

**Seminario Internacional**

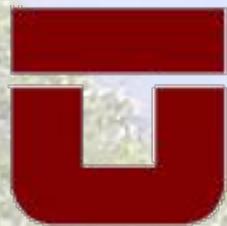
**Restauración Hidrológico Forestal para la  
conservación y Aprovechamiento de Aguas y  
Suelos**

---

**DISEÑO DE ZANJAS DE  
INFILTRACIÓN BAJO  
CRITERIOS DE INGENIERÍA  
HIDROLÓGICA.**

**Ing. Dipl. Juan Pablo Flores Villanelo**

---



UNIVERSIDAD DE  
TALCA



ESTÁNDARES DE INGENIERÍA  
PARA AGUAS Y SUELOS



## **Proyecto de Investigación**

**DETERMINACIÓN DE ESTÁNDARES DE INGENIERÍA EN OBRAS DE CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS Y SUELOS PARA LA MANTENCIÓN E INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD SILVÍCOLA.**

**Fuente de financiamiento:**

**Fondo de Desarrollo e Innovación, FDI - CORFO**

**Duración:**

**enero de 2002 a diciembre de 2004**

# Ubicación de los ensayos

Ensayos:

1. Hidango
2. La Rosa
3. Paredones
4. Pumanque
5. Llanillos
6. Botacura
7. Name
8. Parrón
9. Llohué
10. Manzanares



## Obras construidas por ensayo

	SECTOR/PREDIO	TÉCNICA A ESTUDIAR
<b>VIII Región</b>		
	Llohué	Zanjas de Infiltración.
	Manzanares	Zanja de Infiltración y Subsulado
<b>VII Región</b>		
	Name	Zanja de Infiltración
	Parrón	Zanja de Infiltración y Subsulado
	Botacura	Zanja de Infiltración y Subsulado
	Llanillos	Canal de Desviación
<b>VI Región</b>		
	Paredones	Canal de Desviación
	Pumanque	Zanja de Infiltración
	La Rosa	Subsulado
	Hidango	Zanja de Infiltración y Subsulado

Las Zanjas de infiltración, son canales sin desnivel contruidos en laderas, los cuales tienen por objetivo captar el agua que escurre, evitando procesos erosivos de manto, permitiendo la infiltración del agua en el suelo.



## **PRINCIPIO BÁSICO**

**El volumen de agua que escurre por una ladera es la que causa los principales problemas de erosión y, por lo tanto, las obras construidas deberán ser capaces de capturar y/o controlar esta agua.**



**Según Pizarro, se debe elegir un adecuado valor de intensidad de precipitación en el diseño de estas obras.**



## DISEÑO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN

El principio fundamental a la hora de diseñar las zanjas de infiltración corresponde a que la cantidad de agua de lluvia que cae en la zona de impluvio, debe ser menor o igual a la que capta y absorbe la zanja.

Es decir, la capacidad de éstas no debe ser sobrepasada por el total de aportaciones que a ella converjan.



# DISEÑO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN

---

$$V_{ai} = V_{cz} + V_{in}$$

Donde:

$V_{ai}$  : Volumen de aportación zona de impluvio.

$V_{cz}$  : Volumen de captura zona de zanjas.

$V_{in}$  : Volumen de infiltración de la zanja.

# DISEÑO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN

Volumen de  
aportación zona de  
impluvio. (m<sup>3</sup>)

precipitación  
(máxima en 1 hora)

superficie de  
captación

coeficiente de  
escorrentía

$$V_{ai} = P \times S \times e$$

$$V_{ai} = V_{cz} + V_{in}$$

# DISEÑO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN

Volumen de  
captación de las  
zanjas. (m<sup>3</sup>/hr)

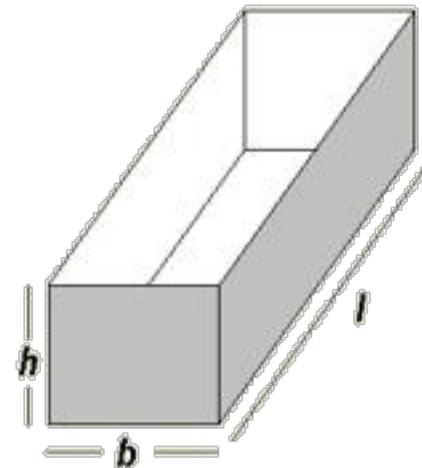
Base de la zanja  
en metros

Altura de la zanja  
en metros

Largo de la zanja  
en metros

$$V_{cz} = b \times h \times l$$

$$V_{ai} = V_{cz} + V_{in}$$



# DISEÑO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN

Volumen de  
infiltración (m<sup>3</sup>/hr)

Base de la zanja  
en metros

Largo de la zanja  
en metros

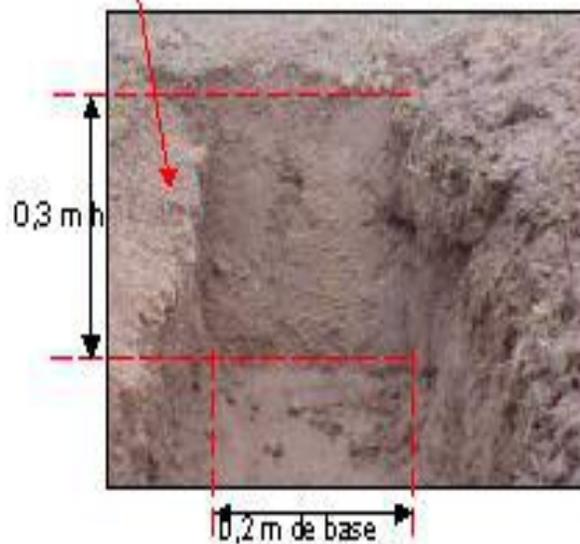
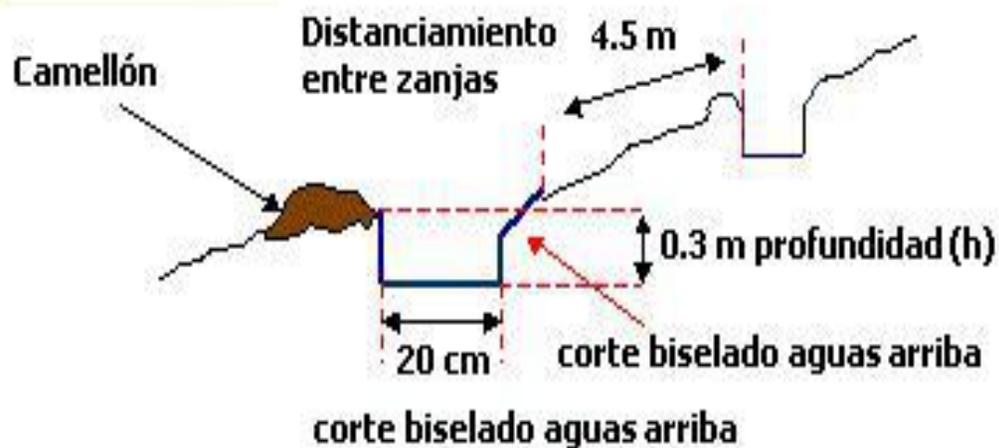
$$V_{in} = b \times v \times l$$

Velocidad de  
infiltración de la zanja  
en metros

$$V_{ai} = V_{cz} + V_{in}$$

# DISEÑO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN

## Vista Vertical

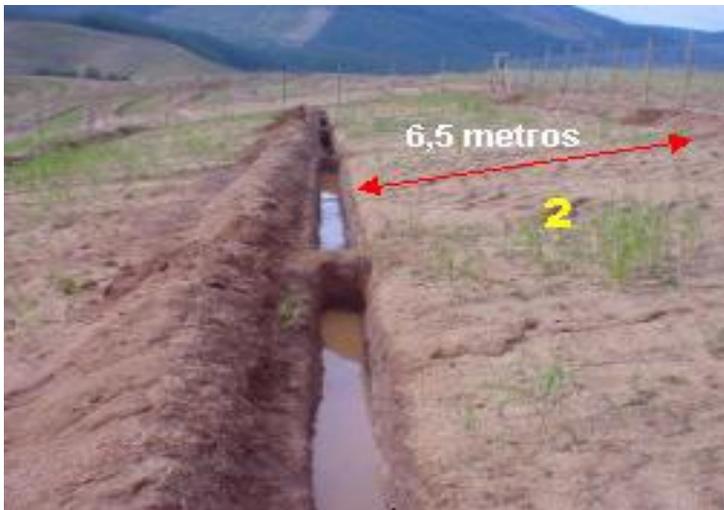


# Zanjas de infiltración PROYECTO EIAS

Ensayo Hidango,  
INIA – Rayentué  
VI Región.



Ensayo: Manzanares,  
Bosques Villanueva,  
VIII Región



Ensayo: Name,  
Propietario Particular,  
VII Región.

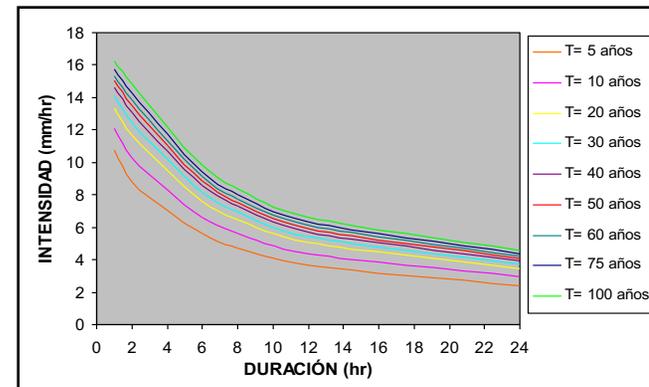


# Conceptos Preliminares

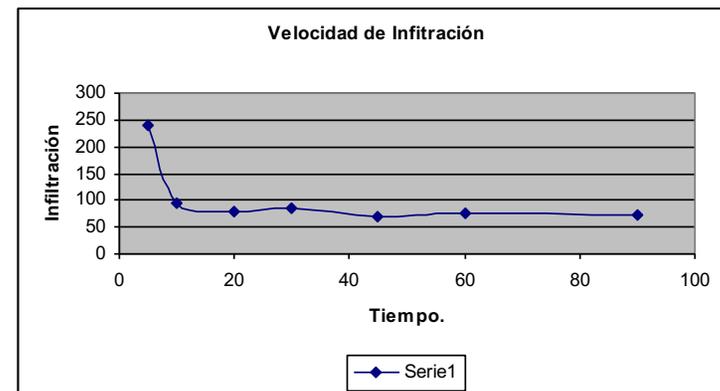
Período de Retorno

$$T = \frac{1}{1 - F(X)}$$

Curvas IDF



Velocidad de Infiltración





## PERÍODO DE RETORNO

---

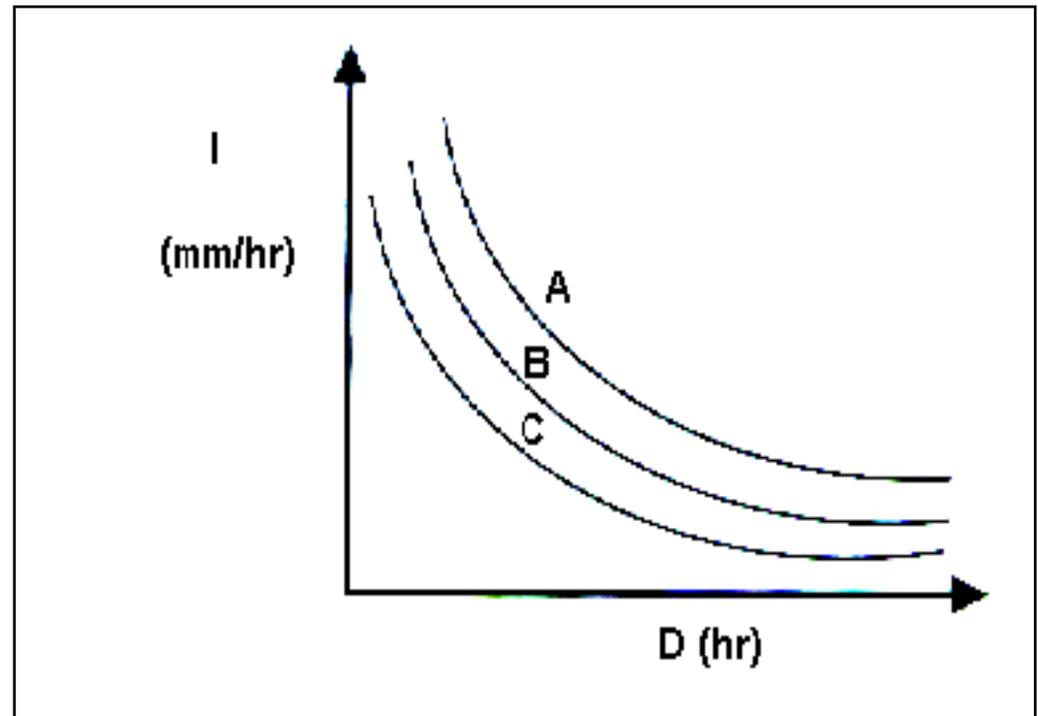
Uno de los primeros requerimientos a considerar es la determinación del periodo de retorno  $T$ .

Este puede ser definido como el tiempo que transcurre entre dos fenómenos de las mismas características, el cual se define por la siguiente expresión:

$$T = \frac{1}{1 - F(X)}$$

## CURVAS IDF

Las curvas IDF, planteado por Témez (1978), relaciona las intensidades de precipitación para distintos períodos de retorno, con el propósito de graficar la relación entre las tres variables (Intensidad- Duración – Frecuencia).



Con;

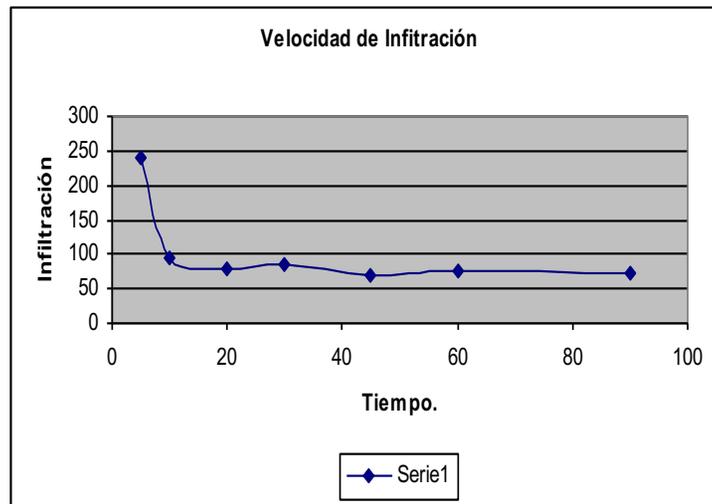
D = Duración en horas.

I = Intensidad de precipitación en mm/hr. Véase.

A, B y C representan distintos períodos de retorno en años.

# VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN

De acuerdo a los datos recopilados en terreno mediante el método del cilindro (Gurovich, 1985), su velocidad de infiltración puede ser vista en la Tabla.



Tiempo (min) (1)	Altura (cm) (2)	Altura (cm) (3)	Diferencial (cm) (4)	Infiltración (mm/hr) (5)
0	18		0	
5	16		2,0	240
10	15,2		0,8	96
20	13,4		1,8	108
30	12,5		0,9	54
45	10,8	18*	1,7	68
60		16,1	1,9	76
90		12,5	3,6	72
Promedio de infiltración				65 mm/h

\* Llenado del cilindro (18 cm)

Bajo un criterio conservador se utiliza el promedio de los tres valores de menor velocidad de infiltración, **que asegura un no colapso de las obras.**



# Precipitación máxima en 1 hora

## CASO 1: ESTACIÓN CON CURVAS IDF CONOCIDAS

### Ejemplo: Estación Pencahue

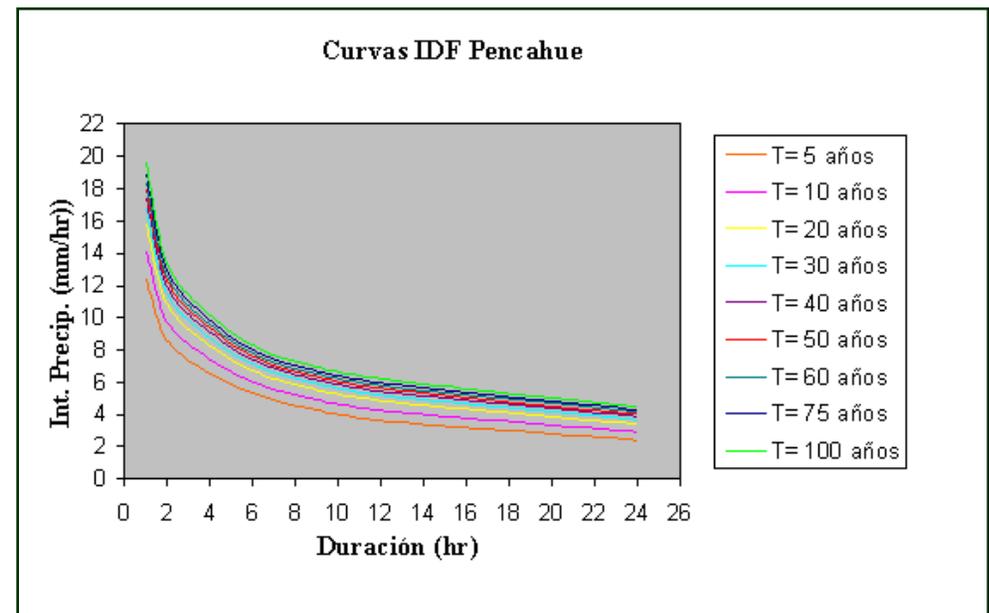
$$I = \frac{63,694 \times T^{0,164143}}{D^{0,469797}}$$

Donde:

I : Intensidad de precipitación en mm/hr.

T: Período de retorno en años.

D: Duración en minutos.



## Precipitación máxima en 1 hora

### **CASO 2: ESTACIÓN CERCANA NO CUENTA CON IDF**

De las Curvas IDF, se desprende el parámetro  $k$ , el cual da cuenta de la relación entre la intensidad horaria y la intensidad de precipitación en 24 horas para cada período de retorno.

$$k = \frac{I_d}{I_{24}}$$

Donde:

$I_d$  = Intensidad de precipitación horaria.

$I_{24}$  = Intensidad de precipitación para una duración de 24 horas.



## DISEÑO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN

Asociado a lo expuesto, se plantea lo siguiente:

$$V_{azi} = V_{azz} + V_{azin}$$

$$P \times S \times e = (b \times h \times l) + (b \times v \times l)$$

$$P \times [l \times d] \times e = (b \times h \times l) + (b \times v \times l)$$

Luego,



**Distanciamiento**

$$d = \frac{b \times (h + v)}{P \times e}$$

# RESULTADOS

## Distanciamiento óptimo entre líneas de zanjas y número de líneas de zanjas dentro de cada ensayo.

Ensayo	Distanciamiento entre líneas Zanjas en metros		Intensidad máxima horaria (mm/hr)	Velocidad de Infiltración (mm/hr)
	Zanja Tipo 1 (0,2 m)	Zanjas Tipo 2 (0,3 m)		
VIII Región.				
Manzanares	4,5	6,5	19,00	72,0
Llohué	9	13	19,00	451,3
VII Región.				
Parrón	9	13	15,78	356,0
Name	4	6	17,61	20,3
VI Región.				
Hidango-INIA.	4	6	15,78	89,3

# RESULTADOS

Ensayo	Tratamiento	Test Kruskal Wallis	Mejor Tratamiento
<b>Hidango</b>	Subsolado 2, subsolado 1, Zanjas 1, Zanjas 2 y Testigo	Valor p = 0	
		Hay diferencias significativas entre las varianzas de los tratamientos	<b>DC :Subsolado 2 (21.64mm)</b> <b>Altura : Subsolado 2 (85.33 cm)*</b>
<b>La Rosa</b>	Subsolado 2, subsolado 1 y Testigo	Valor p = 0	
		Hay diferencias significativas entre las varianzas de los tratamientos	<b>DC :Subsolado 2 (21.64mm)*</b> <b>Altura : Subsolado 2 (75.25 cm)*</b>
<b>Pumanque</b>	Zanjas 1, Zanjas 2 y Testigo	Valor p = 0,54(DC); 0,59(h)	
		No hay diferencias significativas entre las varianzas de los tratamientos	<b>No hubo plantas de 1 año</b>
<b>Botacura</b>	Subsolado 2, subsolado 1, Zanjas 1, Zanjas 2 y Testigo	Valor p = 0	
		Hay diferencias significativas entre las varianzas de los tratamientos	<b>DC :Subsolado 2 (5.22mm)*</b> <b>Altura : Subsolado 1 (17.17 cm)*</b>
<b>Name</b>	Zanjas 1, Zanjas 2, Testigo	Valor p = 0	
		Hay diferencias significativas entre las varianzas de los tratamientos	<b>DC :Zanjas 1 (18.43mm)*</b> <b>Altura : Zanjas 2 (81.09 cm)*</b>
<b>Parrón</b>	Subsolado 2, subsolado 1, Zanjas 1, Zanjas 2 y Testigo	Valor p = 0	
		Hay diferencias significativas entre las varianzas de los tratamientos	<b>DC :Testigo (18.31mm)* Subsolado 1 (16.86)</b> <b>Altura : Subsolado 1 (68.22 cm)*</b>
<b>Llohué</b>	Zanjas 1, Zanjas 2, Testigo	Valor p = 0,04(DC); p = 0,008(h)	
		Hay diferencias significativas entre las varianzas de los tratamientos	<b>DC :Zanjas 2 (19.0mm)*</b> <b>Altura : Zanjas 2 (75.25 cm)*</b>
<b>Manzanares</b>	Subsolado 2, subsolado 1, Zanjas 1, Zanjas 2 y Testigo	Valor p = 0	
		Hay diferencias significativas entre las varianzas de los tratamientos	<b>DC : Subsolado 2 (19.94mm)*</b> <b>Altura : Subsolado 2 (81.42 cm)*</b>

\* Corresponde al promedio del tratamiento.

Subsolado 1	Distanciamiento 5 metros
Subsolado 2	Distanciamiento 4 metros
Zanjas 1	Base 0,2 metros
Zanjas 2	Base 0,3 metros



**Ensayo Hidango – VI Región  
INIA RAYENTUÉ**

**Junio 2003**



**Ensayo Name - VII Región  
PEQUEÑO PROPIETARIO**

**Junio 2003**



**Concepción - 2003  
INSTITUTO FORESTAL**



**Talca – 2002  
UNIVERSIDAD DE TALCA**



**La Serena – 2003  
CONAF – IV REGIÓN**



## Llongocura – Región del Maule Año 2002 (Plantación 7 años)



En este marco comparativo, queda de manifiesto la alta eficiencia que presentan las zanjas de infiltración en la captura de humedad, lo que conlleva a un desarrollo más rápido y sostenido de las plantaciones de *Pinus radiata* D Don.

**El sector con zanjas de infiltración presentó valores superiores a la zona testigo en todas las variables en estudio.**

	Zanjas	Sin zanjas
Diámetro promedio de los árboles (cm)	16.34	12.70
Altura promedio de los árboles (m)	18.9	13.7
Volumen promedio (m <sup>3</sup> x árbol )	0.1369	0.0787

**Seminario Internacional**

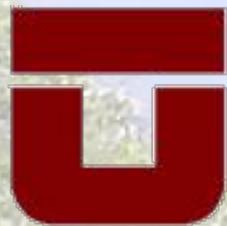
**Restauración Hidrológico Forestal para la  
conservación y Aprovechamiento de Aguas y  
Suelos**

---

**DISEÑO DE ZANJAS DE  
INFILTRACIÓN BAJO  
CRITERIOS DE INGENIERÍA  
HIDROLÓGICA.**

**Ing. Dipl. Juan Pablo Flores Villanelo**

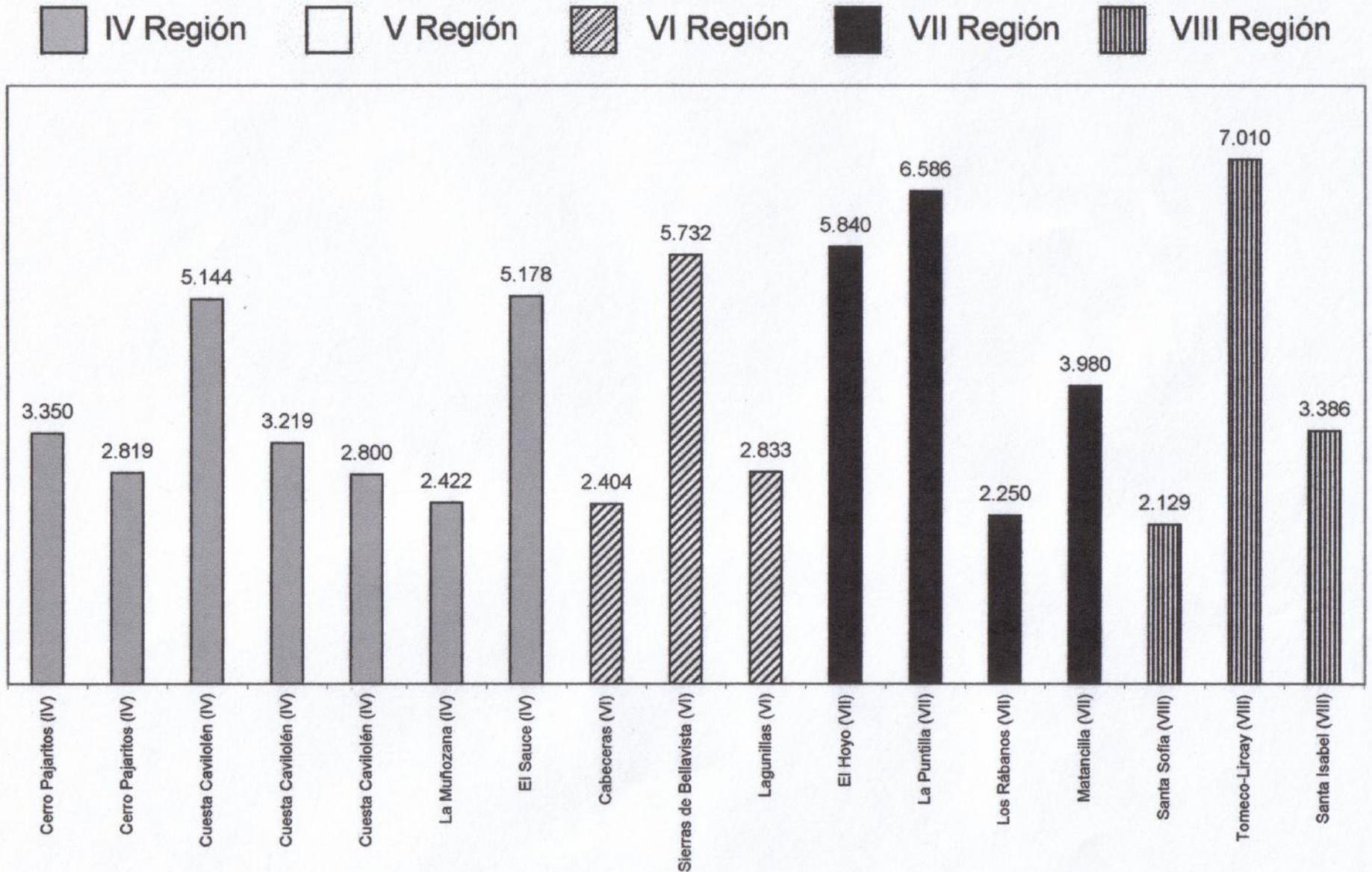
---



UNIVERSIDAD DE  
TALCA



# Experiencias Nacionales (Costos \$/m<sup>3</sup>)



# Experiencias Nacionales (Rendimientos m<sup>3</sup>/jornal)

