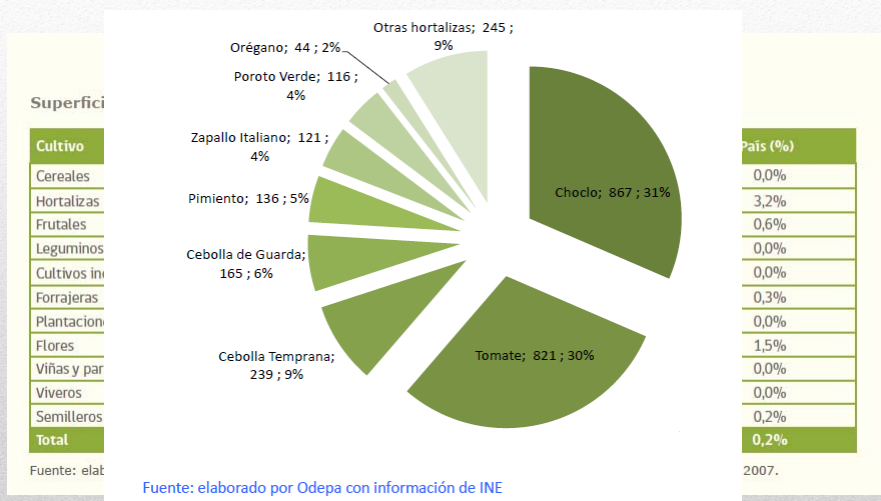


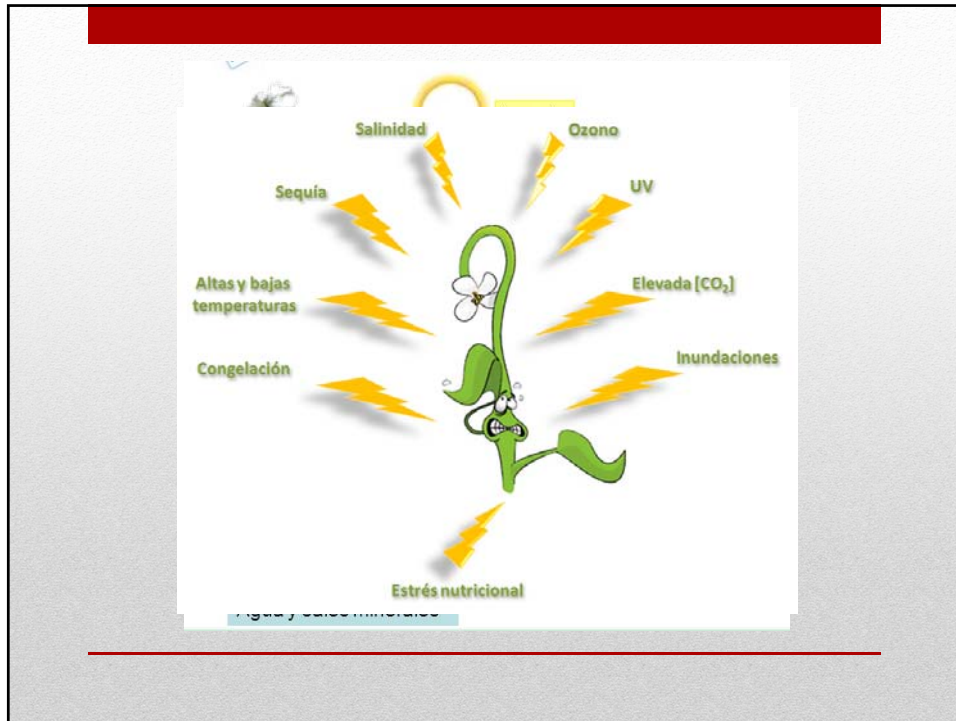


Consideraciones para el control de riego en cultivos del Valle de Lluta

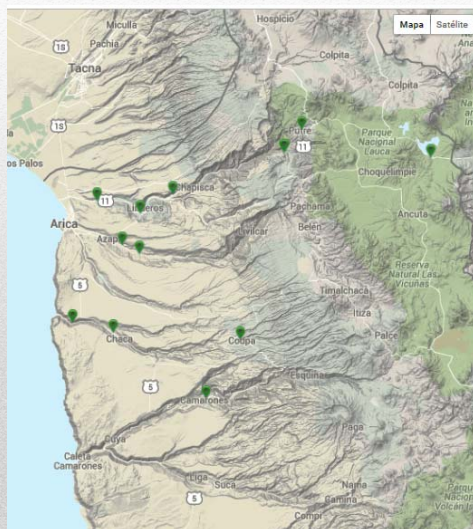
Evelyn Cajias Álvarez
Ing. Agrónoma, MSc

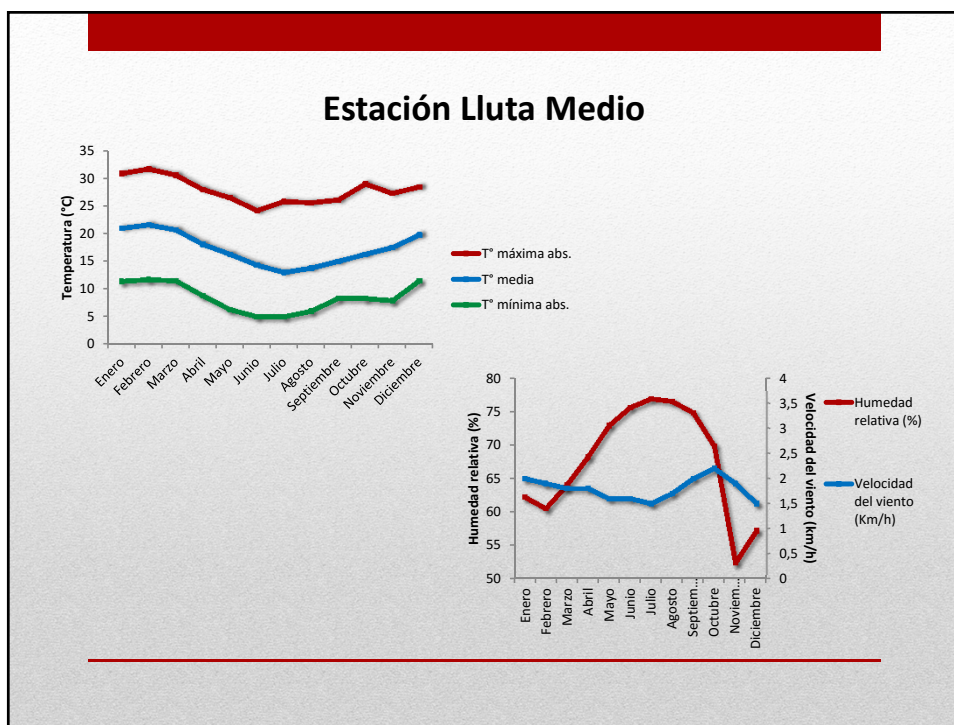
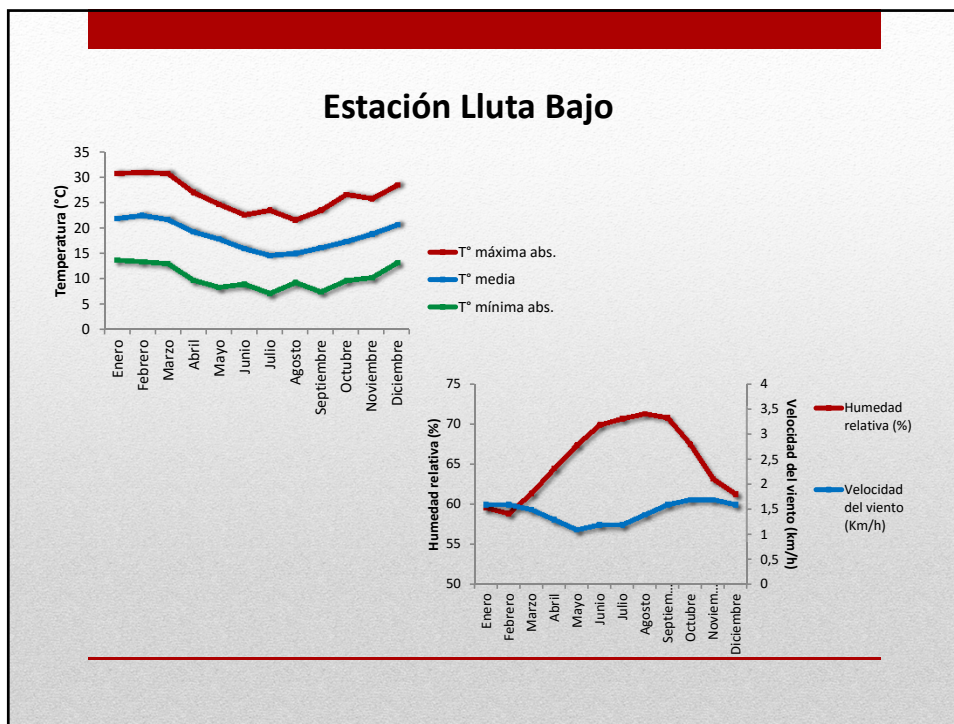
Superficie agrícola en la Región

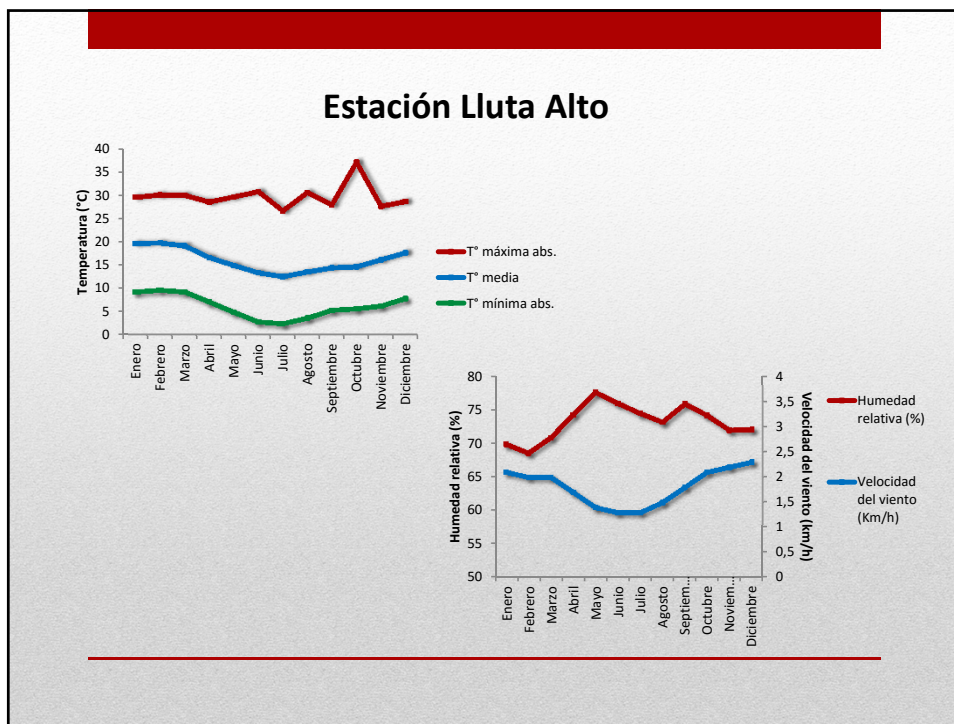




Estaciones meteorológicas automáticas en la Región







Sector	T° media	T° máxima	T° mínima	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (Km/h)
Lluta Bajo	18,5	26,3	10,5	65,5	1,5
Lluta Medio	17,2	27,9	8,5	67,5	1,8
Lluta Alto	15,8	29,9	6,1	73,2	1,8

¿Y qué pasa con la temperatura media al presentarse Fenómeno del Niño?

```

    graph TD
      A[↑ Temperaturas medias] --> B[Mejor desarrollo de frutos subtropicales]
      A --> C[Mejor adaptación de cuaja y floración]
      A --> D[Nuevas plagas y enfermedades]
      A --> E[Aceleración ciclos plagas]
      A --> F[Aumento agresividad plagas]
      E --> G[Aumento estrés Térmico y daño En frutos]
      E --> H[Aumento ET y consumo de agua]
  
```

¿Cuáles son las ventajas del uso de malla antiáfida en la Región?

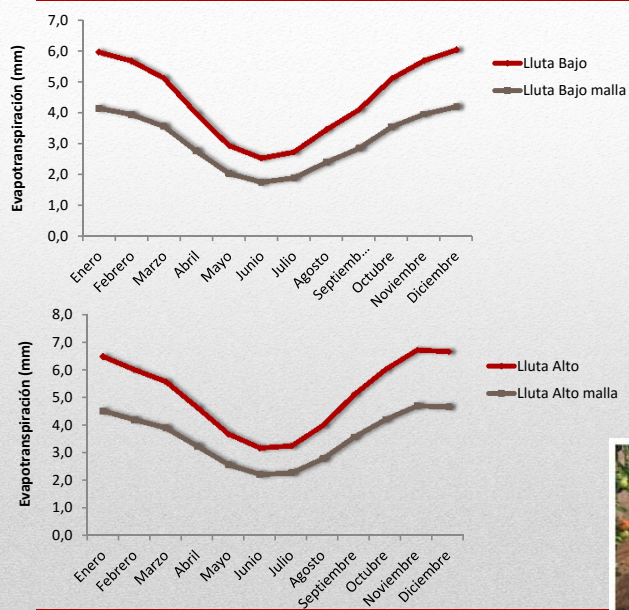
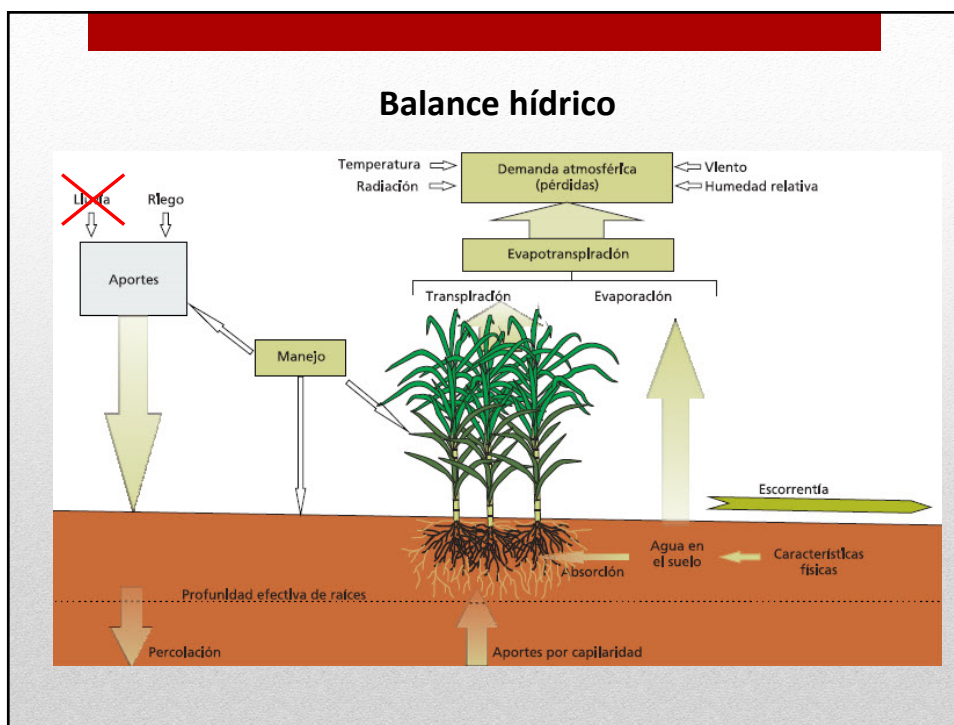
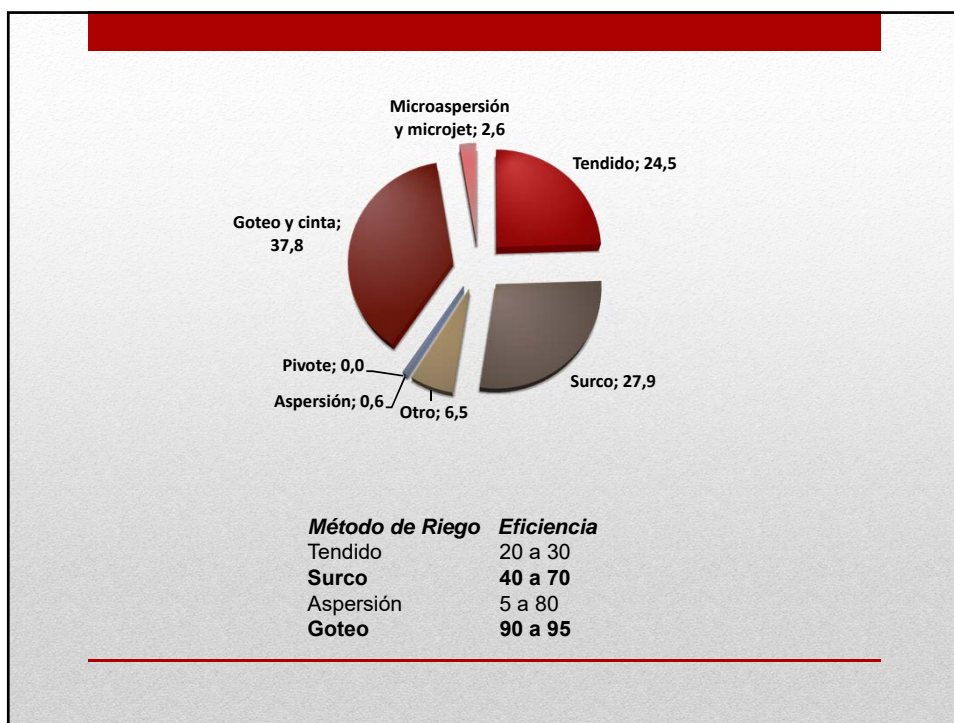


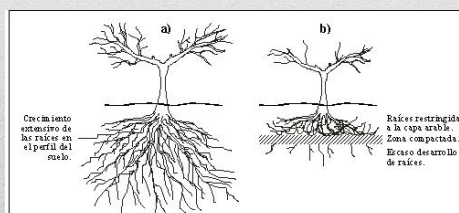
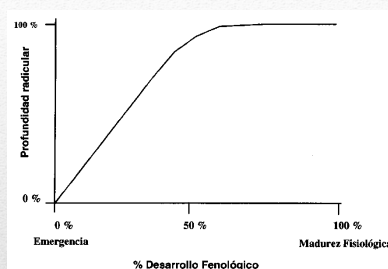
Figura 1. Bascula de evaporación montada bajo un invernadero de malla antiáfido. Km 19 valle de Azapa.



Calicata



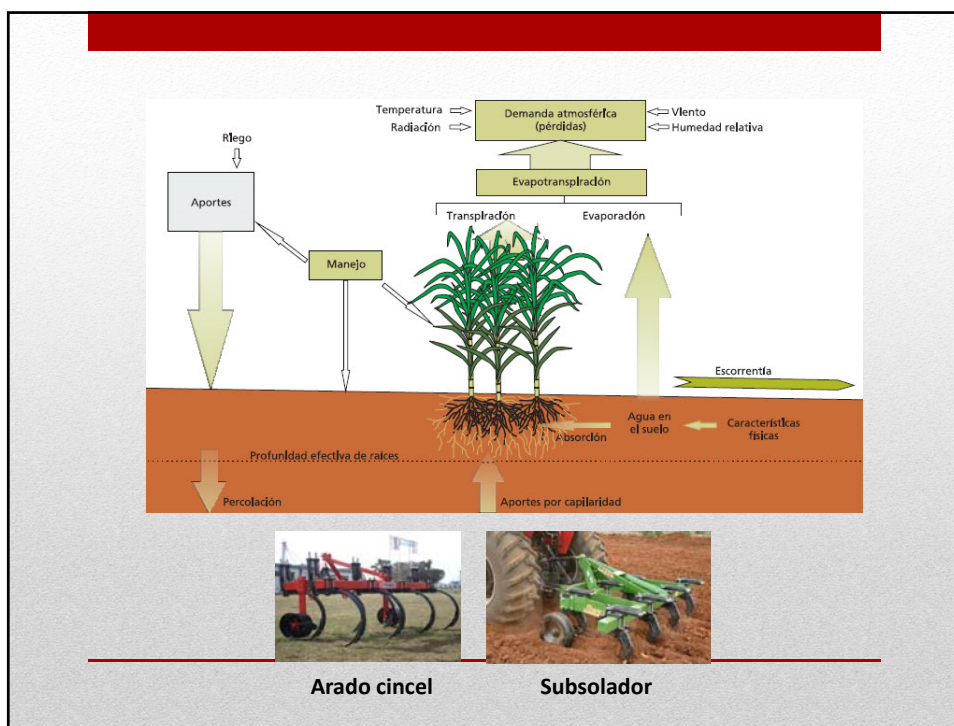
Fotografía 3. Rhizotron, en cultivo de tomate, para observar el comportamiento y estado de las raíces.



NO HAY PIE DE ARADO
La tierra tiene una resistencia a la penetración de cuchillo baja. Raíces nuevas y viejas, canales de lombrices y fisuras son comunes. El suelo superficial es pulverizable, con una estructura visible y un calificador visual de porosidad buena (≥ 1.5).

PIE DE ARADO MODERADAMENTE DESARROLLADO
Tiene una resistencia moderada al cuchillo. El suelo es firme con una estructura débil y porosidad moderada (0.5–1). Hay pocos canales de lombrices o raíces viejas y nuevas, así como pocas fisuras. Puede ocurrir algún moteado naranja o gris. En la foto se indica el pie de arado moderadamente desarrollado con una flecha.

PIE DE ARADO FUERTEMENTE DESARROLLADO
Tiene una resistencia alta al cuchillo. El suelo es muy compacto y macizo (sin una estructura visible) y tiene mínima porosidad (calificador visual de 0). No se observan canales de lombrices, raíces nuevas o viejas, ni fisuras. Puede ocurrir algún moteado naranja o gris. En la foto se indica el pie de arado fuertemente desarrollado con una flecha.



Muestra 1, Km 13, Valle de Lluta

Identificación Cuartel	:	
Profundidad muestreo(cm)	:	
N° de Laboratorio	:	160031
Fertilidad		
pH (agua, relación 1:2,5)	1:2,5	6,8 Neutro
C.Eléctrica (en extracto)	dS/m	11,1 Salino
Materia orgánica	%	1,6 Bajo
Nitrógeno disponible (N)	mg/kg	22 Medio
Fósforo disponible (P)	mg/kg	31 Adecuado
Potasio disponible (K)	mg/kg	683 Adecuado
Microelementos disponibles		
Hierro (Fe)	mg/kg	17,6 Adecuado
Manganeso (Mn)	mg/kg	14,8 Alto
Zinc (Zn)	mg/kg	30,6 Adecuado
Cobre (Cu)	mg/kg	1,9 Adecuado
Boro (B)	mg/kg	59,6 Excesivo
Textura		
Arena (2,00 - 0,05 mm)	%	44
Limo (0,05 - 0,002 mm)	%	49
Arcilla (< 0,002 mm)	%	7
Clase Textural		Franca
Densidad aparente (terron)	g/cc	1,39
Retención de humedad		
0,3 bar (Capacidad de Campo)	%	21,2
15,0 bar (Pto.Marchitez Permanente)	%	8,6
Humedad aprovechable (peso)	%	12,6
Equivalencias. C.Eléctrica: dS/m = mmhos/cm; Nutrientes: mg/kg = ppm; Cat.Intercambiables: cmol+/kg = meq/100g		

Muestra 2, Sector Linderos, Valle de Lluta

Identificación Cuartel	:	
Profundidad muestreo(cm)	:	
N° de Laboratorio	:	160030
Fertilidad		
pH (agua, relación 1:2,5)	1:2,5	6,3 Lig.Acido
C.Eléctrica (en extracto)	dS/m	8,2 Salino
Materia orgánica	%	2,0 Bajo
Nitrógeno disponible (N)	mg/kg	28 Medio
Fósforo disponible (P)	mg/kg	89 Alto
Potasio disponible (K)	mg/kg	1000 Alto
Microelementos disponibles		
Hierro (Fe)	mg/kg	39,9 Adecuado
Manganeso (Mn)	mg/kg	12,0 Alto
Zinc (Zn)	mg/kg	22,1 Adecuado
Cobre (Cu)	mg/kg	2,1 Adecuado
Boro (B)	mg/kg	29,0 Excesivo
Textura		
Arena (2,00 - 0,05 mm)	%	44
Limo (0,05 - 0,002 mm)	%	39
Arcilla (< 0,002 mm)	%	17
Clase Textural		Franca
Densidad aparente (terron)	g/cc	1,33
Retención de humedad		
0,3 bar (Capacidad de Campo)	%	23,4
15,0 bar (Pto.Marchitez Permanente)	%	9,0
Humedad aprovechable (peso)	%	14,3
Equivalencias. C.Eléctrica: dS/m = mmhos/cm; Nutrientes: mg/kg = ppm; Cat.Intercambiables: cmol+/kg = meq/100g		

Calidad del agua de riego en el valle de Lluta

Parámetro	Parte alta	Parte media	Parte baja
pH	7,89	7,79	8,16
C.E. dS/m	2,2	3,22	5,5
Ca meq/L	6,98	9,75	20,24
Mg meq/L	2,39	4,41	8,46
Na meq/L	8,9	11,41	22,17
K meq/L	1,48	1,57	2,56
CO ₃ meq/L	–	–	1,24
HCO ₃ meq/L	1,88	1,65	1,57
Cl meq/L	12,00	15,05	31,13
SO ₄ meq/L	7,35	10,92	21,3
Boro ppm	12,43	13,46	16,00
RAS	4,11	4,29	5,85
Na %	45,02	42,04	41,65
Clasificación	C3 – S1	C4 – S2	C4 – S2

Fuente: Torres, A.; Jiménez, M., 1998.

Tributarios del río Lluta

Tributario	Aporte (en %) al caudal del río Lluta
Caracarani	13
Azufre	7
Cascavilane, Teleschuño, Guancarane y Chuquiananta	28
Colpitas	28
Putre, Aroma y Socoroma	24

Fuente: INGENDESA, 1993.



Producción relativa de algunos cultivos bajo influencia de salinidad en suelo (CEe) y agua de riego (CEa)

Cultivo	100%		90%		75%		50%		0%	
	CEe	CEa	CEe	CEa	CEe	CEa	CEe	CEa	CEe	CEa
Maíz	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10	6,7
Tomate	2,5	1,5	3,5	2,3	5,0	3,4	7,6	5,0	13	8,4
Pepino	2,5	1,5	3,3	2,2	4,4	2,9	6,3	4,2	10	6,8
Lechuga	1,3	0,9	2,1	1,4	3,2	2,1	5,1	3,4	9	6
Cebolla	1,2	0,8	1,8	1,2	2,8	1,8	4,3	2,9	7,4	5
Alfalfa	2	1,3	3,4	2,2	5,4	3,6	8,8	5,9	16	10
Naranja	1,7	1,1	2,3	1,6	3,3	2,2	4,8	3,2	8,0	5,3

Fracción de Lavado para tomate en parte media del Valle de Lluta

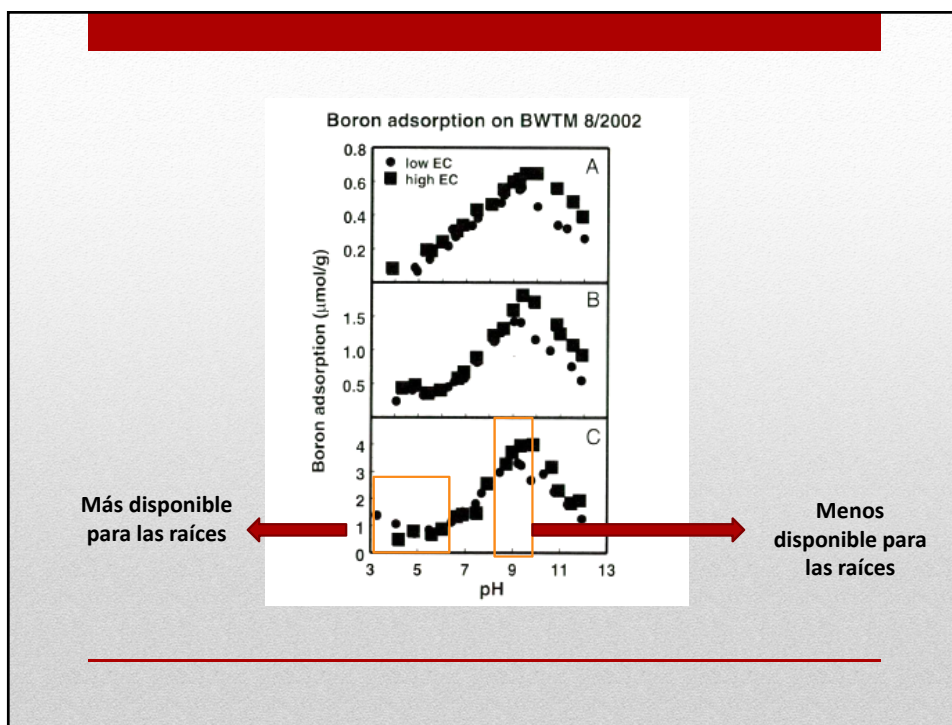
$$FL = \frac{CEa}{2 \max CEe} = \frac{3,22}{2 * 13} = 0,12 = 12\%$$

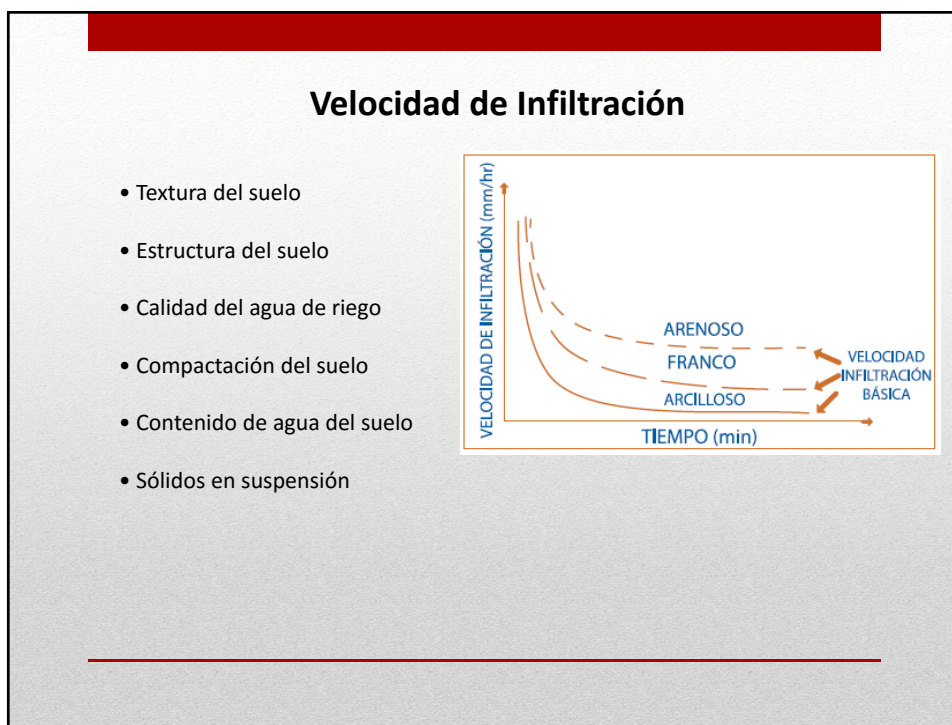
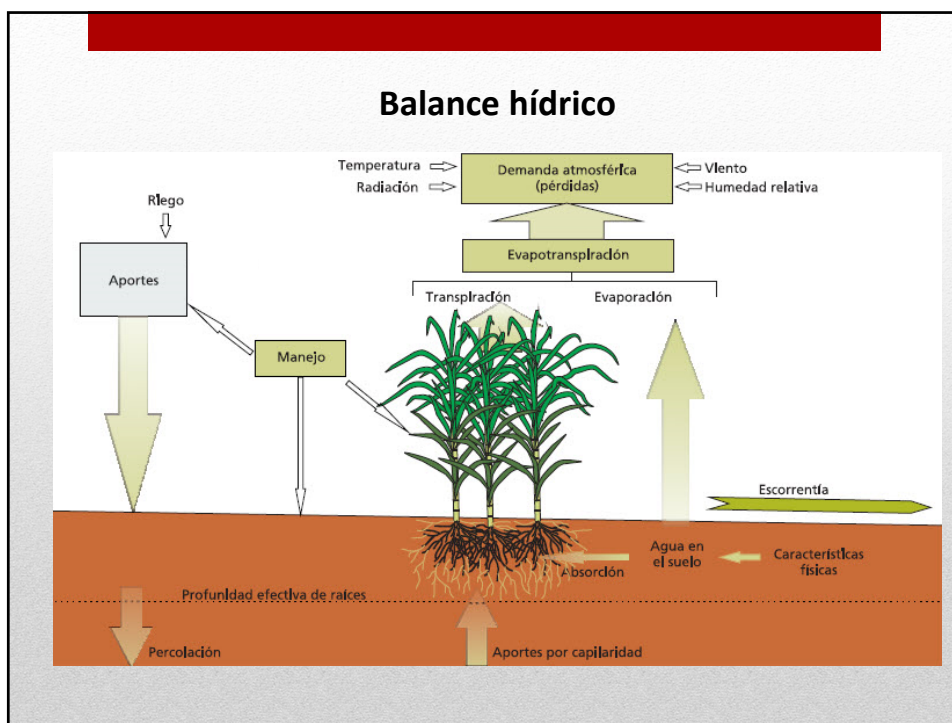
Fracción de Lavado para maíz con 75% de rendimiento en parte media del Valle de Lluta

$$FL = \frac{CEa}{5 CEe - CEa} = \frac{3,22}{5 * 3,8 - 3,22} = 0,20 = 20\%$$

Tolerancia al boro de algunos cultivos en agua de riego

Tolerancia	Concentración de boro en agua de riego (mg/L)	Cultivo Agrícola
Extremadamente sensible	< 0,5	Arándano, limón
Muy sensible	0,5 – 0,75	Palto, naranjo, durazno, frutilla, cebolla
Sensible	0,75 - 1	Ajo, trigo, poroto
Moderadamente sensible	1 - 2	Brócoli, zanahoria, papa, pepino, lechuga
Moderadamente tolerante	2 - 4	Maíz, alcachofa, coliflor, repollo
Tolerante	4 – 6	Tomate, alfalfa, betarraga, remolacha
Muy tolerante	6 -10	Algodón, apio
Muy tolerante	10 - 15	Espárragos



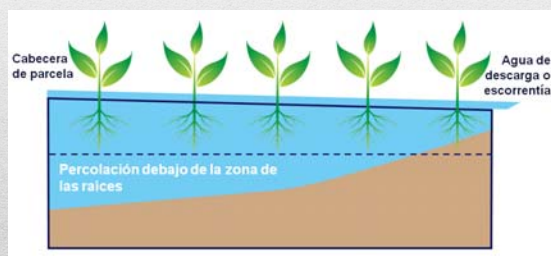


Comparación entre suelo bien drenado y suelo con baja permeabilidad

FACTOR	SUELO BIEN DRENADO	SUELO CON BAJA PERMEABILIDAD
Aireación del Suelo	15 – 20 % oxígeno	Menos de 5% de oxígeno
Temperatura del suelo	Normal	1 a 5 ° C más baja
Disponibilidad de nutrientes	Normal	Escasa a nula
Mecanización	Preparación de suelos óptima en calidad y oportunidad	Deficiente preparación de suelo y con retraso.
Problemas Sanitarios	Normales	Se acentúan problemas en plantas, animales y humanos.

Consideraciones para el control de riego en surcos

Las características de la infiltración de agua en un suelo nos darán una guía sobre cómo manejar el riego, modificando el tiempo de aplicación de agua (tiempo de riego) de acuerdo a la capacidad del suelo de absorber agua, para evitar que ésta se acumule en la superficie y se produzcan pérdidas por escurrimiento superficial.



Control de caudales en cabecera de riego



Canaleta Parshall en el canal de aducción

Ejemplo 1

20 L/s = 1200 L/min = 72000 L/h = 72 m³/h

Ejemplo 2

25 L/s = 1500 L/min = 90000 L/h = 90 m³/h

Ejemplo 3

15 L/s = 900 L/min = 54000 L/h = 54 m³/h

Caudal máximo no erosivo

Pendiente (%)	Caudal máximo no erosivo (L/s)
0,3	2,0
0,5	1,2
1,0	0,6
1,5	0,4
2,0	0,3

Riego por canal discontinuo o pulsos



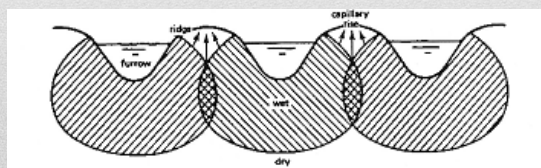
Ventajas	Desventajas
El agua aplicada alcanza el final del campo más rápido	Reducida infiltración
Se reducen los tiempos de oportunidad	Grado de manejo superior
La percolación es menos profunda	Mantenimiento de equipos
Se reduce la escorrentía superficial	
Aumenta la eficiencia	
Ahorro de energía y agua	
Automatización	

Tratamiento/Temporada/Suelo/N° de riegos	Ef. Aplicación	Escorrentía	Percolación	Rendimiento qq/ha
Temporada 2012-2013/ Suelo Franco arenoso/ 10 riegos				
Riego convencional	32%	39%	29%	107
Riego por pulsos	66%	25%	7%	134
Temporada 2013-2014/ Suelo Franco arcilloso/ 7 riegos				
Riego convencional	23%	28%	49%	144
Riego por pulsos	52%	22%	26%	169

Fuente: INIA

En riego por surcos, se debe visualizar en una calicata el patrón de humedecimiento en el surco y camellón para un adecuado desplazamiento de sales.

Debe observarse una superposición de humedad.



Consideraciones para el control de riego tecnificado

Coefficiente de Uniformidad

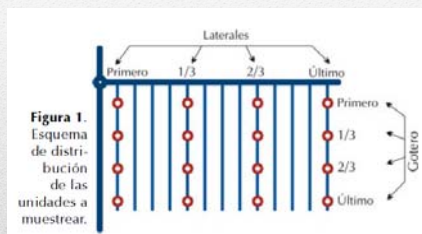


Figura 1. Esquema de distribución de las unidades a muestrear.

$$CUC = \frac{q_{25\%}}{q_a} \times 100$$

Caudal nominal: 5 L/h metro lineal

Coefficiente de Uniformidad

Ejemplo:

Q1: 4,5 L/h Q9: 4,2 L/h
 Q2: 4,3 L/h Q10: 4,0 L/h
 Q3: 4,1 L/h Q11: 3,8 L/h
 Q4: 3,8 L/h Q12: 4,5 L/h
 Q5: 4,0 L/h Q13: 4,5 L/h
 Q6: 4,0 L/h Q14: 4,3 L/h
 Q7: 4,2 L/h Q15: 4,8 L/h
 Q8: 4,8 L/h Q16: 4,4 L/h

$Q_a = 4,3 \text{ L/h}$

$Q_{25\%} = (3,8 + 3,8 + 4,0 + 4,0)/4 =$

$Q_{25\%} = 3,9 \text{ L/h}$

$$CU = \frac{3,9}{4,3} * 100 = 90,7\%$$

Valores de Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUC).

Funcionamiento	Coeficiente de Uniformidad de Caudales (%)
Excelente	90-100%
Buena	80-90%
Aceptable	70-80%
Inaceptable	< 70%



Manómetro de presión



Contador volumétrico

Indicadores de la planta



Visual



Método Simple. La detección temprana en cambios de color y otros cambios requieren experiencia. Aun así, los rendimientos ya han sido afectados.



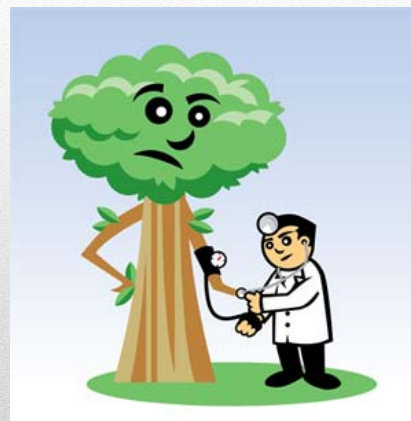
Termometría infrarroja



Metodología de aplicación bien desarrollada. Problemas de sensibilidad en climas húmedos.



Potencial hídrico de la hoja



Conductancia estomática de la hoja





Gracias por su atención