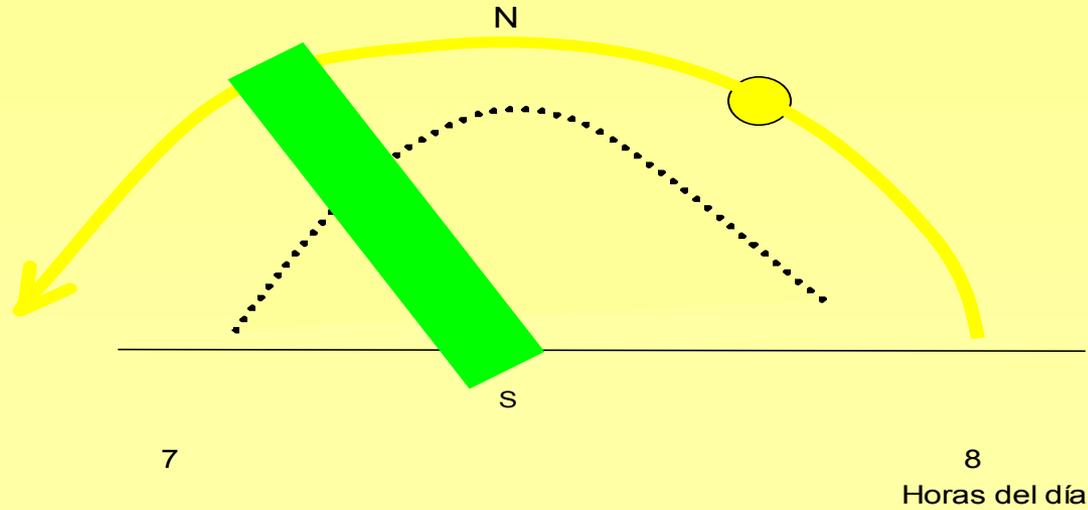
# Cosecha de luz:

- La desviación de una orientación Norte – Sur hasta en  $40^\circ$ , no causa una gran disminución en la intercepción de la radiación, pero existe una importante diferencia entre las dos caras desde los  $15^\circ$ .
- En hileras Este – Oeste, desviaciones de hasta  $30^\circ$ , no significan grandes cambios en la ya desigual distribución de la luz.

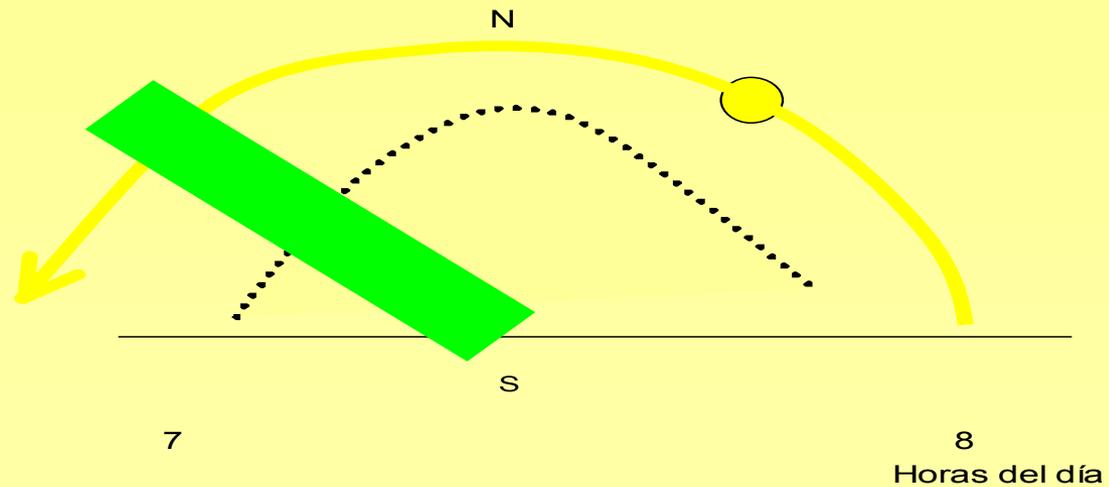
## Curva normal de Radiación diaria



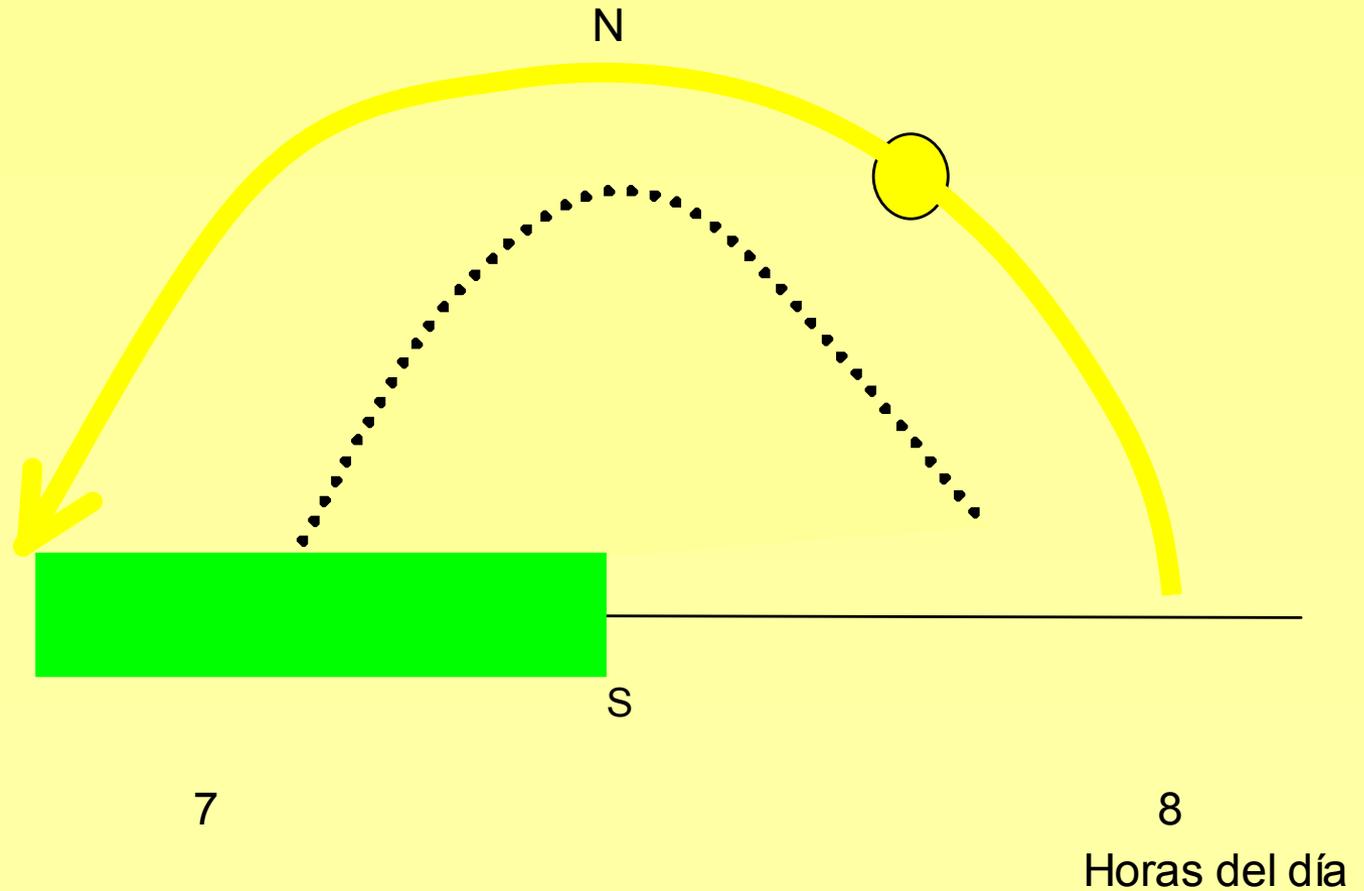
*Curva normal de Radiación diaria*



*Curva normal de Radiación diaria*



## Curva normal de Radiación diaria



# *Cuanto aumentar la IL*

- 1.- Hasta cifras cercanas al 60 - 70%,
- 2.- Bajo esta cifra, mala ocupación del espacio y volúmen disponible.
- 3.- Sobre esa cifra, pobre distribución de la luz.
- 4.- Hasta que la Distribución se hace limitante.

# *Como incrementar la IL ?*

- 1.- Aumentando la densidad de plantación.
- 2.- Aumentando la densidad de follaje para tener mas IAF
- 3.- Reduciendo la distancia entre las hileras.
- 4.- Aumentando la altura de los árboles.
- 5.- Plantando hileras orientadas Norte - Sur.

# La porosidad de la sombra en el suelo, buen indicador de la IL:



# Diseño de los huertos:

- Las consideraciones claves para definir forma, densidad, altura, orientación...
  - ◆ Ancho mínimo para el paso de la maquinaria( no sólo la disponible ).
  - ◆ Altura de la planta, de acuerdo al sistema de aplicación para control de plagas y enfermedades y de cosecha.
  - ◆ Diámetro de la copa ( % IL, DL ).

# La relación Ancho –Alto:

- La altura máxima para una planta está definida por el sistema de conducción, la maquinaria disponible y la forma de cosecha.
- La porosidad de la copa permite plantas de mucha altura.
- La altura será menor con copas densas.
- La altura será menor con plantas ubicadas en hileras orientadas Este-Oeste.
- La altura será menor con hileras mas cercanas.
- La altura será menor con plantas mas anchas.

# La relación Ancho – Alto:

- Se acepta, varios autores , que la altura de una planta puede variar entre el 65 y el 100% de la distancia EH.
- Para setos o plantas orientadas Norte-Sur, la altura puede ser mayor que en hileras Este-Oeste.
- Mientras mas inclinados los costados del seto, mayor altura o menor distancia EH.
- A mayor latitud, mayor distancia EH o menor altura de las plantas.

# Reglas a considerar para Alta Densidad ( AD ):

- AD significa mas de 500 plantas / há.
- Solo portainjertos EM 26 o menores ( o MM 106 para suelos delgados o replantes ), son apropiados para emprender una AD.
- AD de plantas otorga una producción temprana.
- Árboles con ramillas anticipadas producen tempranas y altas cosechas.
- Las podas retrasan la entrada en cosecha.
- El soporte para las plantas es una cosa obligatoria, no optativa.





19/12/2010

Mauricio Frias G. / Ingeniero  
Agrónomo / Consultor Privado /  
mauriciofrias@123.cl

138



19/12/2010

Mauricio Frias G. / Ingeniero  
Agrónomo / Consultor Privado /  
mauriciofrias@123.cl

139

# RESÚMEN DE IDEAS:

- Mantener árboles porosos, siempre.
- Orientar hileras rango Norte – Sur ( cosecha ).
- Cuidar de no errar en la densidad de plantación.
- Llegar hasta el máximo de IL posible ( 60 – 70% )
- No superar IAF recomendados ( IDF ).
- Regular la altura.
- Cuidar e incrementar las hojas iniciales ( dardos ).
- Cuidar las hojas finales ( reservas ).

# Desde la productividad:

- Interesa la cantidad de energía que llega a las plantas para el total de días de período vegetativo.
- La fotosíntesis será máxima cuando toda la superficie foliar esté expuesta a la radiación óptima por el mayor tiempo posible.
- La productividad será máxima cuando la IL y la distribución de la luz en el follaje sea máxima.
- La IL es máxima a niveles de 75 – 80% , tanto para frutales de hoja caduca como persistente.
- Para frutales caducos entonces, la máxima superficie foliar deberá estar expuesto lo mas temprano posible y mantenerse activo por el mayor tiempo posible.

# Además:

- No existe un solo huerto óptimo.
- Es posible igualar resultados y eficiencias con diferentes diseños y formas.

G,Gil, 1997.

# Agradecimientos especiales:

- Fondo de Innovación Agraria, FIA
- Dr. Gonzalo Gil, mi profesor.
- Dr. Jens Wünche, mi amigo.



19/12/2010

Mauricio Frias G. / Ingeniero  
Agrónomo / Consultor Privado /  
mauriciofrias@123.cl

144

MUCHAS GRACIAS

19/12/2010

Mauricio Frias G. / Ingeniero  
Agrónomo / Consultor Privado /  
mauriciofrias@123.cl

145