



DESAFÍOS DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DE LA REGIÓN  
DE VALPARAÍSO-CHILE, FRENTE A LA SUSTENTABILIDAD TERRITORIAL

# Deficiente Manejo del Suelo y Riego Provocan Erosión y Salinización

Prof. Eduardo Salgado, Ph. D.

Diciembre, 2016



## Erosión y salinización

- Factores importantes de degradación del suelo
- Orígenes y mecanismos diferentes
- Factor común: deficiente manejo del suelo y del agua



## Erosión:

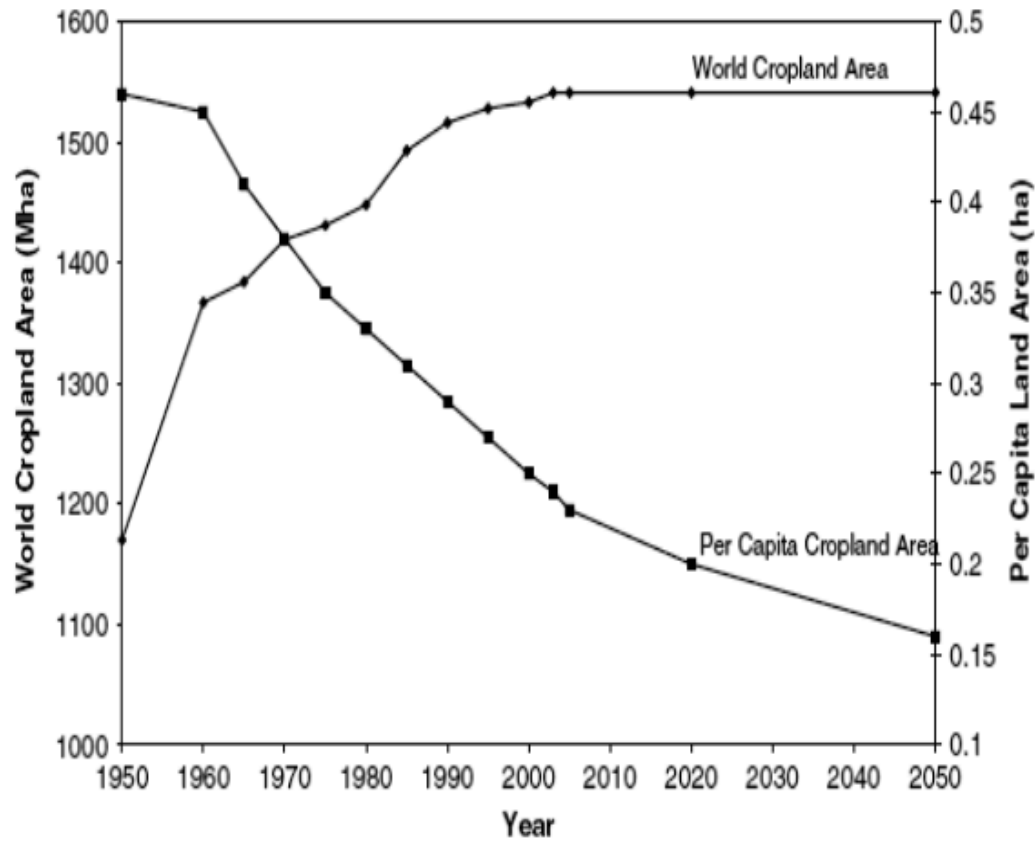
- NATURAL hídrica, eólica,
- ANTRÓPICO, cobertura vegetal, manejo del agua



## Salinización:

- NATURAL, crecidas de ríos aguas con altos contenidos salinos. Roca original, aridez
- ANTRÓPICO, manejo inadecuado del riego

### Disponibilidad de tierra *per cápita* a nivel mundial





## Población mundial por región

Region	Area (millions of km <sup>2</sup> )	2013 Population (millions)	Percent of world population	Density (p/km <sup>2</sup> )	2050 population. (projected)	% of world pop.	% Change 2013-2050
Asia	31.9	4 298	60.0	135	5 164	54.1	20
Africa	31.0	1 110	15.5	36	2 393	25.1	115
Europe	23.0	742	10.4	32	709	7.4	-4
LAC	20.5	617	8.6	30	782	8.2	27
North America	21.8	355	5.0	16	446	4.7	26
Oceania	8.6	38	0.5	4	57	0.6	48
<b>World</b>	<b>136.8</b>	<b>7 162</b>	<b>100.0</b>	<b>52</b>	<b>9 551</b>	<b>100</b>	<b>33</b>



## Desafíos de la seguridad alimenticia para el suelo

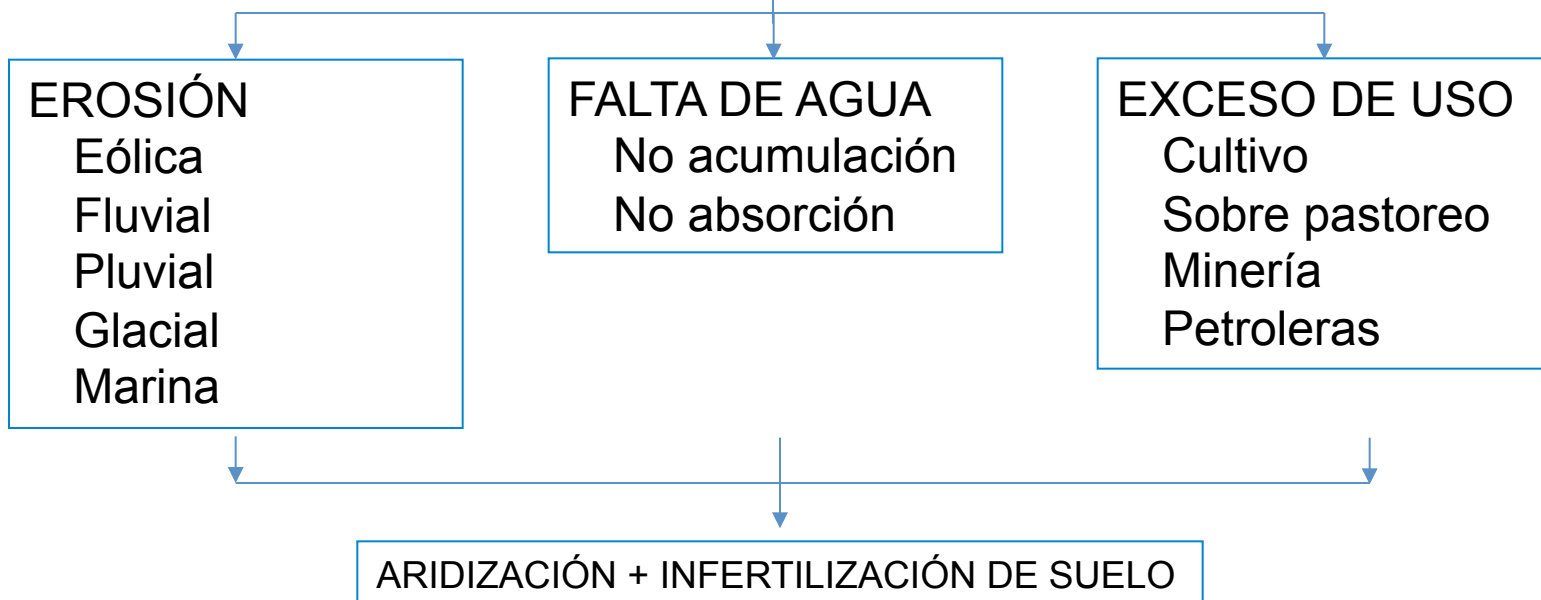
- 805 millones de personas están hambrientas y mal alimentadas en 2015
- se necesitará un 60% más de alimentos para el año 2050
- el 33% de los recursos del suelo se están degradando



# Degradación Ecológica del Suelo

## DESTRUCCIÓN DE LA CUBIERTA VEGETAL

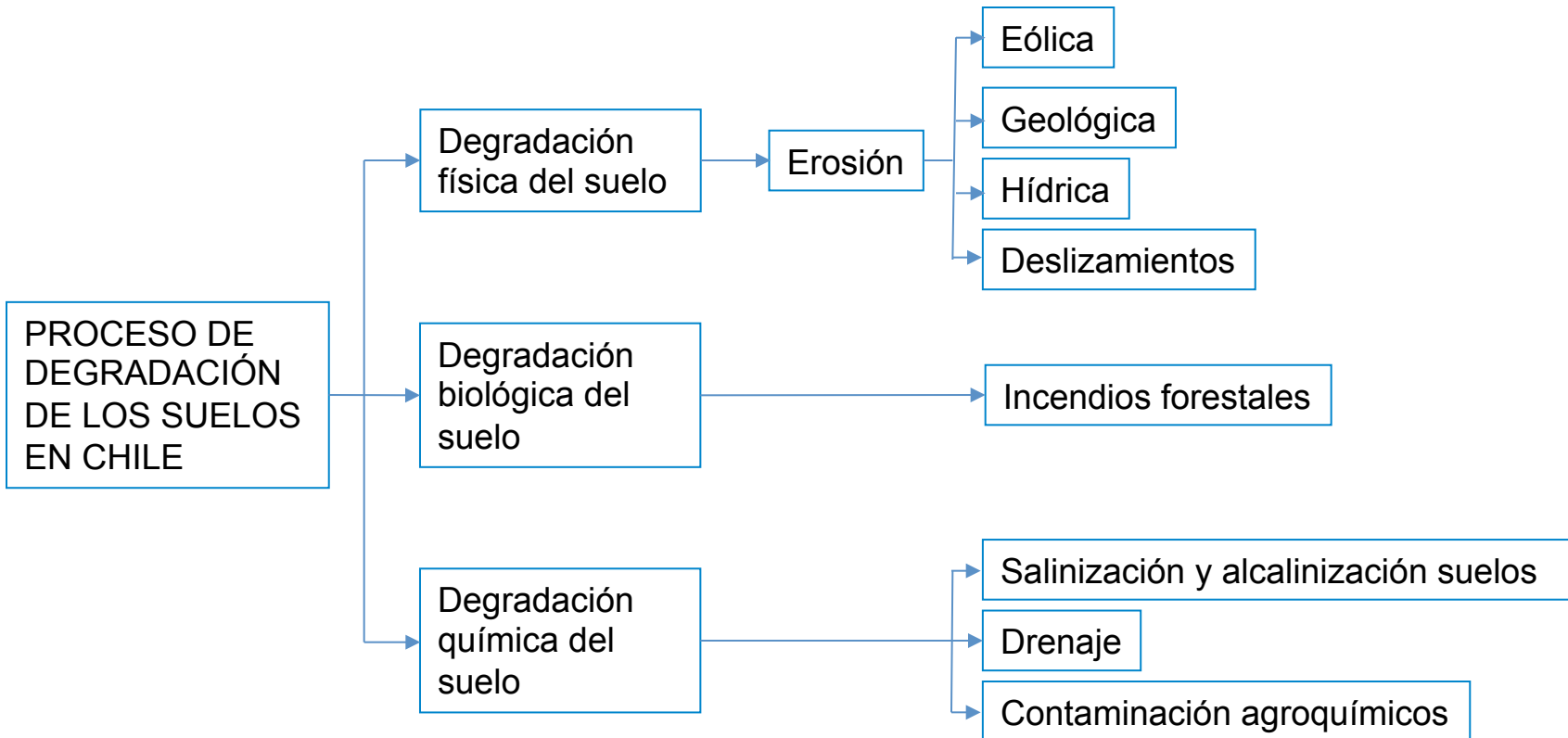
Causada por (básicamente):





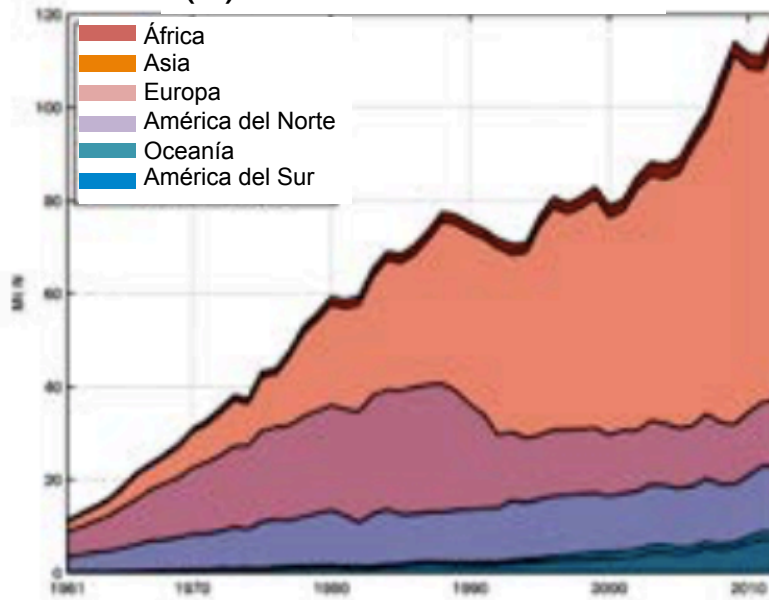


Contribución de las actividades agrícolas e industriales a la degradación del suelo (Gruver, 2013)



Fuente: Informe país. Estado del medioambiente en Chile (2002)

(a) Uso fertilizantes N



(b) Uso fertilizantes P

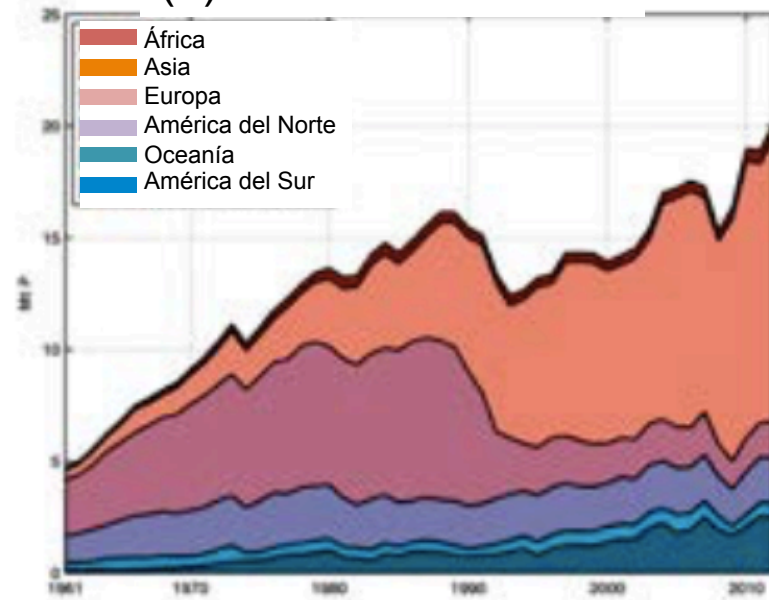
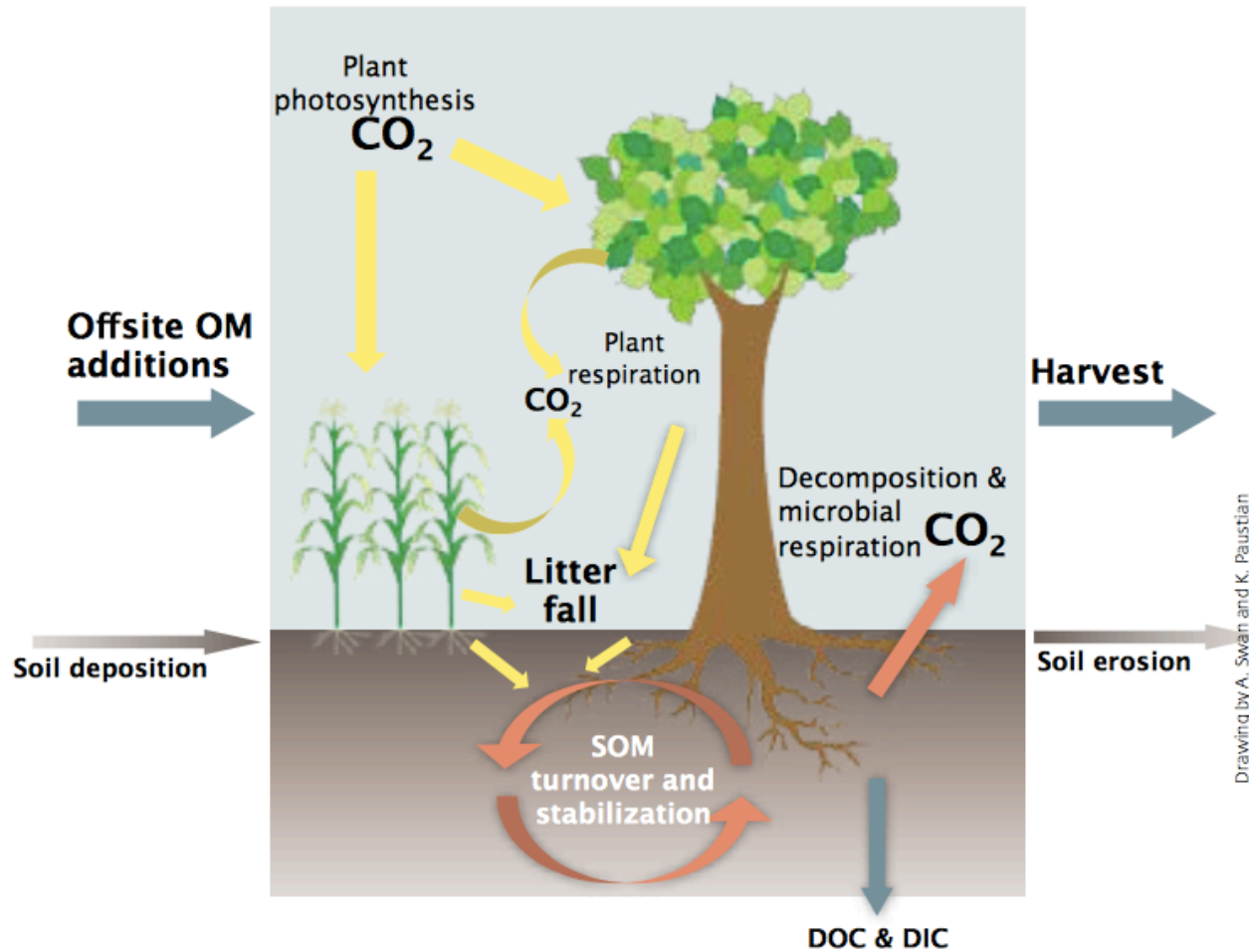


Figure 2.3 | Global (a) nitrogen (N) and (b) phosphorus (P) fertilizer use between 1961 and 2012 split for the different continents in Mt P per year. Source: FAO, 2015.

### Ciclo del carbono



Drawing by A. Swan and K. Paustian



Ejemplos de tendencias globales en el manejo del suelo y sus efectos sobre los servicios ecosistémicos a través del agua (Steinfeld et al 2006; Setälä et al 2004)

Manejo (tendencia global)	Consecuencia	Regulación	Cultural
Cambio de uso del suelo de agrícola a urbano	Decrece biomasa y disponibilidad de agua para la agricultura	Aumenta impermeabilización, decrece infiltración, almacenamiento	Deteriora el ambiente natural
Arable a pastura intensiva		Mayor captura de CO <sub>2</sub> Mayor requerimiento de agua Stress sobre ecosistema Limpieza de corrientes de agua	
Secano a Riego	Mayor biomasa Menor disponibilidad de agua para uso urbano	Mayor captura de CO <sub>2</sub> Menor potencial de infiltración	Infraestructura altera el paisaje
Drenaje	Menor saturación de suelos Mayor biomasa Decrecen humedales	Menor captura CO <sub>2</sub> Atenuación de la desnitrificación e inundaciones	Menor potencial de recreación



## Funciones del suelo en relación al ciclo del agua y servicios ecosistémicos

Función del suelo	Mecanismo	Consecuencia	Servicio Ecosistémico
Almacenamiento	Agua en poros	Aumento biomasa Protección suelo	Prod. Alimentos Estética Control erosión
Absorción	Infiltración de agua Exceso	Reducción del escurrimiento superficial	Control de erosión Protección a inundaciones
Trasmisión	Redistribución del agua en el suelo	Percolación	Recarga acuífero
Filtrado	Agua en el suelo interactúa con partículas y biota	Remoción de contaminantes biológicos	Agua de calidad



## Reducción de rendimientos por erosión (estimados de artículos)

Autor	Base de datos	Extensión	Estimación
Den Biggelaar et al (2003)	Erosión: 179 experimentos Rendimiento/erosión: 362	37 países	Erosión: promedio 12 – 15 t ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> (8- 10 mm a <sup>-1</sup> )
Bakker et al (2004)	Erosión/rendimiento: 24 experimentos	América del Norte Europa	Reducción rendimientos app 4% / 10 cm (0,35% año)
Scherr (2003)	28 estudios regionales y 54 nacionales	Global	Reducción rendimientos 0,3 % año
Crosson (2001)	Glasod, Dregne and Chou (1992)	Global	Reducción rendimientos promedio 5% año



Cuadro 2: Categorías de erosión a nivel Nacional, 1979.

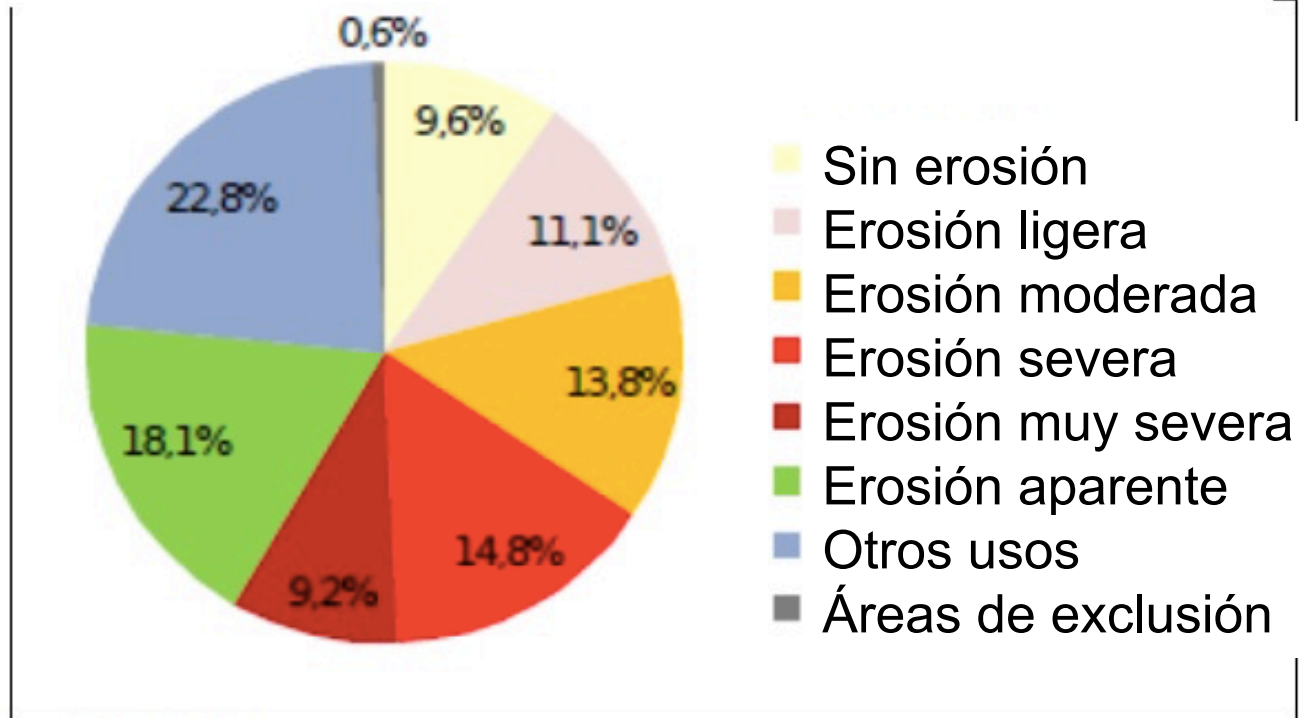
Categorías de erosión (ha)					
Regiones	Muy Grave	Grave	Moderada	Leve	Total
I	38.750	1.027.375	1.116.075	356.768	2.538.968
II		1.435.200	1.120.135	126.250	2.681.585
III	1.056.250	152.250	809.250	630.375	2.648.125
IV		654.260	1.425.690	1.370.610	3.459.560
V	51.100	231.795	146.825	463.950	893.670
VI	198.377	544.429	210.624	19.918	973.348
VII	152.409	662.371	686.598	36.645	1.538.023
VIII	175.680	818.494	1.167.531	200.442	2.362.147
IX	65.841	809.396	1.533.320	69.537	2.478.094
X	401.964	593.373	1.655.914	2.194.865	4.846.116
XI	145.250	909.875	2.179.500	1.389.875	4.624.500
XII		900.000	3.463.500	524.250	4.887.750
RM	95.225	387.790	58.752	17.100	558.867
Total	2.380.846	9.126.608	15.573.714	7.400.585	34.490.753

Fuente: IREN, 1979.





Superficie de suelos erosionados



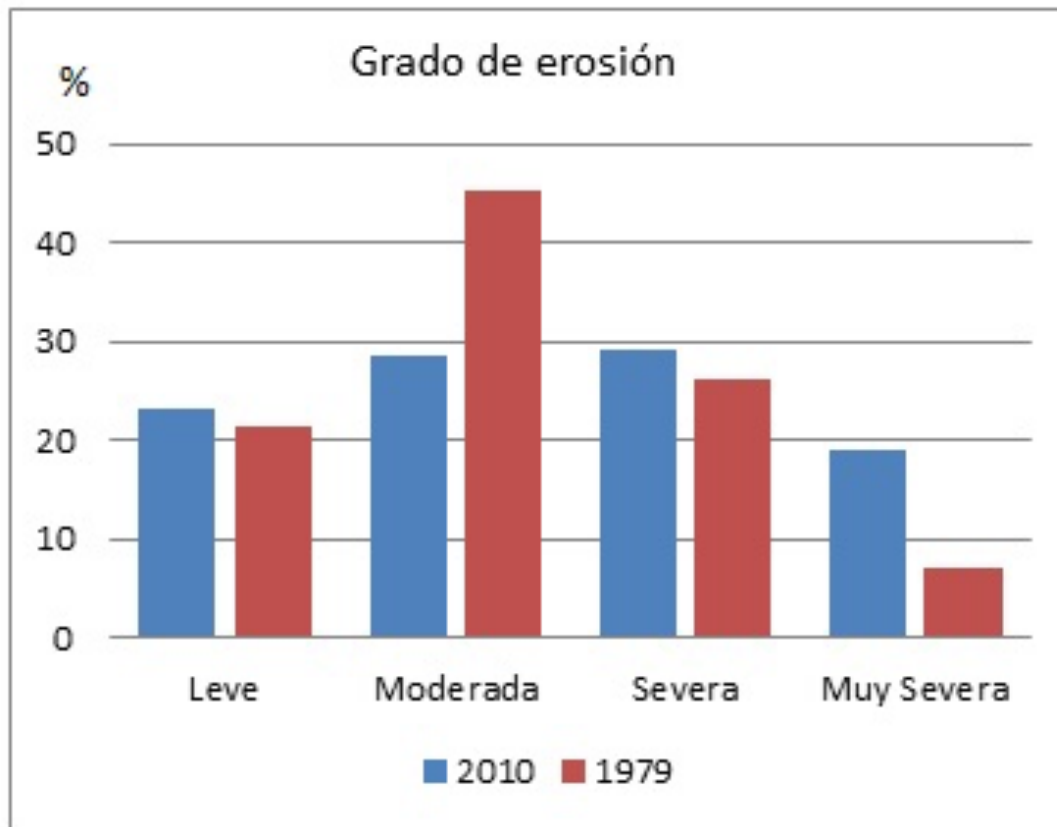
Fuente: CIREN, 2010.



Item	Superficie	Unidades
Total agrícola	75,1	ha (x 10 <sup>6</sup> )
Erosionada	36,8	ha (x 10 <sup>6</sup> )
Porcentaje suelos erosionados	38,0	%

Regiones más afectadas	
Coquimbo	84,3 %
Valparaíso	56,7 %
O`Higgins	52,5 %

### Variación del grado de erosión entre 1979 y 2010



Fuente: CIREN


**CIREN-CORFO**

Proyecto INNOVA 05CR11IXM-21

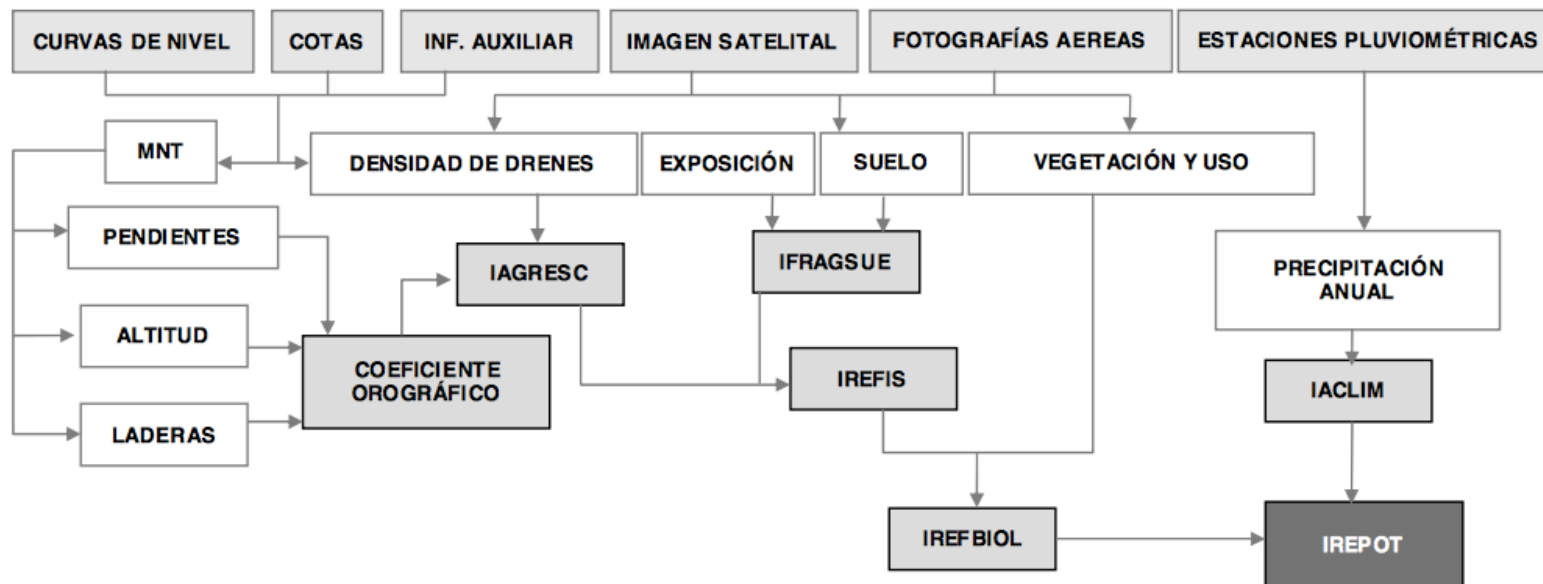


Figura 11. Diagrama metodológico del modelo de riesgo de erosión potencial (IREPOT).



Principales factores de erosión	Capacidad de manejo
Clima	No
Pendiente, altitud, coeficiente orográfico	No
Cobertura vegetal, uso apropiado del suelo	Si
Suelo, textura, porosidad, estructura	Si
Tecnología de riego	Si



## Salinidad del suelo

- Sales totales
- Sodificación
- Iones específicos



## Salinización del suelo debida a ciclos de:

- Movilización,
- Redistribución
- Acumulación

Cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos



## Factores que determinan salinidad del suelo

- Agua de riego
- Fertilización
- Régimen y método de riego
- Características e historia del campo





## Otras razones que provocan salinidad en suelo

- Depósitos atmosféricos aerosoles oceánicos
- Intrusión de agua marina en acuífero
- Ascenso de agua salina hasta la capa freática



Región	Países afectados	Superficie (ha x 10 <sup>6</sup> )
América del Norte	2	15,7
México y C América	2	2,0
América del Sur	9	129,0
África	31	80,6
Sur de Asia	18	87,4
Asia Norte y Central	4	211,7
Sureste Asiático	5	20,0
Oceanía	2	357,3
<b>Total mundial</b>	<b>73</b>	<b>903,7</b>



## Suelo salino

- CE (extracto saturado) > 4 dS/m (= 40 mMol NaCl)
  - (Agua de mar = 500 mMol NaCl)
  - (10 meq L<sup>-1</sup> = 1 dS m<sup>-1</sup>)



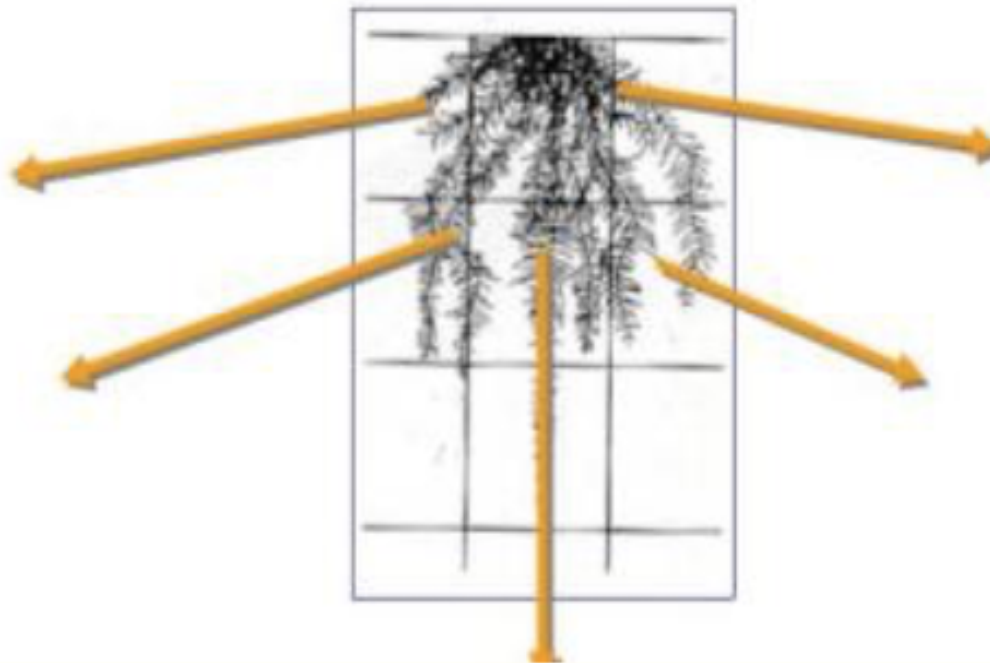
## Salinización por agua de riego

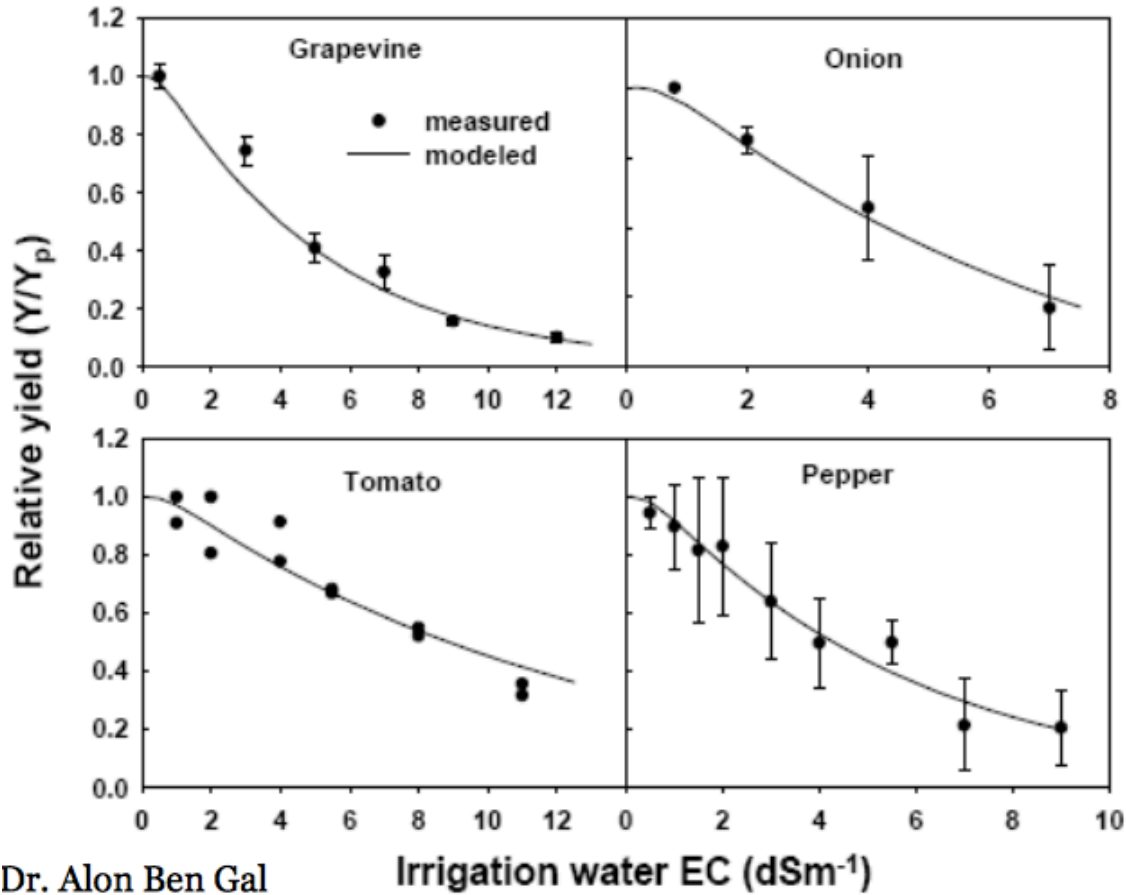
- Agua riego contiene sales
- Aplicada al suelo, planta extrae y transpira agua (app) pura
- Sales se acumulan en el suelo
- Precipitación (y/o) riego insuficiente para lavado



Tolerancia de cultivos a la salinidad	CE comienza daño (dS/m)
Sensible	< 1,3
Moderadamente sensible	1,3 – 3,0
Moderadamente tolerante	3,0 – 6,0
Tolerante	6,0 – 10,0
Inadecuado (mayoría cultivos)	> 10,0

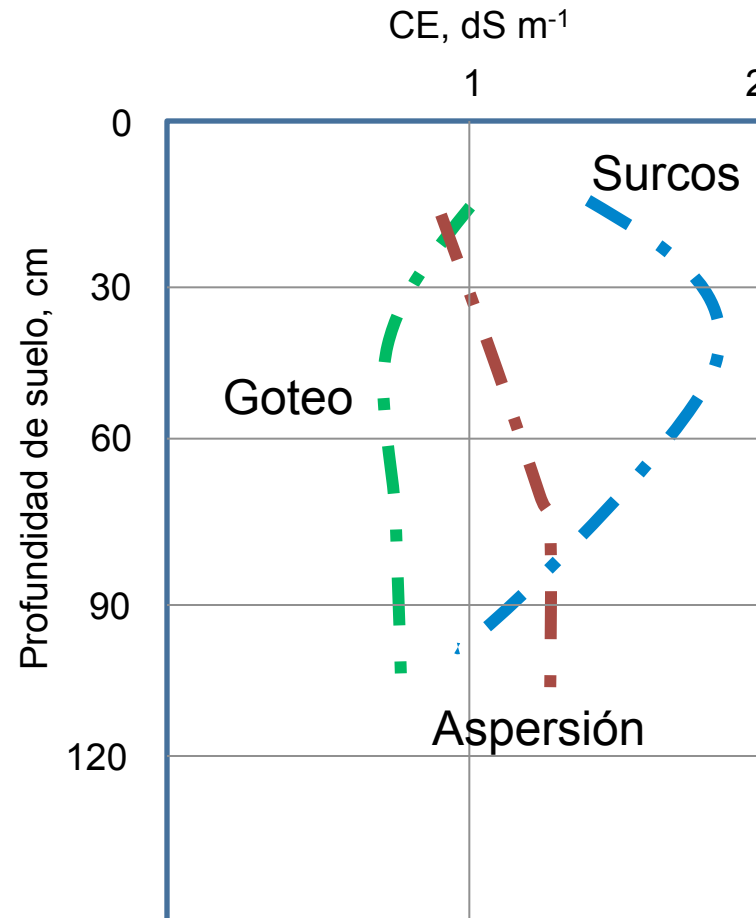
$$\left[ \begin{array}{l} \text{Presión osmótica} \\ \text{(interna planta)} \end{array} \right] < \left[ \begin{array}{l} \text{Presión osmótica} \\ \text{(suelo)} \end{array} \right]$$





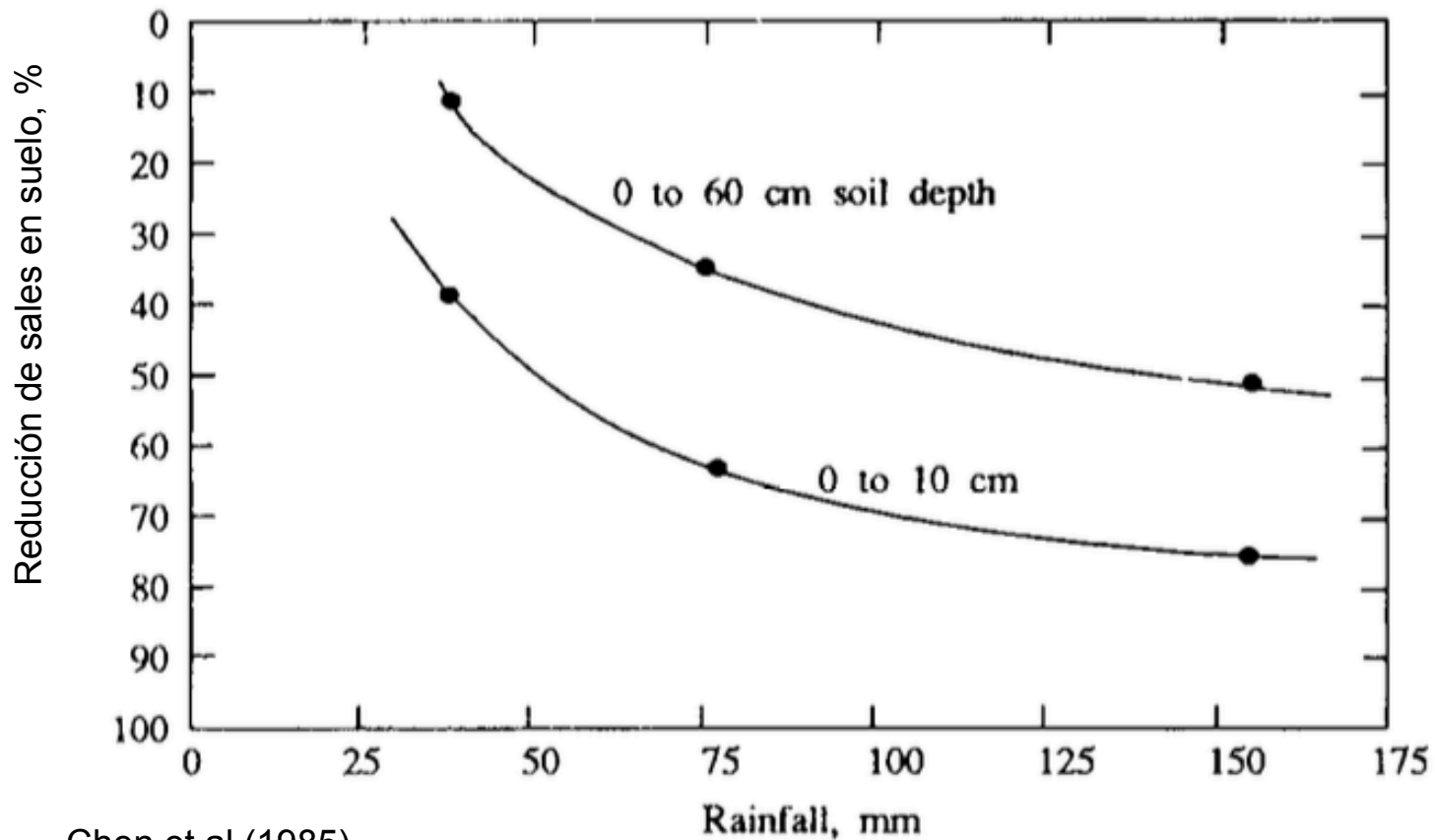
Dr. Alon Ben Gal

# Efecto del Método de Riego

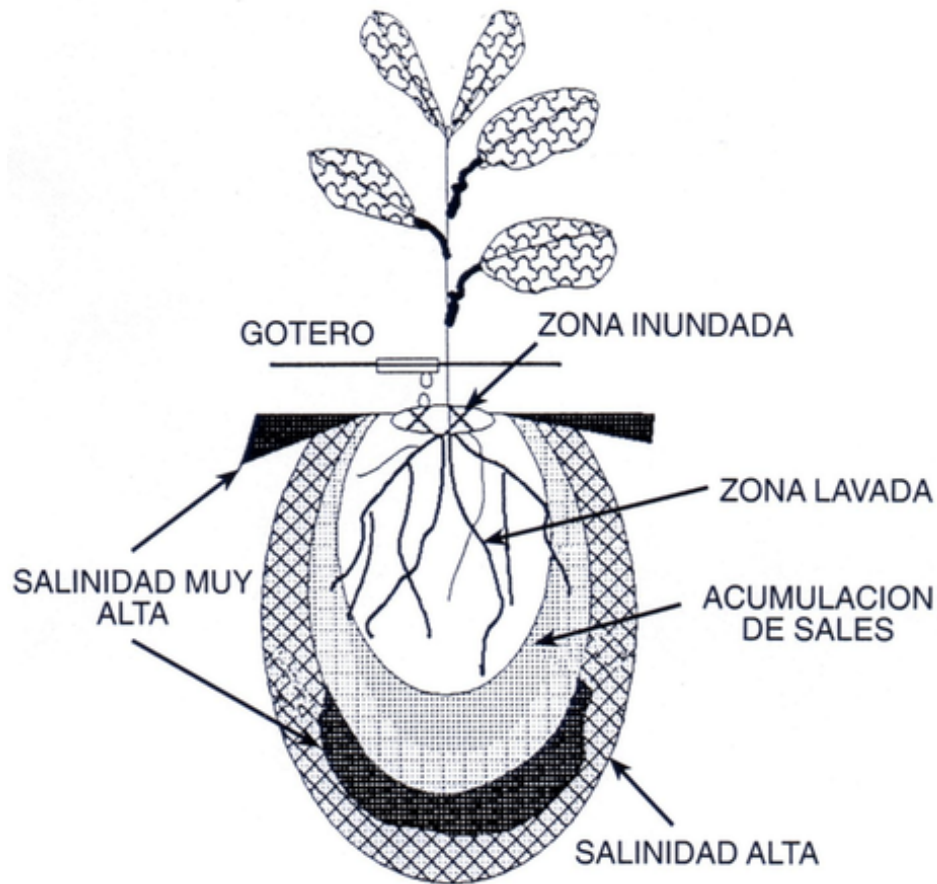




### Efecto de la lluvia en la remoción de sales del suelo



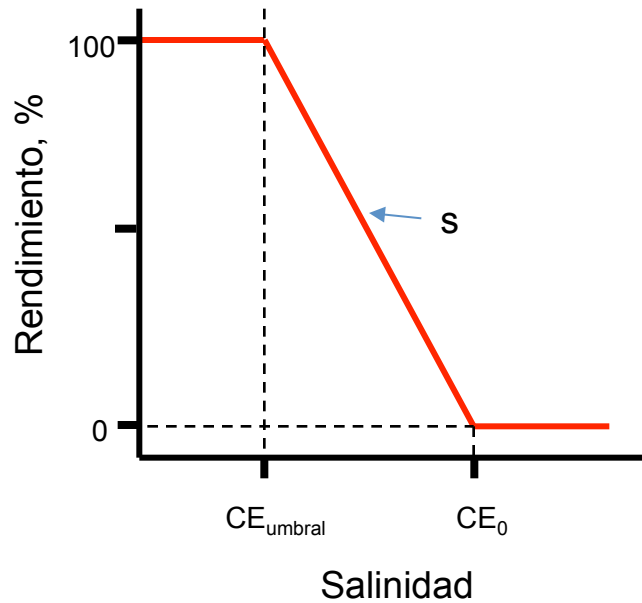
Chen et al (1985)





Requerimiento de lixiviación  
(Incremento dosis de riego)

$$RL, \% = \frac{CE_{\text{agua riego}}}{16} \times 100$$



Cultivo	$CE_{umbrales}$	s(%)
Alfalfa	2,0	7,3
Almendro	1,5	19,0
Maíz (grano)	1,7	12,0
Papa	1,7	12,0
Tomate	2,5	9,9
Vid	1,5	9,6

$$Rto (\%) = 100 - 100 s (CE_i - CE_{umbrales})$$



$$RAS = \frac{[Na^+]}{\sqrt{\frac{[Ca^{++}][Mg^{++}]}{2}}}$$

$RAS > 4$  (baja calidad del agua para riego,  
riesgo de sodificación con uso permanente)



## Sodio

- Dispersante de los coloides del suelo
- Destruye la estructura del suelo
- Altera permeabilidad de membranas celulares



## Salinidad total

- Incrementa presión osmótica de la solución del suelo
- Reduce potencial del agua en el suelo
- Reduce facilidad para absorción de agua por la planta



## Daño al suelo por cloruros

- Antagonismo con nitratos

## Daño al suelo por sulfatos

- Antagonismo con nitratos
- Acción corrosiva

## Daño al suelo por carbonatos y bicarbonatos

- Incrementan pH del suelo. Precipitaciones micronutrientes





## Daño al suelo por fluoruros

- Suelos ácidos pueden formar ácido fluorhídrico corrosivo

## Daño al suelo por boro

- Fitotoxicidad



Gracias