




*Manejo de Nutrientes y  
Salinidad del Algodonero*

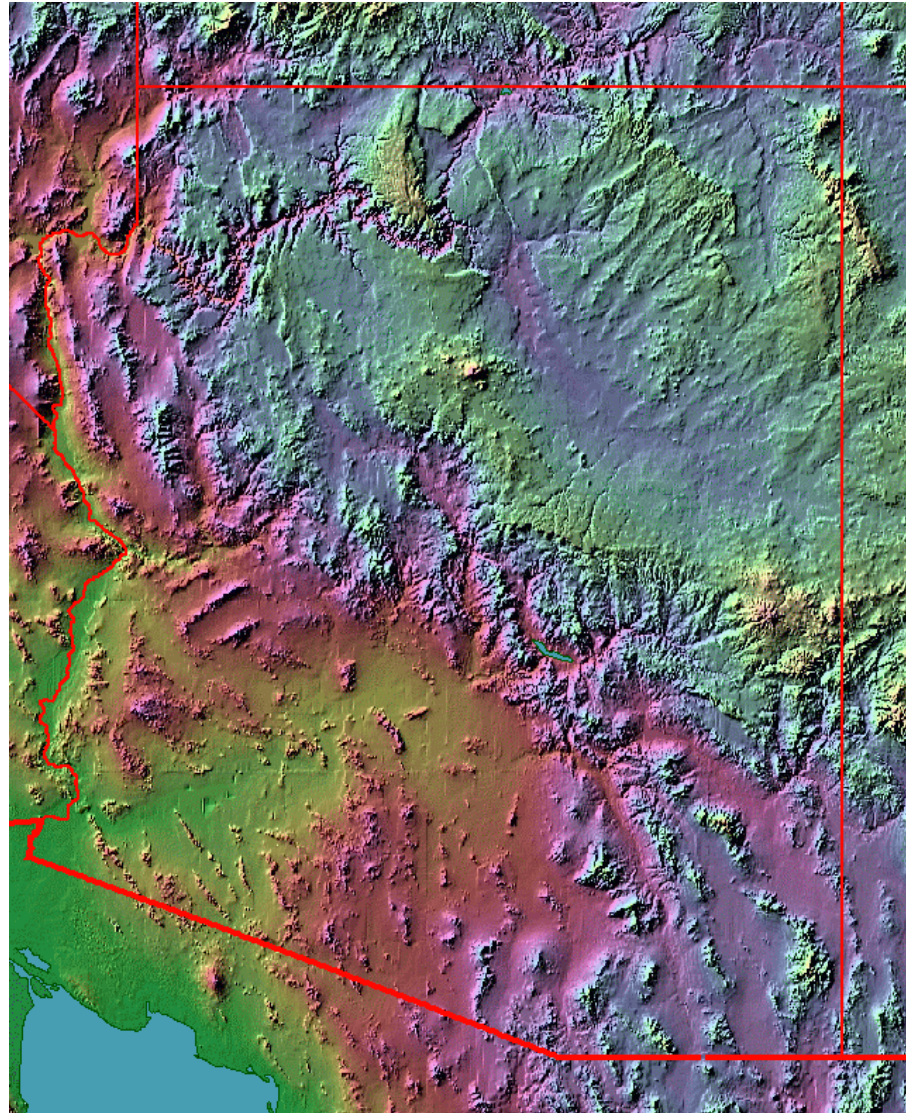
**Jeffrey C. Silvertooth  
Universidad de Arizona  
Tucson, Arizona  
Estados Unidos**





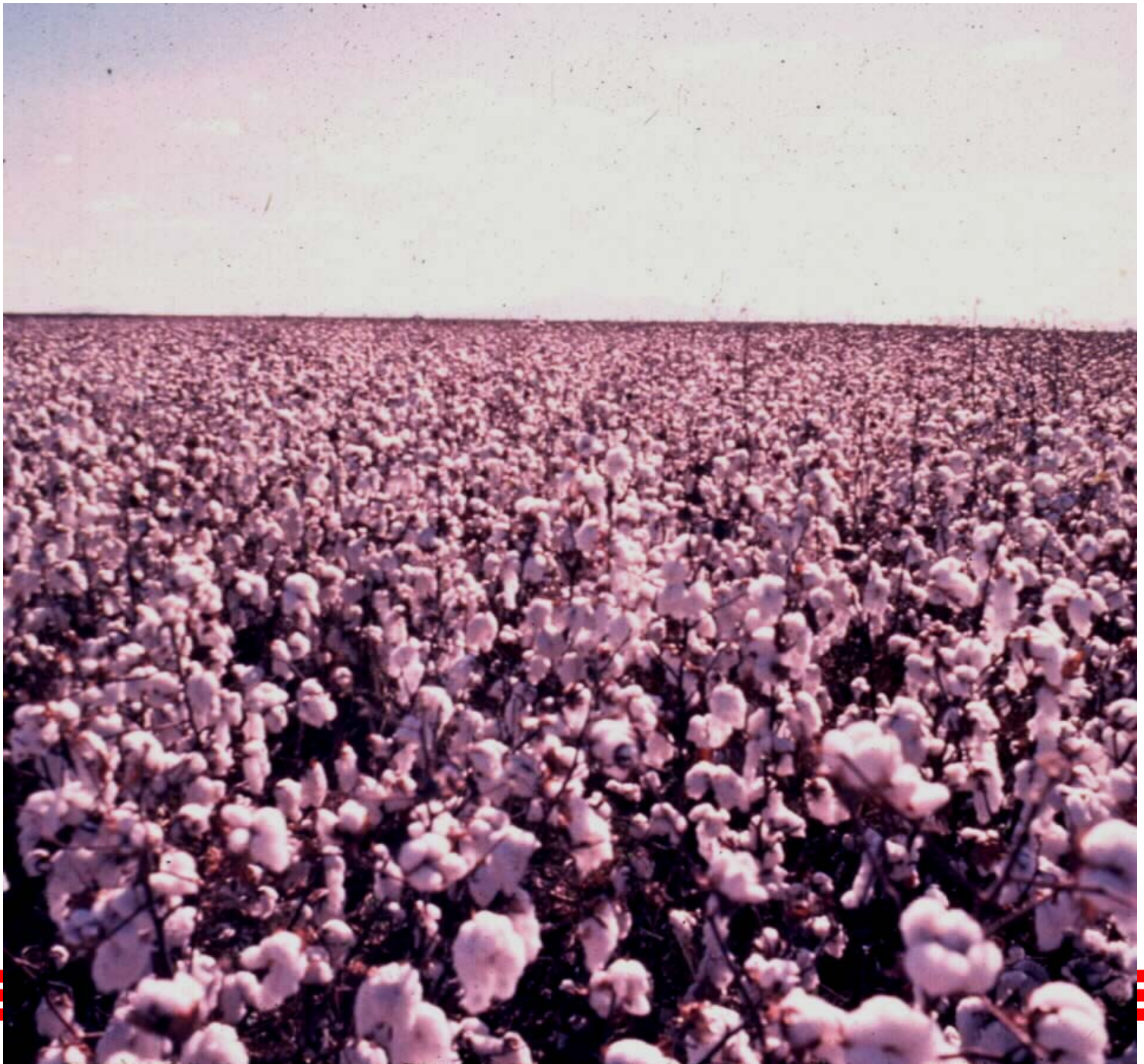


# *El Estado de Arizona*












# *Manejo de la Fertilidad del Suelo/Nutrición de Plantas- Algodonero Arizona.*

- La mayoría de los suelos en Arizona son por sí muy fértil (de nutrientes).
    - Suelo aluviales jóvenes (geologicamente)
    - Condiciones nativas
      - Bajo M.O.- y bajo N total (N-inorg & N-org)
      - Muy salinos ( $CE_e > 30.0$  dS/m comun).
    - Muy productivos después de la recuperación de sales/ $Na^+$ ;
  - Especial manejo para el sistema de corto a largo plazo.
- 



# *Meta en el Uso de Nutrientes*

- 1. Costo-producción efectiva de plantas de alta-calidad.**
  - 2. Uso eficiente y conservación de fuente de nutrientes.**
  - 3. Mantenimiento y mejoramiento de calidad del suelo.**
  - 4. Protección del medio-ambiente mas alla del suelo.**
- 
-




# *Problemas - Potencial por Fertilización*

- **Toma ineficiente y recuperación de nutrientes por el cultivo.**
  - Pérdida al medio-ambiente
- **Inapropiada o sobre-fertilización**
- **Evite el desbalance-ineficiencia de nutrientes.**

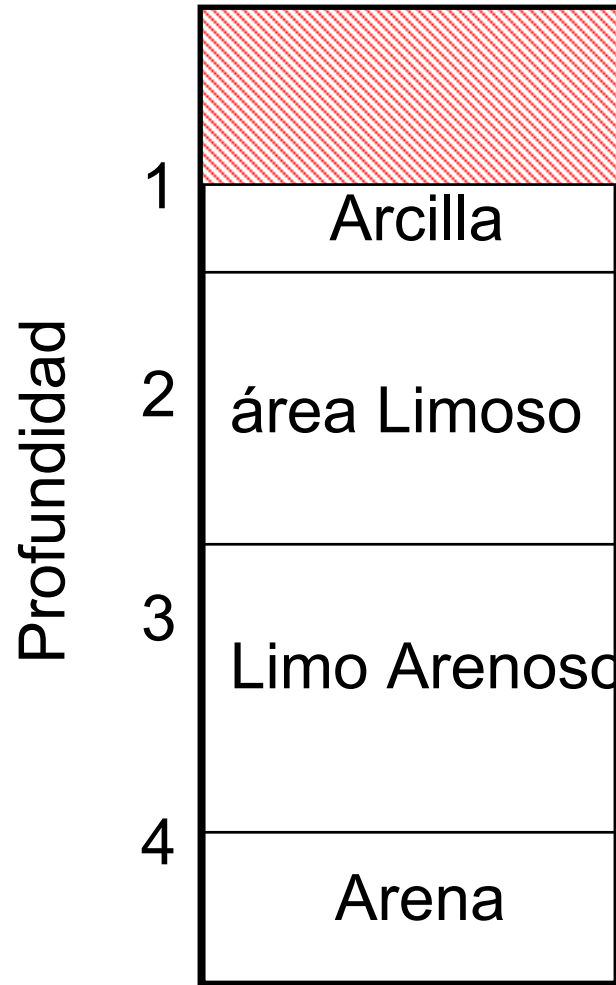





## *Puntos Clave en Conservación de Nutrientes en el Sistema Suelo-Planta.*

- **Hacer una estimación de formas de nutrientes disponibles para la planta.**
    - Usar análisis de suelo con sus índices apropiados.
  - **Aplique los nutrientes de acuerdo a la utilización y toma por la planta.**
    - El tiempo, el método y la dosis de aplicación de nutrientes es crítico.
- 


*área de Muestreo de Suelo 10-12''  
(primero paso)*






# *Fertilidad del Suelo/Guías para Análisis de Suelo - Algodonero Arizona (Nivel Crítico-UA-JCS)*

<u>Nutriente</u>	<u>Análisis de Suelo (extracción)</u>	<u>Nivel Crítico (ppm)</u>
N	1:1 soln.(ISE)	10 (NO <sub>3</sub> - N)
P	NaHCO <sub>3</sub>	5
K	NH <sub>4</sub> acetato	150
Zn	DTPA	0.6
Fe	DTPA	5.0
Mn	DTPA	1.0
B	Agua Caliente	0.5

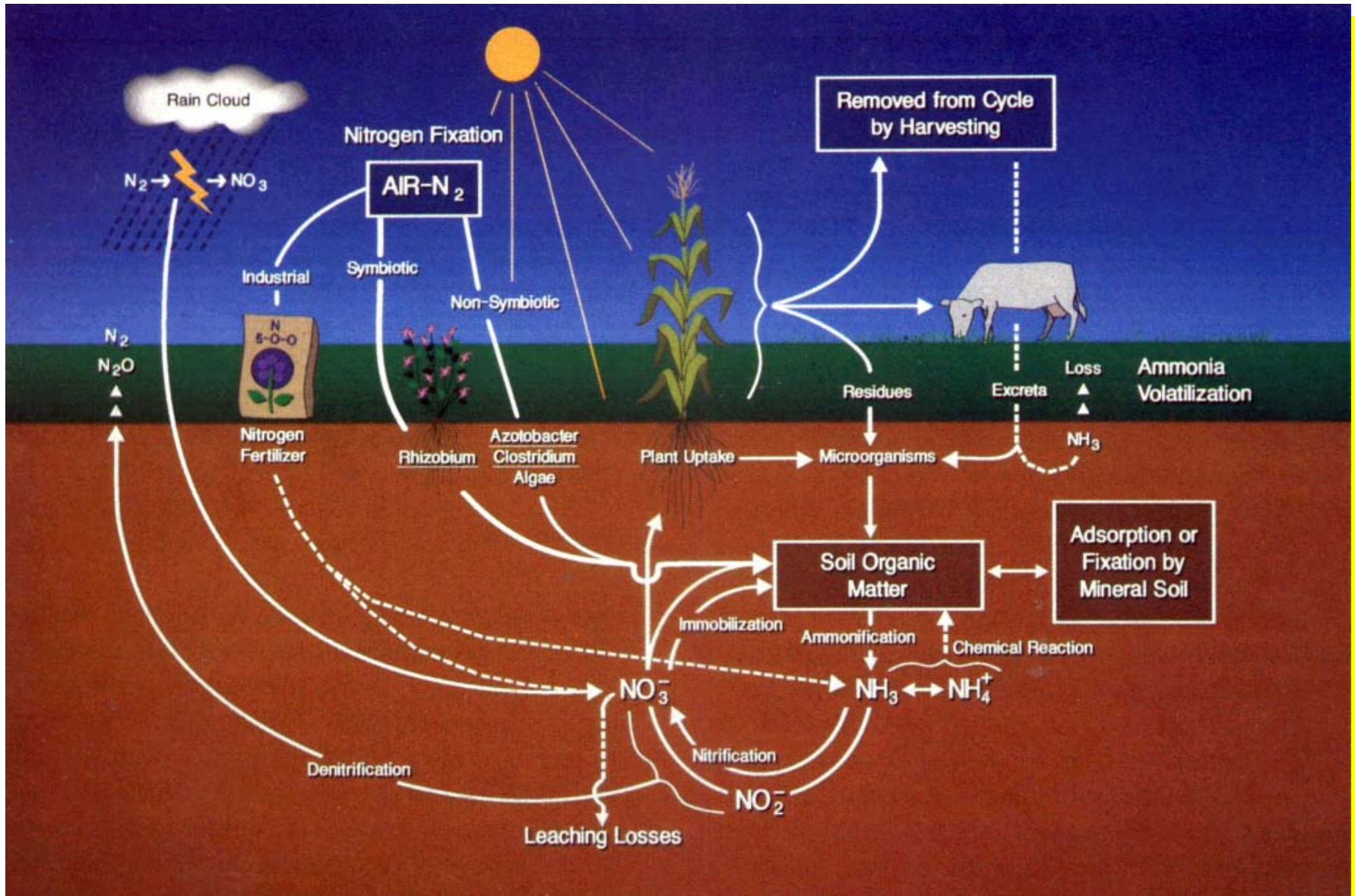




# *Producción de Algodonero en Arizona - Condiciones Normales*


- **Análisis de suelo indican:**
    - niveles adecuados de disponibilidad de nutrientes (basado en guías de la Universidad de Arizona) para macro, secundarios, y micronutrientes.
  - **El principal fertilizante requerido N**
    - Dosis?
    - Época de aplicación?
    - Método de aplicación?
- 

# Ciclo de Nitrógeno





# *Sistemas de Riego - Perdida Potencial por Lixiviación al Medio-Ambiente*

- **Nutrientes móviles están sujetos a pérdidas del sistema suelo-planta por lixiviación.**
    - **La pérdida se lleva a cabo por percolación del agua a través del perfil del suelo depositando nutrientes por debajo del sistema radicular.**
    - **El lavado ocurre bajo condiciones de saturación.**
- 




# Debe considerarse la interacción N X H<sub>2</sub>O

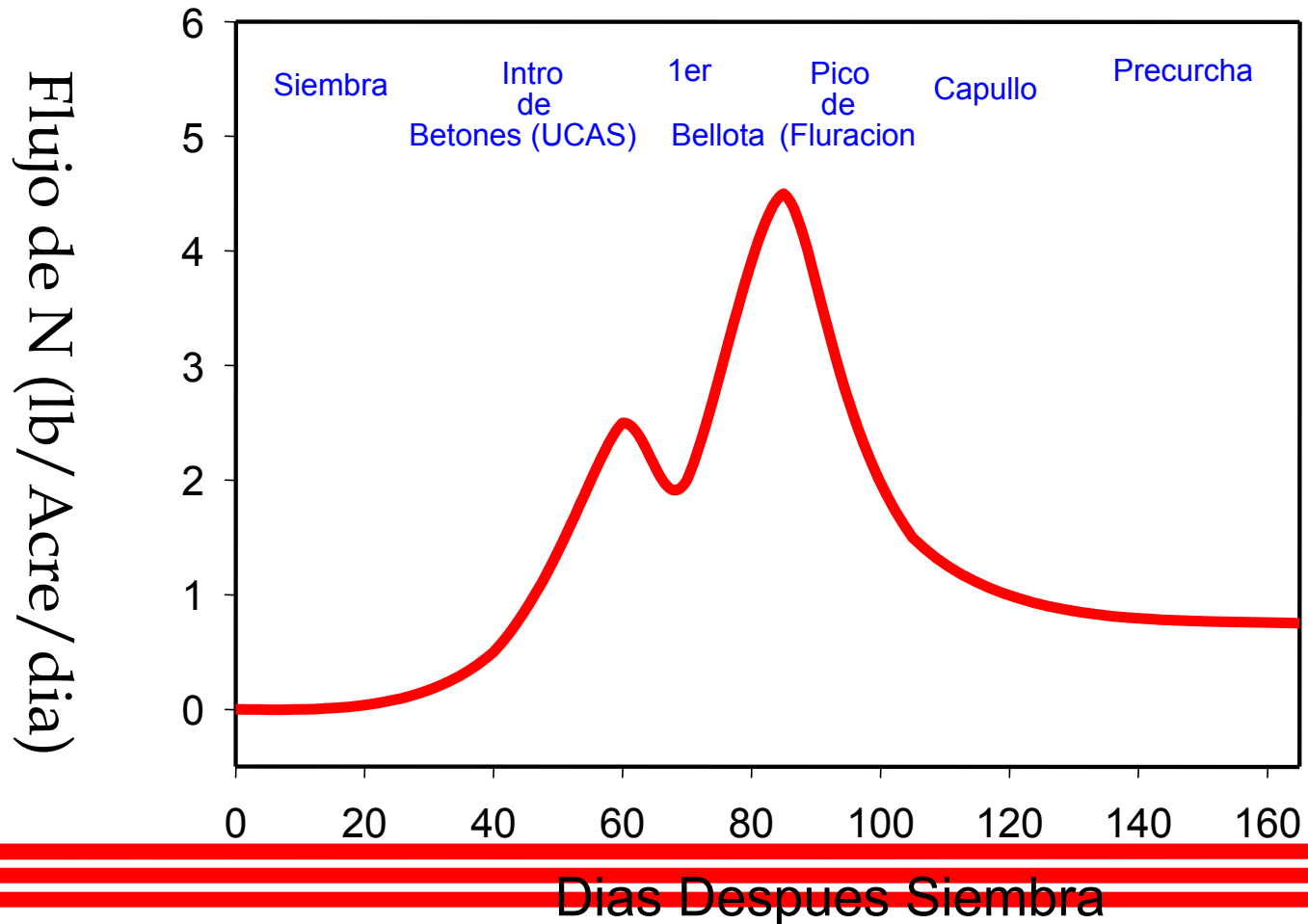




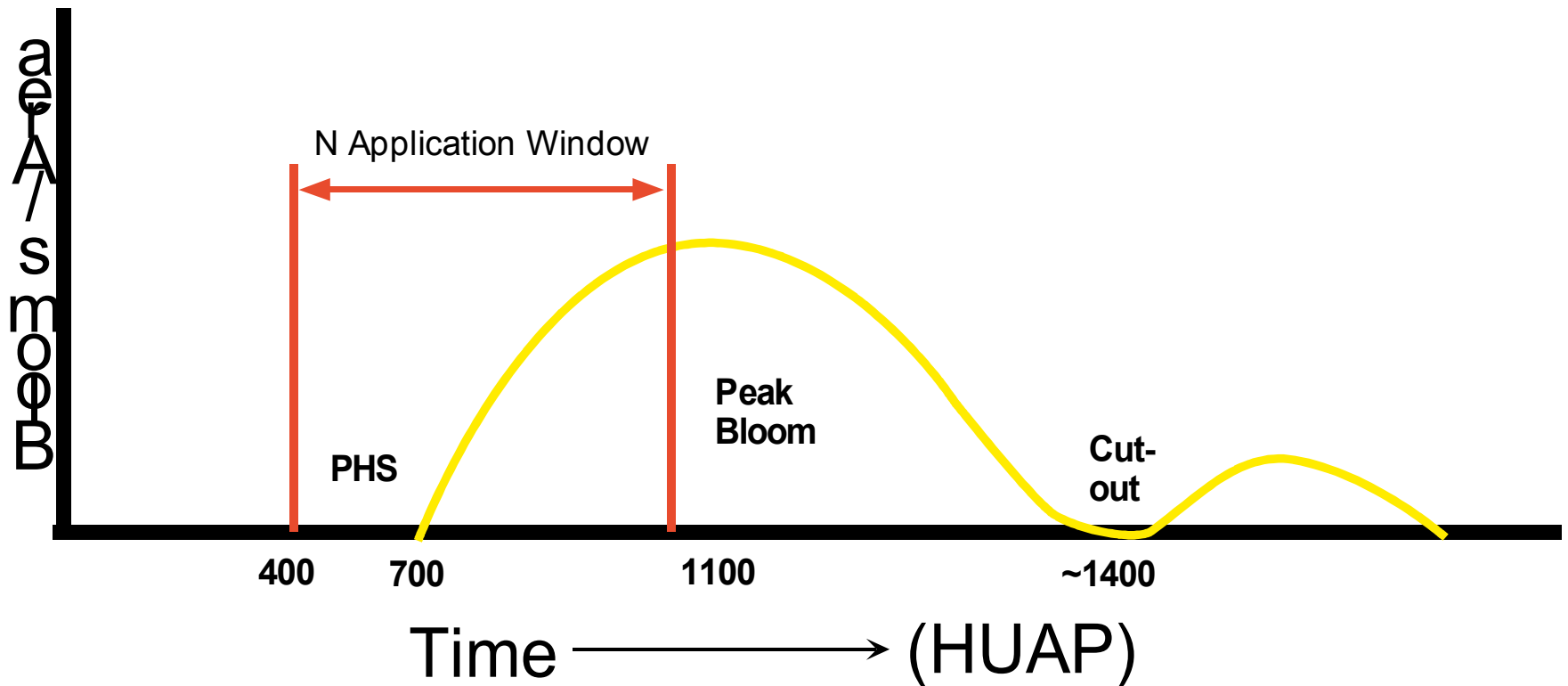
# *Balance de Nitrógeno - Concepto Básico para Conservar N.*

- **Considerar el requerimiento de N-cultivo.**
    - e.g. kg N/ha para producir 1 paca
    - Aprox. 27-34 kg N/paca (~30 kg N/paca).
  - **Estimar el rendimiento proyectado**
  - **Cantidad residual de N-disponible**
  - **Comportamiento de toma de N-por el cultivo (cuando se requiere el N?)**
  - **Monitorear durante el ciclo estatus del cultivo**
    - **Carga de fructificaciones, vigor el cultivo, etc.**
- 

# Toma de Nitrógeno/Curva De Flujo Para Algodonero




# *Ventana General de Aplicación de Nitrógeno.*





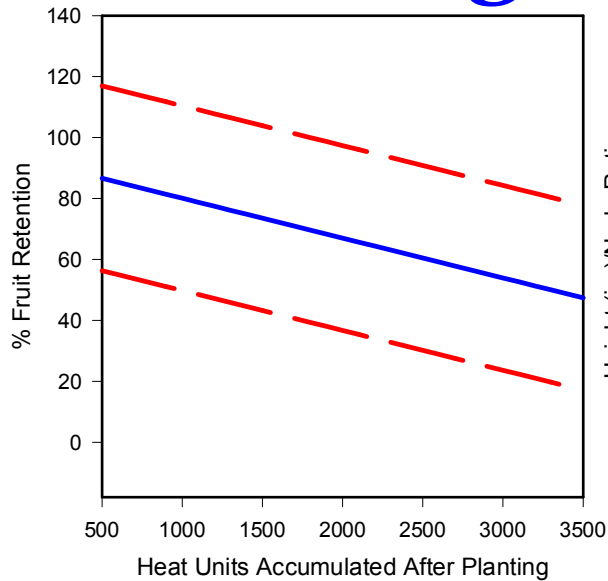
# *Métodos/estrategias de uso de N*

- **Fertilización programada**
    - Etapa de crecimiento
    - Calendario de aplicación
  
  - **Retroalimentación**
    - Condición del cultivo (A/R, RF, Nivel de N)
    - Etapa de crecimiento (UCAS)
    - Referencia al líneas guías establecidas
- 

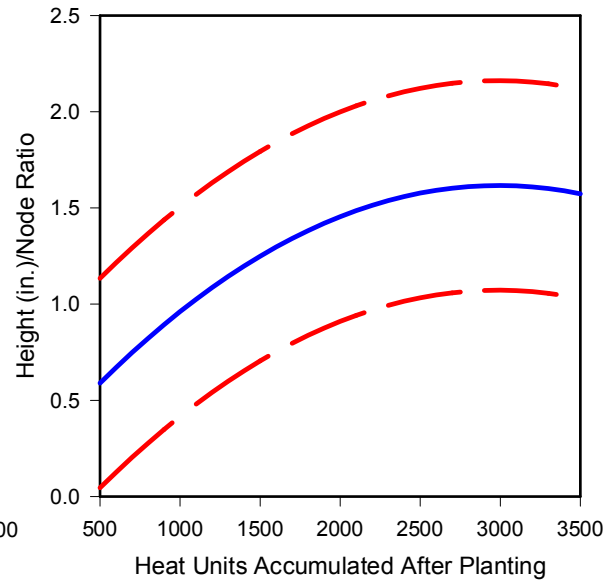
# *Monitoreo del Algodonero - Herramientas/técnicas*

- **Carga de fructificaciones -  
Retención de frutas (RF<sup>0</sup>%)**
  - **Vigor del cultivo-balance veg./  
reproductivo**
    - Relación altura/número de nudos (A/R)
  - **Etapa de crecimiento**
    - RAUF
    - UCAS
- 
-

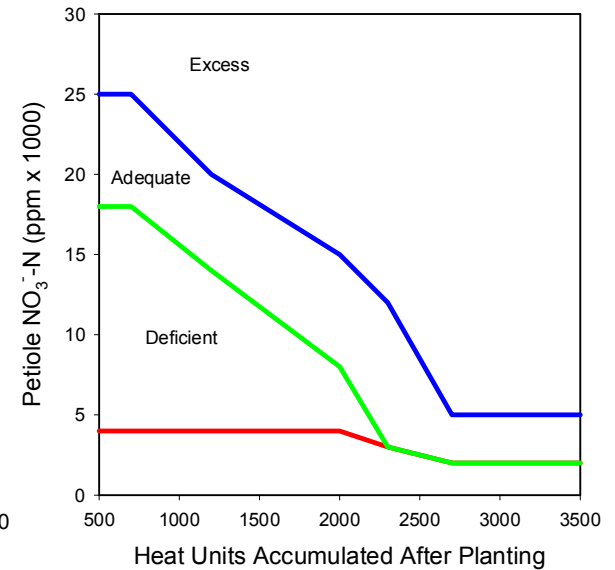
# Herramientas de Monitoreo del Cultivo en el Manejo de N en Algodonero



retención de frutas  
(RF%)



altura/número de  
nudos (A/R)



NO<sub>3</sub>-N pecíolos

# Manejo óptimo de N

## 1. Usar un estimación de rendimiento reales

- 27 - 34 kg N/paca ( ~30 kg N/paca)
- Unruh, B.L. and J.C. Silvertooth. 1992.  
Agron. J.
  - Algodones delta pine y Pima-Arizona
- Mullins, G.L. and C.H. Burmester. 1990.  
Agron J.
  - Algodones delta pine-Alabama
- Fije el nivel superior de necesidades de N.
  - Asumir alta eficiencia de fertilizante N.





# Manejo óptimo de N

## 1. Usar un estimación de rendimiento reales

- 27-34 kg N/paca (~30 kg N/paca)
- rendimiento proyectado = 6 pacas/ha
- 6 pacas / ha \* 30 kg N/paca = 180 kg N/ha

Fije el nivel superior de necesidades de N

---

---

# *Manejo óptimo de N-cont.*

## 2. Tome en consideración los $\text{NO}_3\text{-N}$ residual del suelo.

- También  $\text{NO}_3\text{-N}$  del agua de riego.
- $1.2 \times \text{ppm } \text{NO}_3\text{-N} = \text{kg N/ha}$ 
  - (15 cm de agua)
  - $2.7 \times \text{ppm } \text{NO}_3\text{-N} = \text{lbs. N/acre}$
- Reste del total de N-requerido de fertilizante



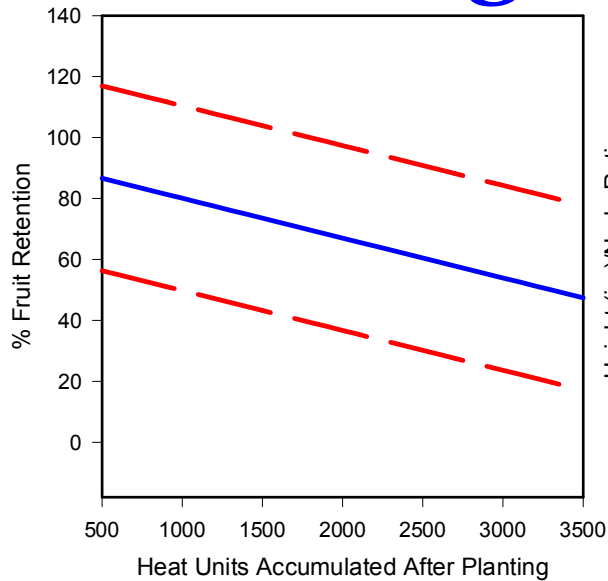
# *Manejo Optimo de N. cont.*

## **3. Aplicaciones divididas de N.**

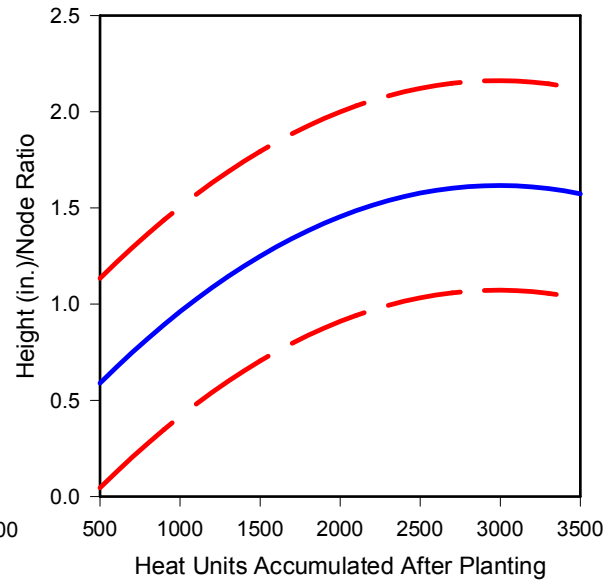
- **Evite aplicaciones de pre-emergencia**
  - **Menos eficiente-sujeto a perdidas.**
- **Aplicar desde inicio betones a pı́co de floraci3n**
  - **Tenga disponibilidad de N-para el p3eriodo de maxima demanda.**
    - **Aproximadamente 600-2000 UCAS (86/55<sup>0</sup> F)**
- **Monitoree las condiciones del cultivo**
- **Vigor (A/R), RF, NO<sub>3</sub>-N peciolos.**



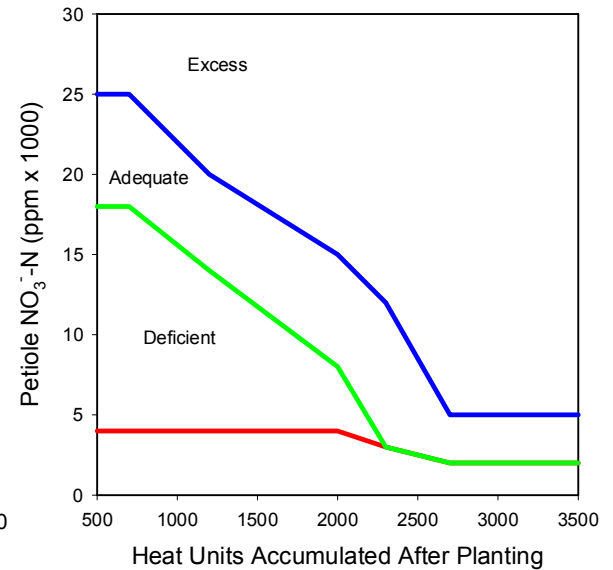
# Herramientas de Monitoreo del Cultivo en el Manejo de N en Algodonero



retención de frutas  
(RF%)



altura/número de  
nudos (A/R)



NO<sub>3</sub>-N peciolo

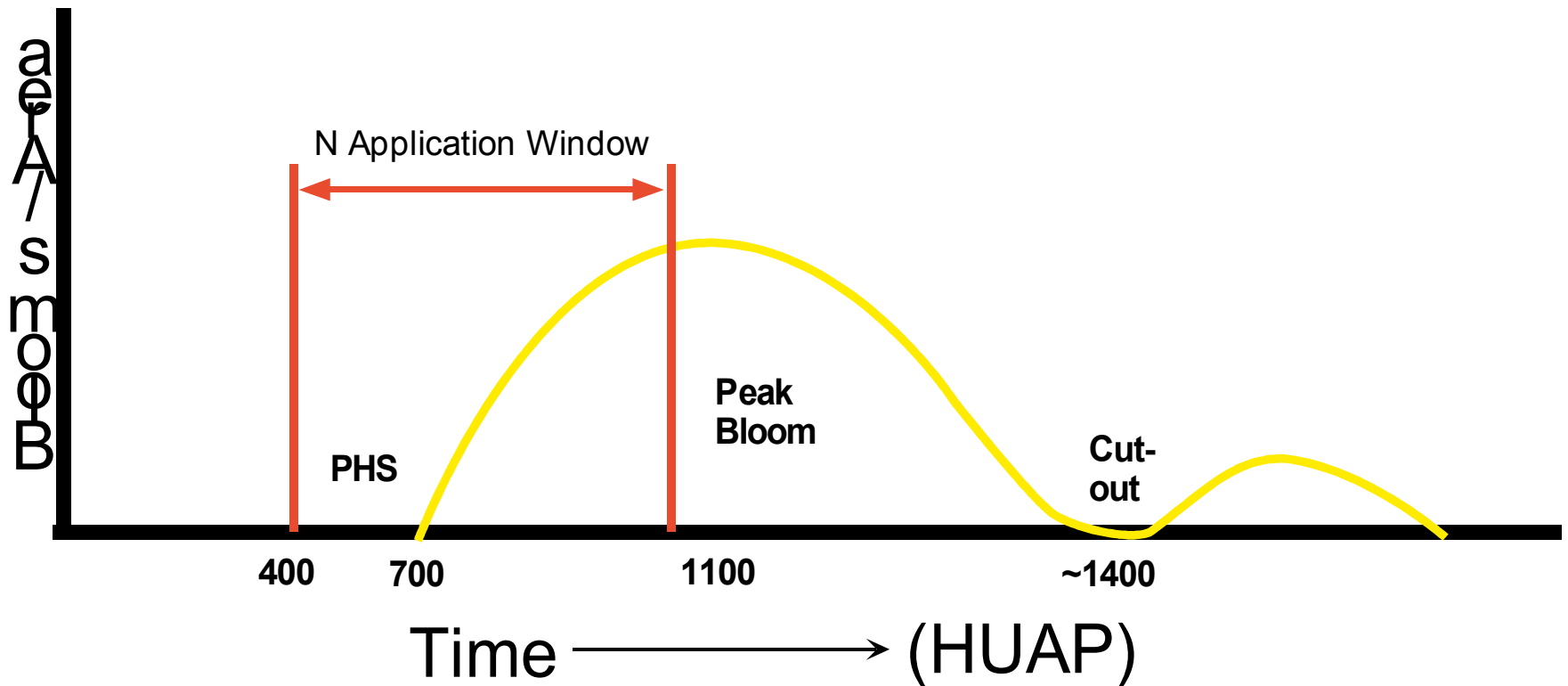


# *Respuesta a Fertilizantes Nitrogenados*

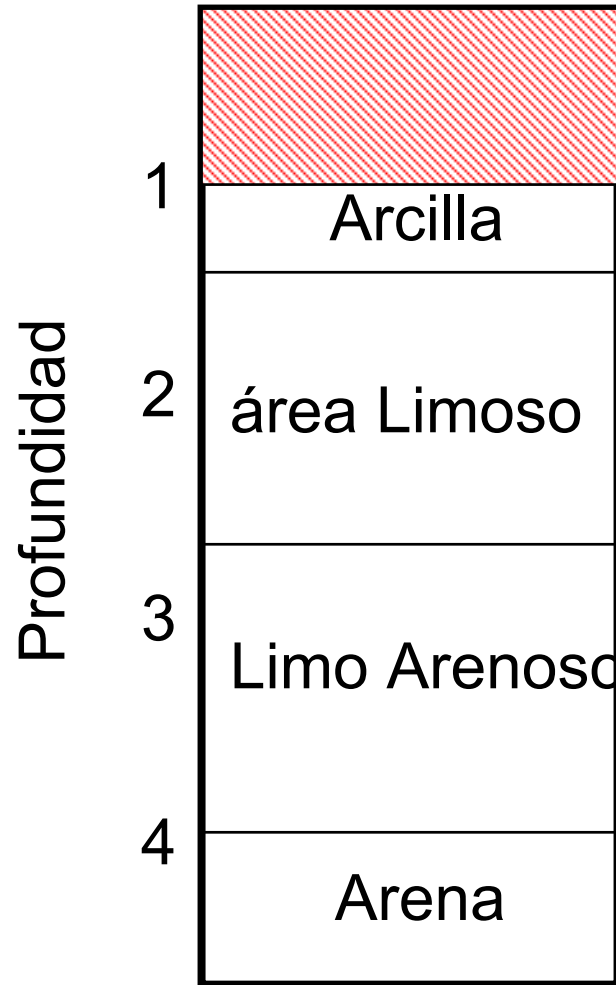
- **Algodonera en Arizona**
  - **150 - 200 kg N/ha**
  - **Aplicaciones divididas de N**
  - **Aplicar desde inicio betones a p ico de floración**




# *Ventana General de Aplicación de Nitrógeno.*




*área de Muestreo de Suelo 10-12''  
(primero paso)*





# *Fertilidad del Suelo/Guías para Análisis de Suelo - Algodonero Arizona (Nivel Crítico-UA-JCS)*


<u>Nutriente</u>	<u>Análisis de Suelo (extracción)</u>	<u>Nivel Crítico (ppm)</u>
N	1:1 soln.(ISE)	10 (NO <sub>3</sub> - N)
P	NaHCO <sub>3</sub>	5
K	NH <sub>4</sub> acetato	150
Zn	DTPA	0.6
Fe	DTPA	5.0
Mn	DTPA	1.0
B	Agua Caliente	0.5











*Manejo de Suelos Afectados  
por Sales y Sodio*

**Jeffrey C. Silvertooth**

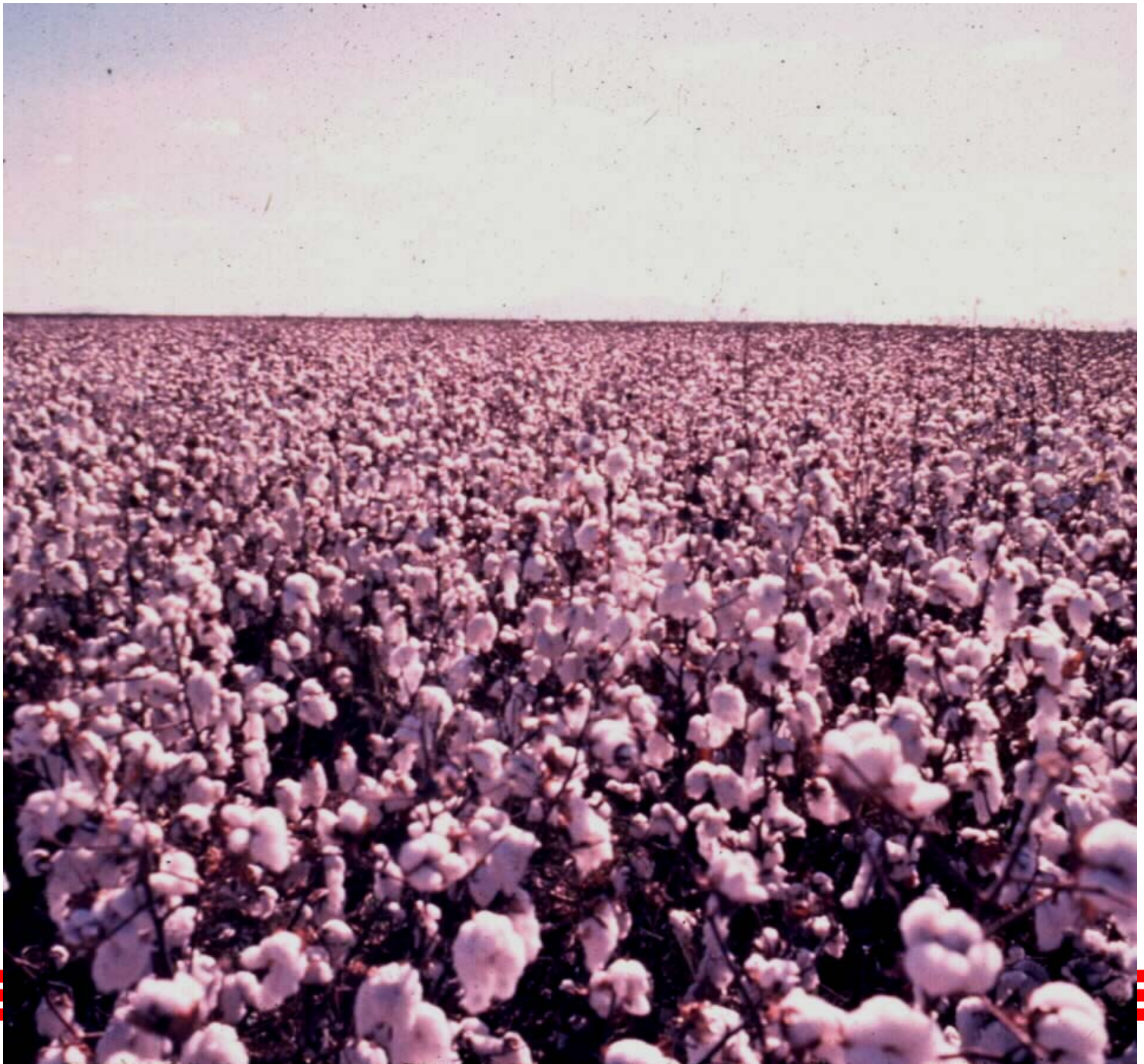


# Arizona Regional Image Archive













# *Puntos Generales*

- **Suelos alcalinos y afectados por sales se encuentran principalmente en regiones áridas y semi-áridas**
  - **mas de 50% del suelo arable del mundo**
    - **~ 11% de la tierra del mundo es arable**
  - **<500 mm anual de precipitacion**
  - **muy diverso grupo de condiciones**






# *Suelos Afectados por Sales en Diferentes Regiones*

<b>Region</b>	<b>Area (x10<sup>6</sup> ha)</b>
Africa	69.5
Near and Middle East	53.1
Asia and Far East	19.5
America Latina	59.4
Australia	84.7
America del Norte	16.0
Europa	20.7
<b>Total</b>	<b>322.9</b>

From Beek et al. (1980); N.C. Brady (1997)




# *Puntos Generales*

- **El potencial agrícola de suelos áridos y semi-áridos se incrementa marcadamente con irrigación**
- **La disponibilidad del agua de riego es el factor mas limitante**
  - **La calidad del agua es importante**





# *General*

- **La calidad del agua es crítica**
    - **Puede contribuir con cantidades significantes de sales**
    - **Sin apropiado manejo y drenaje – la salinidad se puede incrementar a niveles intolerables**
    - **Nos lleva a problemas químicas y físicas**
- 

# *Medidas - Salinidad de Suelos conductividad eléctrica (CE)*

- **Unidad CE:  $\text{dS/m}$  = decisiemes por metro**
- **$\text{dS/m} = \text{mmhos/cm}$  (unidades pasado)**
  - **$1 \text{ S} = 1 \text{ mho}$**
  - **$1 \text{ dS/m} = 1 \text{ mmho/cm}$**





# *CE y sales solubles totales (SST) - Calidad de Agua*

**CE = conductividad eléctrica**

**Regla general (USDA, 1954)**

**$CE_w \times 640 \sim SST \text{ (ppm)} = \text{sales solubles totales}$**

**Recuerde: ppm = mg/litro**





# *Salinidad de Suelos*

*(Definiciones formal y práctica)*

**Suelo Salino:  $\geq 4$  dS/m**

**Definición práctica:**

**Sales solubles suficientes que afecten adversamente el crecimiento del cultivo en cuestión.**



# Tolerancia a Sales de Los Siguietes Cultivos

Cultivo	CE <sub>e</sub> mmhos /cm, 25°C al cual el rendimiento decrece en		
	10%	25%	50%
Lechuga ( <i>Latuca Sativa</i> L.)	2	3	5
Brócoli ( <i>Brassica Oleraceae</i> L.)	4	6	8
Algodon ( <i>Gossypium hirsutum</i> L.)	10	12	16
Cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> L.)	12	16	18

Source: L. Bernstein, Salt Tolerance of Plants. USDA Bull. 283. 1964.





# *Síntomas de salinidad en campo*

- **Plantas pequeñas, achaparradas con poco vigor**
- **Dificultad en germinación y establecimiento de plántulas**
  - **Más sensibles en etapa de plántula**
- **Variabilidad en campo es común (no es uniforme en campo)**












# Sodio (Na)

PSI = Porcentaje Na Intercambiable

$$\text{PSI} = \frac{\text{Na Intercambiable (cmol}_c \text{ / kg)}}{\text{Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) (cmol}_c \text{ / kg)}}$$

- PSI > 15; pH > 8.5 común
  - PSI >> 15; pH > 10 puede ocurrir
- 

# Relacion de Adsorción de Sodio (RAS)

$$RAS = \frac{[Na^+]}{\left[ \frac{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}{2} \right]^{1/2}}$$

- RAS es la concentración comparativa de  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$  en la solución del suelo (meq/litro ó mmoles/litro)

# *Sodio (Na)*

**PSI > 15; pH > 8.5 común**

**PSI >> 15; pH > 10 puede ocurrir**

*Relacion de Adsorción de Sodio (RAS)*

**RAS > 13**







# *Suelos Sódicos -*

## *Características del suelo*

- Alta concentración de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{OH}^-$ , y  $\text{HCO}_3^-$
- Baja permeabilidad al agua
- Suelos duro
- Corteza de suelo



# Baja permeabilidad al agua y suelos duros

Corteza de suelo



**Baja permeabilidad al agua**

**Corteza de suelo**



# *Resumen Básico\**

**Suelos salinos: requerimiento de lavado (no requiere mejoradores)**

**Suelos sódicos: dos etapas**

**1) Intercambio/remplazo de Na en el suelo - requiere mejoradores**

**2) Lavado de Na soluble del suelo**



# *Requerimiento de Lavado*

- **Requerimiento de lavado (RL)**  
cantidad de agua necesaria para remover el exceso de sales
  - RL depende de
    - Tolerancia del cultivo a establecer
    - Calidad del agua de riego
    - Características del suelo



El lavado de suelo con agua es necesaria para remover el exceso de sales





# *Calculo del Requerimiento de Lavado (RL) - ecuación*

$$RL = \frac{CE_w}{5(CE_e) - CE_w}$$

**(Ayers and Westcott, FAO 29)**



# *Requerimiento de Lavado*

- **RL (0.45) se multiplica por la cantidad de agua necesaria para mojar el perfil del suelo (capacidad de campo (CC)).**
  - **Ejemplo: 8 cm de agua necesitan**
  - **$8\text{cm} * 0.45 = 3.6 \text{ cm}$  agua**
  - **3.6 cm adicionales de agua para satisfacer el RL**
  - **$8.0 \text{ cm} + 3.6 \text{ cm} = 11.6 \text{ cm}$  de agua**
    - **se asume buena distribución**
    - **condición de suelo uniforme**





# *Manejo de Suelo y Agua*

- El método de riego y su manejo son muy importantes en suelos salinos y sódicos.
- La distribución y movimiento del agua es crítico.
  - Se afecta la distribución y concentración de sales en el suelo







# Riego Gateo



Cada dos surcos



# Furrow Irrigation

▼ point of water application

Soil Salinity Level

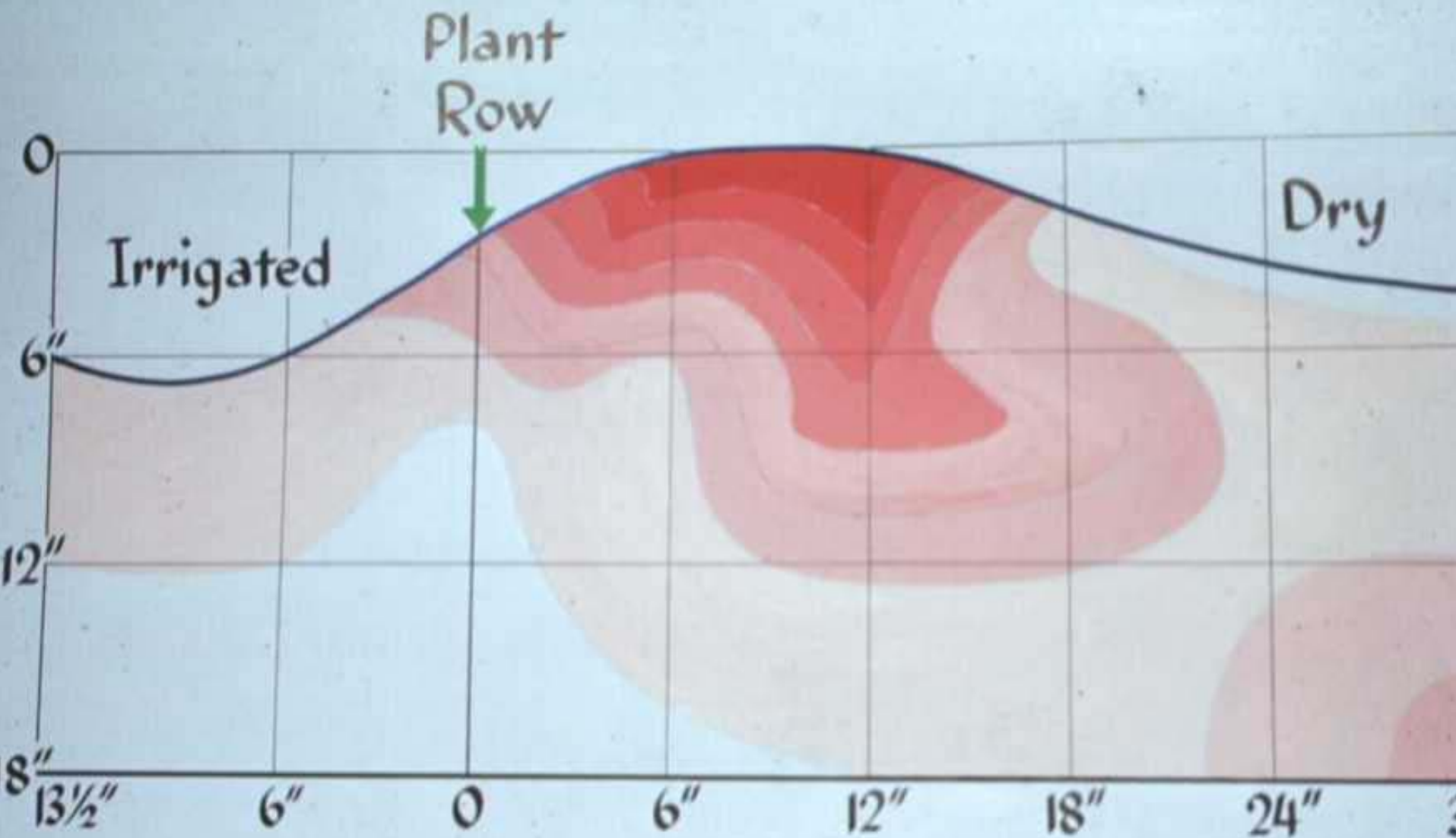


Low Medium High Extreme



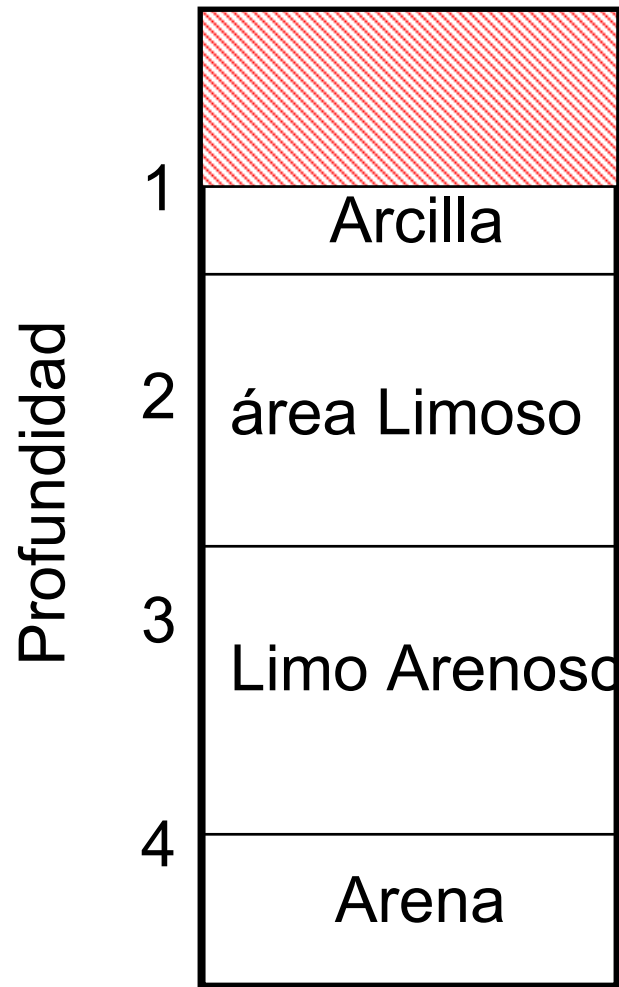
Cada dos surcos





Salt Distribution in Bed Profile  
VARIABLE ROW SPACING

# área de Muestreo de Suelo 10-12"

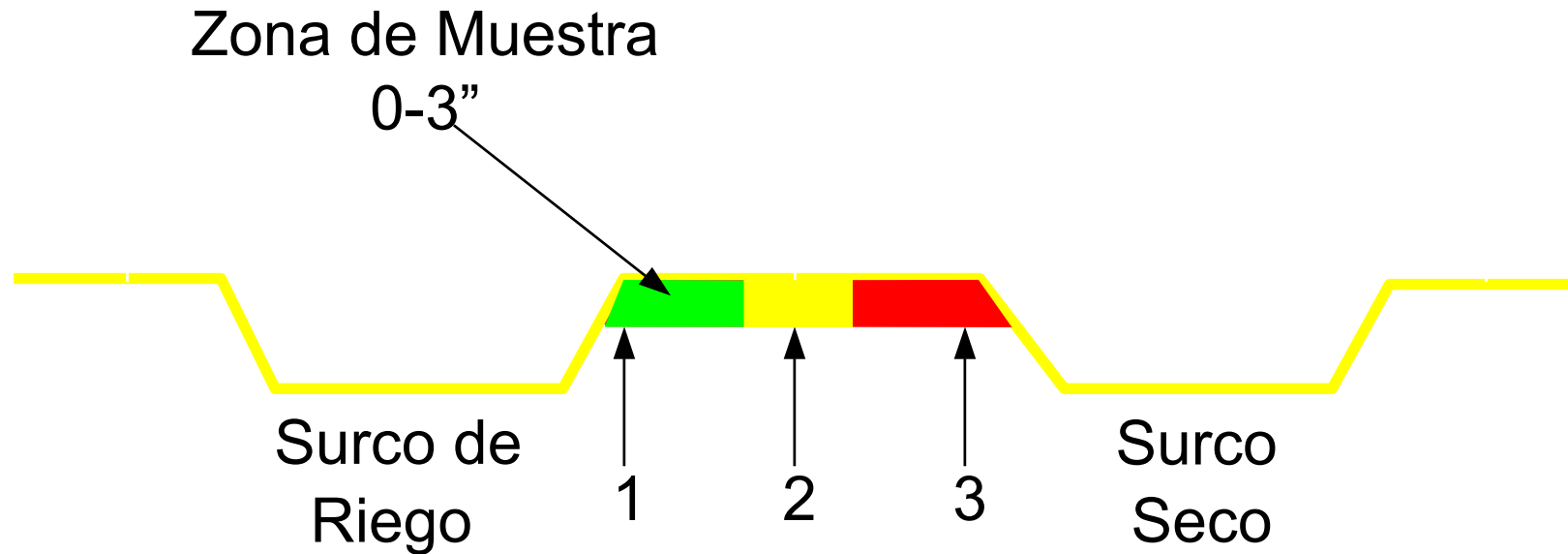




Cada dos surcos



# Zonas de Muestra para evaluar la salinidad/sodicidad de un suelo - AZ



CE<sub>e</sub> Zona buena (ds/m)

1 = 9.3

2 = 14.0

3 = 14.0

CE<sub>e</sub> Zona malo (ds/m)

1 = 14.3

2 = 26.3

3 = 26.3

# *Efecto de Amonia - Aplicada en el Riego*

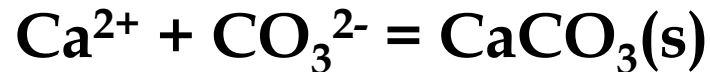
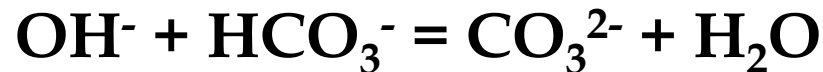
- **Aplicación de  $\text{NH}_3$  anhidro tiene algunos efectos negativos en el suelo**
  - **aplicación de  $\text{NH}_3$  anhidro en el agua de riego incrementa el pH**
    - **Precipitación de Ca**
    - **Incremento del RAS en agua**





# *Efecto de Amonia - Aplicada en el Riego*

- Reacción de amonia anhidro  $\text{NH}_3$



→ Relación de Adsorción de Sodio (RAS) mas alta



# Relación de Adsorción de Sodio (RAS)

$$RAS = \frac{[Na^+]}{\left[ \frac{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}{2} \right]^{1/2}}$$

- RAS es la concentración comparativa de  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$  en la solución del suelo (meq/litro ó mmoles/litro)



# *Efecto de Amonia - Aplicada en el Riego*

- Agregar  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en el agua de riego con  $\text{NH}_3$  para contrarestar el cambio en pH
  - se reduce la precipitación de Ca



# *Resumen Básico*

**Suelos salinos: requerimiento de lavado (no requiere mejoradores)**

**Suelos sódicos: dos etapas**

**1) Intercambio/remplazo de Na en el suelo - requiere mejoradores (ej.  $\text{CaSO}_4$ )**

**2) Lavado de Na soluble del suelo**

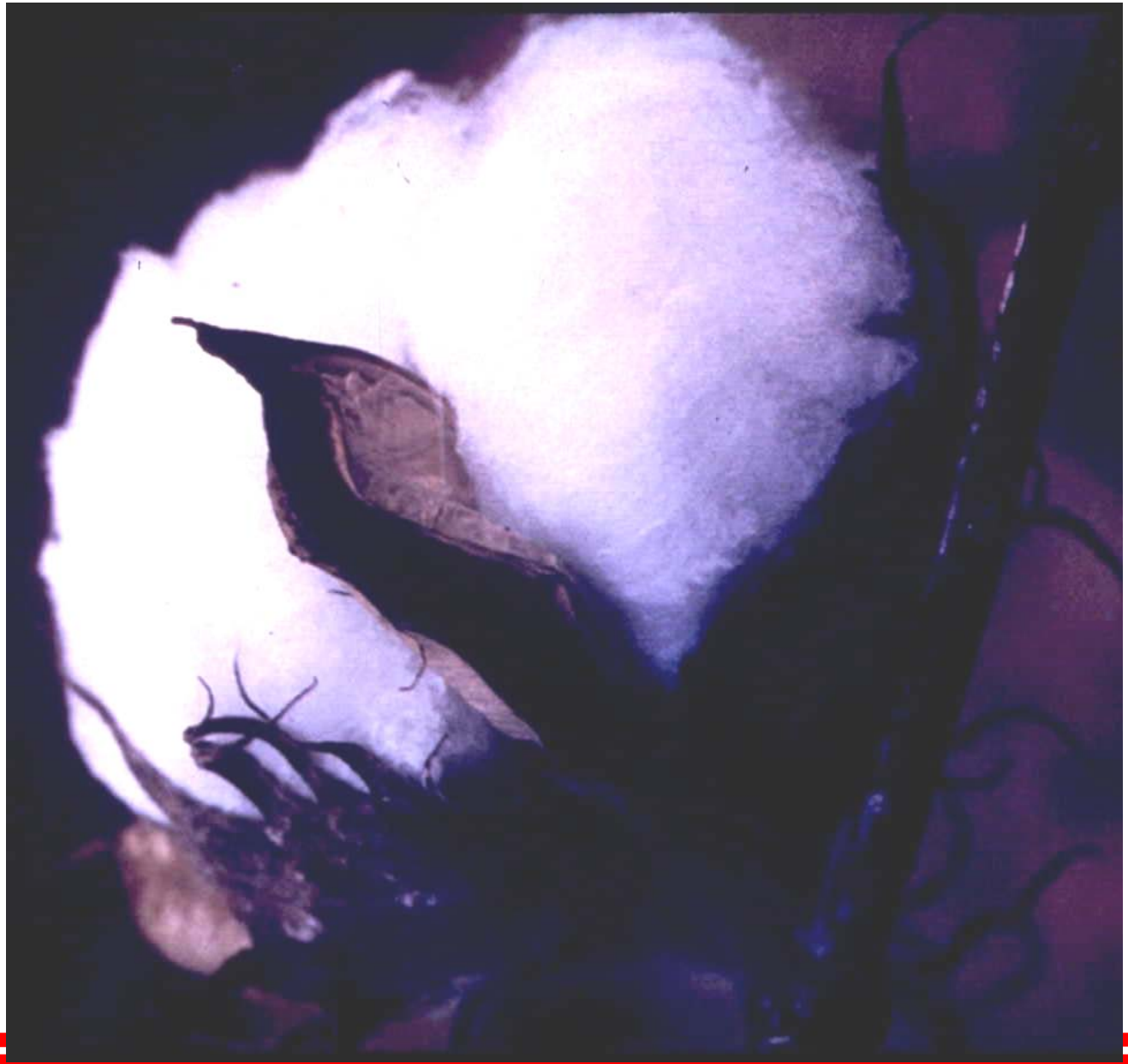


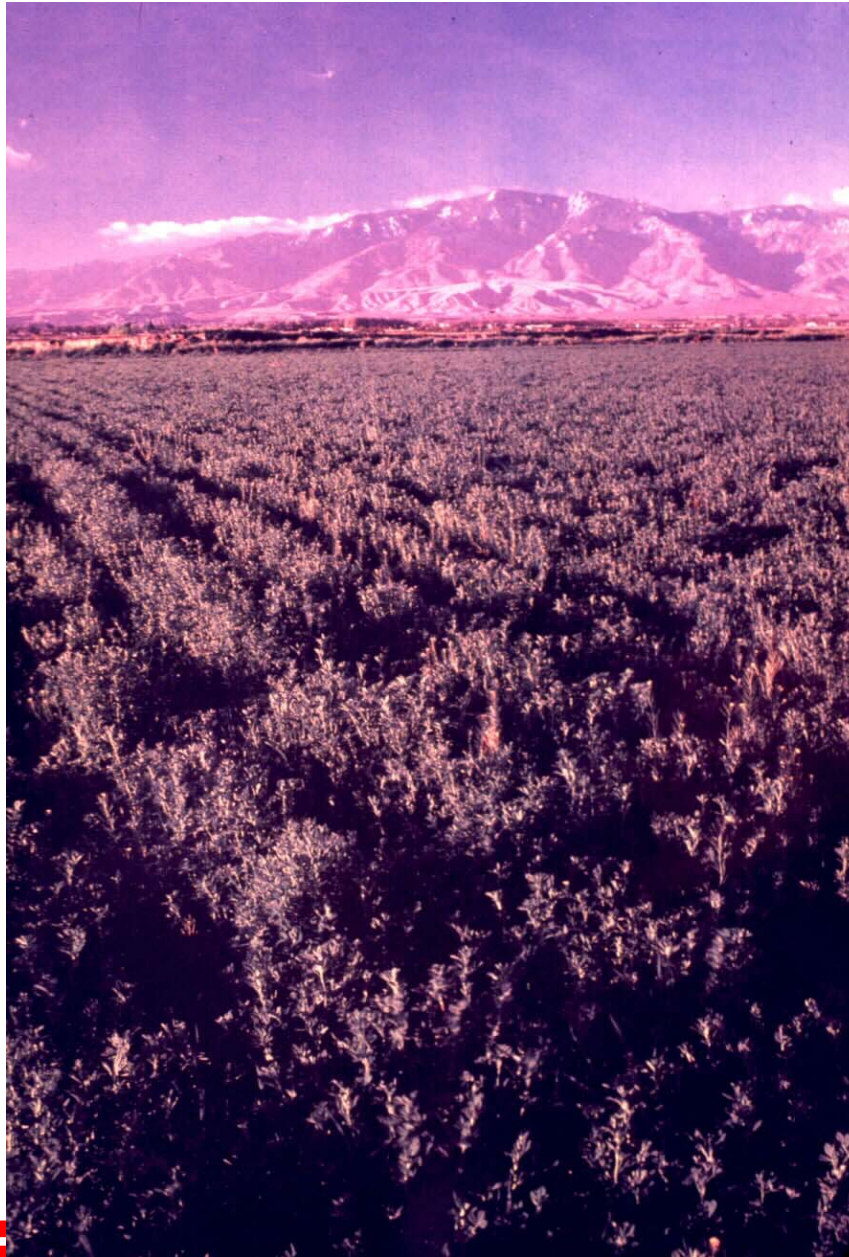


El lavado de suelo con agua es necesaria para remover el exceso de sales















# Generaciones de futuro





# Prevención de suelos malos









# NORTH AMERICA





# *P L A N E T   E A R T H*

© 1996 National Geographic Society. All rights reserved. National Geographic Society is an equal opportunity organization. For more information, please contact National Geographic Society, 11 Dupont Circle, N.W., Washington, D.C. 20036. Telephone: (202) 833-6300. Fax: (202) 833-6300. Website: www.national-geographic.com