

# Uso del modelo de Fertilización Racional de Praderas

Dr. Dante Pinochet T  
 Profesor Fertilidad de Suelos  
 Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos  
 Facultad de Ciencias Agrarias  
 Universidad Austral de Chile

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

1

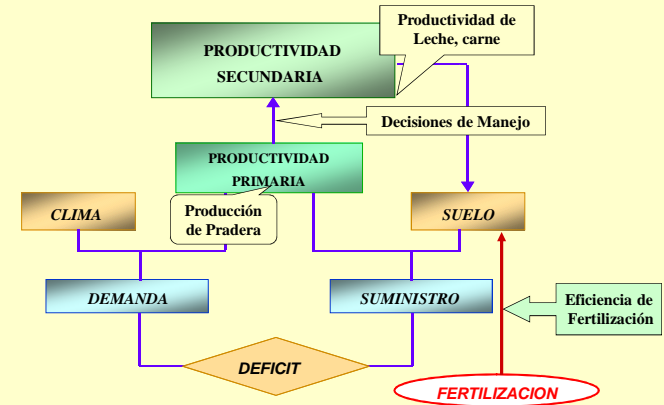
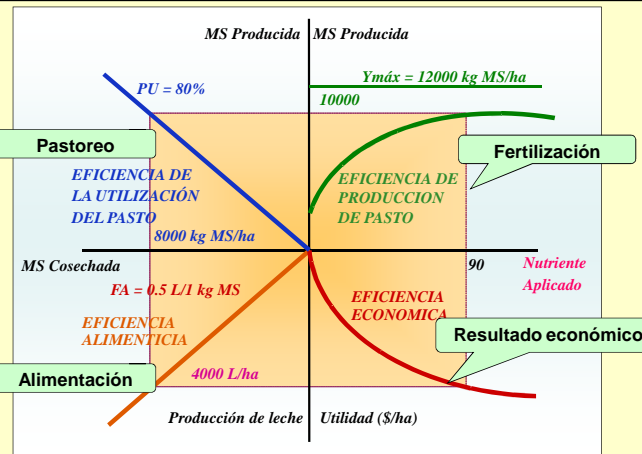


Diagrama general de las necesidades de fertilización de los Agrosistemas de praderas

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

2



Modelo de los efectos sistémicos de análisis para la fertilización de praderas

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

3

## Factores de productividad en la decisión económica de la fertilización de praderas

- **Eficiencia de producción de pasto**
  - kg MS / kg de Nutriente aplicado
- **Eficiencia de pastoreo**
  - kg MS consumido / kg MS producido
- **Eficiencia de alimentación**
  - L leche o kg carne / kg MS consumido
- **Eficiencia económica**
  - L leche o kg carne / kg Nutriente aplicado

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

4

## ¿Que es necesario decidir antes de fertilizar?

- **Cuanto se desea producir**
  - Definir la demanda de nutrientes
- **Como se va a manejar lo producido**
  - Definir el sistema de pastoreo
- **Como va a alimentar sus animales**
  - Definir el sistema de alimentación
- **Rentabilidad económica**
  - Precio de la productividad secundaria

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

5

## Conceptos generales

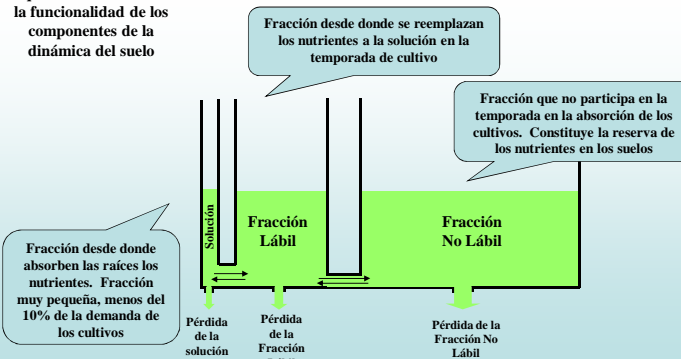
- **Criterios de fertilización de praderas:**
  - **Fertilización de corrección**
    - Cuando no se tienen los niveles de nutrientes suficientes en el suelo
  - **Fertilización de mantención**
    - Cuando se tienen los niveles suficientes en el suelo
  - **Extracción sin reposición**
    - Cuando se tienen niveles muy por sobre los niveles suficientes en el suelo

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

6

## Conceptos generales

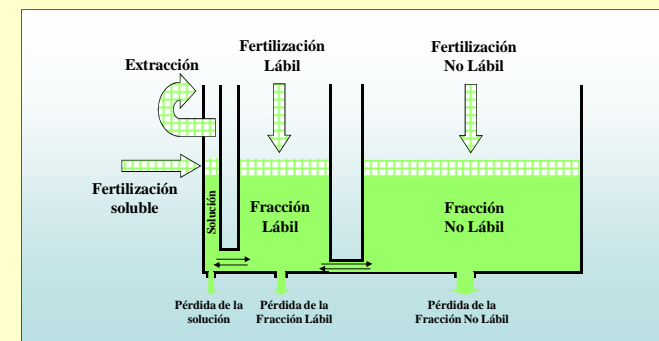
Equilibrios internos de la funcionalidad de los componentes de la dinámica del suelo



Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

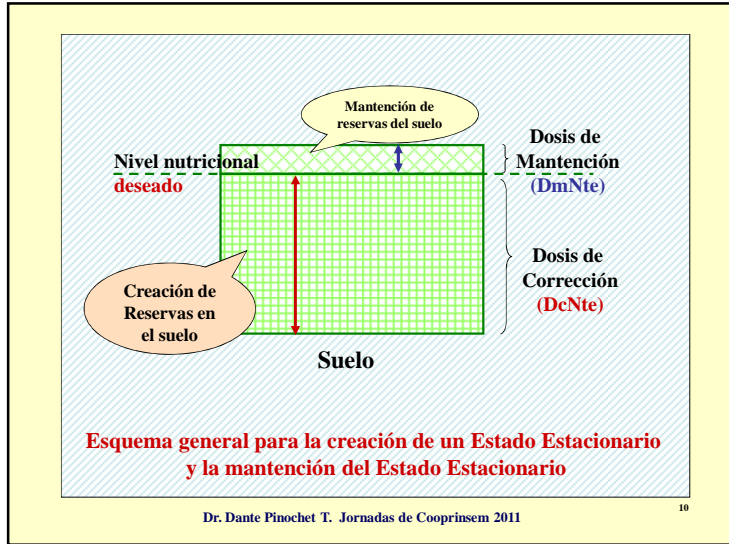
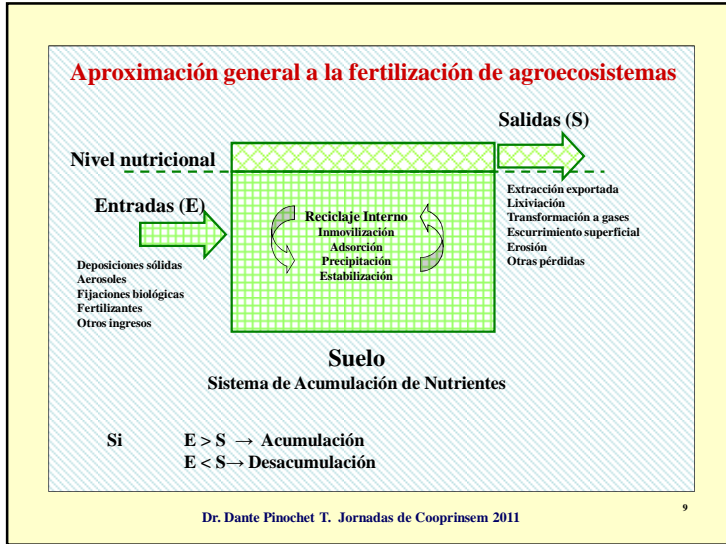
7

## Ingreso de Fertilización



Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

8



## *Dosis de Fertilización*

$$Dosis = DcNte + DmNte$$

**DcNte = Dosis de Corrección**  
**DmNte = Dosis de Mantención**

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011 11

## Conceptos generales

- ¿Cual es el criterio clave para decidir cuando se tienen los niveles suficientes?
- **La productividad deseada de la pradera** (en función de la productividad secundaria y el manejo que se realizará)
  - Litros de leche/ha a producir
  - Kilos de carne/ha a producir

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011 12

## Relación productividad y niveles de nutrientes en el suelo

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

13

## CARACTERIZACION DEL SUMINISTRO DE NUTRIENTES

### Análisis de Suelo

- **Parámetros de condición del suelo**
- **Parámetros nutricionales**
- **Conocer el suministro actual y la condición (estado del suelo)**

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

14

## ¿Que profundidad del suelo se debe muestrear?

- **Es irrelevante**
- **Mientras mayor profundidad mejor**
- Solo se debe saber que los niveles suficientes varían con la profundidad considerada
- **Mientras menor la profundidad de muestreo mayor es el nivel suficiente. En general, es variable según el nutriente y depende de la movilidad de cada nutriente en el suelo.**

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

15

## Relación entre distintas profundidades de muestreo del suelo

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

16

## Factores de Conversión 10 a 20 cm de profundidad

	Praderas Permanentes	Cultivos
pHw, pHc, Al intercambiable	1.00	1.00
P-Olsen	1.66	1.15
Ca, Mg, Na y K intercambiable	1.30	1.00
N mineral y Materia orgánica	1.25	1.05
Al extractable	0.85	1.00
S extractable	0.95	0.95

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

17

## Ejemplo de utilización de Factores de Conversión

	Praderas Permanentes	
	0 – 20 cm	0 – 10 cm
pHw, pHc, Al intercambiable	5,70	5,70
P-Olsen	12,0	20,0
Ca, Mg, Na y K intercambiable	2,50	3,25
N mineral y Materia orgánica	16,3	20,3
Al extractable	1200	1020
S extractable	8,0	7,6

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

18

## Niveles mínimos en el suelo (profundidad de 20 cm)

Productividad (kg MS/ha)	P ..... (mg/kg).....	K ..... (mg/kg).....	S ..... (mg/kg).....	Ca ..... (cmol <sub>c</sub> /kg) .....	Mg ..... (cmol <sub>c</sub> /kg) .....	Na ..... (cmol <sub>c</sub> /kg) .....
8000	8	80	5,3	0,32	0,17	0,048
9000	9	90	6,0	0,36	0,19	0,054
10000	10	100	6,7	0,40	0,21	0,060
11000	11	110	7,3	0,44	0,23	0,066
12000	12	120	8,0	0,48	0,25	0,072
13000	13	130	8,7	0,52	0,27	0,078
14000	14	140	9,3	0,56	0,29	0,084

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

19

## Regla general

Por cada ton de MS/ha se requiere  
(primeros 20 cm de suelo)

1 mg P/kg de suelo  
 10 mg K/kg de suelo  
 0,667 mg S/kg de suelo  
 0,040 cmol<sub>c</sub> Ca/kg de suelo  
 0,021 cmol<sub>c</sub> Mg/kg de suelo  
 0,006 cmol<sub>c</sub> Na/kg de suelo

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

20

## Fertilización de mantención de los nutrientes del suelo

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

21

## Preguntas

- ¿Cuántas unidades de N-P-K-S-Mg-Na se necesitan para la mantención de praderas de lechería?
- ¿existen diferencias entre praderas de ballica con las de ballica-trébol?

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

22

## ¿Que es la Dosis de Mantención? (DmNte)

- Es la reposición de las pérdidas de nutriente
- Las pérdidas dependen del producto animal y de las pérdidas del sistema suelo
- También se debe considerar el manejo de pastoreo, cortes y transferencia
  - Sistema de manejo de pastoreo
  - Pérdidas en caminos y en la sala de ordeña

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

23

## Preguntas

- ¿Cuántas unidades de N-P-K-S-Mg-Na extrae un kg de carne producido con pradera? ¿Extracción por litro de leche?
- ¿Cuántas unidades de N-P-K-S-Mg-Na se extraen en un corte para ensilaje y en un corte para heno?

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

24

## Respuesta

- El **Nitrógeno** no se aplica como fertilización de mantención (caso especial)
- Fertilización de mantención:
  - Extracción en forraje de conservación
  - Extracción en forraje a través de pastoreo
- Existen diferencias entre leguminosas y gramíneas y entre corte para heno y silo, sin embargo no justifican manejo diferente de fertilización de mantención

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

25

## Dosis de Mantención ( $DmNte$ )

$$DmNte = (EpNte + EcNte) * fNte$$

*EpNte: Extracción perdida del Nte en pastoreo*

$$EpNte = t \text{ MS/ha en pastoreo} * fEpNte$$

*EpNte: Extracción perdida del Nte en conservación*

$$EpNte = t \text{ MS/ha conservada} * fEcNte$$

*fNte: factor para convertir a unidad de nutriente*

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

26

## Factores de extracción en praderas permanentes en pastoreo ( $fEpNte$ ) y en conservación ( $fEcNte$ )

Nutriente	Factores de Extracción (kg / t MS/ha)	
	Pastoreo	Conservación
Fósforo	1,0	3,0
Potasio	3,5	10,0
Magnesio	0,4	2,0
Calcio	1,0	5,0
Sodio	0,2	1,0
Azufre	1,0	3,0

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

27

## Cálculo de Dosis de Mantención

Productividad esperada: 12,5 t MS/ha  
 Sistema de Producción: vacas lecheras  
 Porcentaje utilización: 80%  
 Extracción conservación: 2,5 t MS/ha  
 Extracción pastoreo: 10 t MS/ha

$$EcP = 2,5 * 3,0 = 7,5 \text{ kg P/ha} \quad EcK = 2,5 * 10,0 = 25 \text{ kg K/ha}$$

$$EpP = 10 * 1 = 10 \text{ kg P/ha} \quad EpK = 10 * 3,5 = 35 \text{ kg K/ha}$$

$$DmP = (7,5 + 10) * 2.3 = 40 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ /ha} \quad DmK = (25 + 35) * 1.2 = 60 \text{ kg K}_2\text{O/ha}$$

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

28

## Cálculo de Dosis de Mantenición

Productividad esperada: 12,5 t MS/ha  
 Sistema de Producción: vacas lecheras  
 Porcentaje utilización: 80%  
 Extracción conservación: 2,5 t MS/ha  
 Extracción pastoreo: 10 t MS/ha

$$\begin{aligned} \text{EcMg} &= 2,5 * 2,0 & \text{EcS} &= 2,5 * 3,0 \\ &= 5 \text{ kg Mg/ha} & &= 7,5 \text{ kg S/ha} \\ \text{EpMg} &= 10 * 0,4 & \text{EpS} &= 10 * 1,0 \\ &= 4 \text{ kg Mg/ha} & &= 10 \text{ kg S/ha} \\ \text{DmMg} &= (5 + 4) * 1,7 & \text{DmS} &= (7,5 + 10) * 1 \\ &= 15 \text{ kg MgO/ha} & &= 18 \text{ kg S/ha} \end{aligned}$$

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

29

## Cálculo de Dosis de Mantenición

Productividad esperada: 12,5 t MS/ha  
 Sistema de Producción: vacas lecheras  
 Porcentaje utilización: 80%  
 Extracción conservación: 2,5 t MS/ha  
 Extracción pastoreo: 10 t MS/ha

$$\begin{aligned} \text{EcCa} &= 2,5 * 5,0 & \text{EcNa} &= 2,5 * 1,0 \\ &= 12,5 \text{ kg Ca/ha} & &= 2,5 \text{ kg Na/ha} \\ \text{EpCa} &= 10 * 1 & \text{EpNa} &= 10 * 0,2 \\ &= 10 \text{ kg Ca/ha} & &= 2 \text{ kg Na/ha} \\ \text{DmCa} &= (12,5 + 10) * 1,4 & \text{DmNa} &= (2,5 + 2) * 1 \\ &= 35 \text{ kg CaO/ha} & &= 5 \text{ kg Na/ha} \end{aligned}$$

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

30

## Fertilización con micronutrientes

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

31

## Estándares nutricionales de acuerdo al análisis de suelo para praderas

	Deficiente	Medio	Adecuado	Excesivo
mg kg <sup>-1</sup>				
Micronutrientes aniones				
Boro	< 0.5	0.5 – 1.2	1.2 – 4.0	> 4.0
Molibdeno	< 0.1	0.1 – 0.2	0.2 – 1.0	> 1.0
Cloro		< 8.0	> 8.0	n.d.
Micronutrientes cationes				
Hierro	< 2.0	2.0 – 4.5	> 4.5	n.d.
Manganeso	< 0.5	0.5 – 1.0	> 1.0	n.d.
Zinc	< 0.5	0.5 – 1.0	> 1.0	n.d.
Cobre	< 0.2	0.2 – 1.0	> 1.0	n.d.

n.d. no determinado o no establecido

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

32



### Fertilización con micronutrientes para praderas permanentes

Elemento	Fuente	Dosis de fertilización	
		Corrección	Mantenimiento (anual)
Zinc	Sulfato de Zn	5 kg/ha	1 kg/ha/año
Cobre	Sulfato de Cu	10 kg/ha	1,5 kg/ha/año
Boro	Borato de Na	15 kg/ha	2 kg/ha/año
Molibdeno	Molibdato de Na	50 g/ha	10 g/ha/año
Cobalto	Sulfato de Co	350 g/ha	60 g/ha/año
Selenio	Selenato de Na	5 kg/ha	0,5 kg/ha/año

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

33

### Corrección de la acidez del suelo

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

34

### EFFECTO DEL pH DEL SUELO EN LA PRODUCTIVIDAD DE PRADERAS

Un incremento desde pH 5 hasta pH 5.8 aumenta la producción de la pradera solo entre 8 al 12 %

Entre pH 5.8 - 6.0 las respuestas son mínimas indicando que el pH objetivo se ha alcanzado. Sin embargo, la estabilidad de las especie trébol blanco y ballica perenne en la pradera son mayores a partir de pH 5.8

Se considera que el valor crítico para praderas permanentes es 5.8

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

35

### Niveles de pH crítico en praderas

Pradera dominada por	pH crítico
Ballica perenne – Trébol blanco	5.8
Trébol rosado	5.8
Pasto bromo	5.7
Ballica perenne	5.6
Pasto miel	5.5
Chépica	5.3

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

36

## Corrección de la Acidez del Suelo

$$\text{Dosis Cal (t/ha)} = \Delta \text{pH} / fCT_{\text{pH}}$$

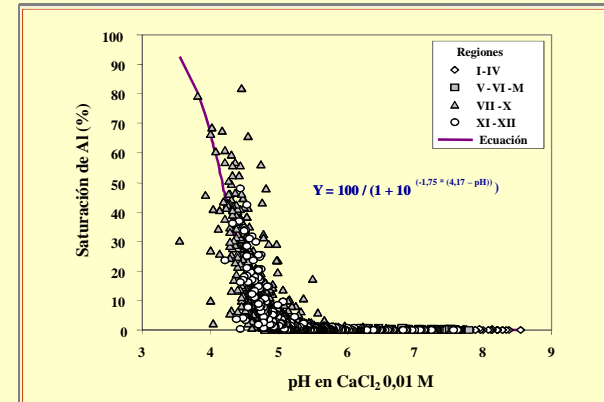
$\Delta \text{pH}$  : Diferencia de pH (pH alcanzar - pH inicial)

$fCT_{\text{pH}}$  : Factor de la capacidad tampón del suelo

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

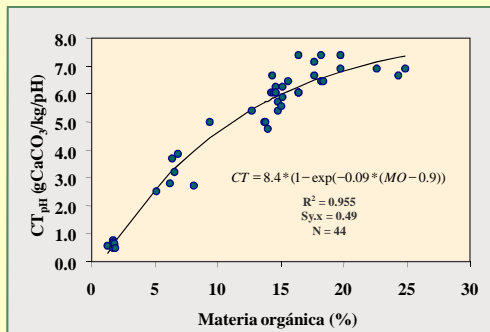
37

## pH<sub>c</sub> y Saturación de Al en suelos chilenos



Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

38

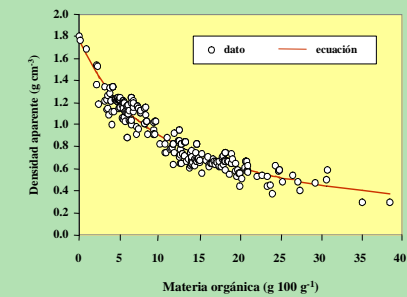


$$CT_{\text{pH}} = 8.4 * (1 - \exp(-0.09 (MO - 0.9))) * \text{Dap} * \text{dm}$$

Dap = densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)  
dm = profundidad en decímetros

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

39



Estimación de la Densidad Aparente del Suelo en función del contenido de Materia Orgánica del Suelo (Pinochet, 2002)

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

40

### Ejemplo de cálculo de la **capacidad tampón**

Gran grupo de suelo	<b>Pardo arcilloso</b>
Materia orgánica (%)	<b>7.8</b>
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1/(0.563 + 0.055*7.8)</b>
	<b>1.01</b>
Profundidad suelo (dm)	<b>2</b>

$$CT_{pH} = 8.3 * (1 - \exp(-0.09*(7.8 - 0.9))) * 1.01 * 2$$

$$= 7.75 \text{ t CaCO}_3/\text{ha/pH}$$

$$fCT = 1 / CT_{pH}$$

$$= 1 / 7.75 = 0.13 \text{ pH / t CaCO}_3/\text{ha}$$

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

41

### Capacidad tampón de los principales grupos de suelo del país con riesgo de acidificación (aplicación en los primeros 20 cm de profundidad de suelo).

Grupo de suelos	$CT_{pH}$ t CaCO <sub>3</sub> /ha/pH	$fCT_{pH}$ pH / t CaCO <sub>3</sub> /ha
Trumaos	8.5	0.12
Pardo Arcillosos (transición)	7.0	0.14
Rojo Arcillosos	6.7	0.15
Terrazas Marinas	5.0	0.20
Graníticos	2.5	0.40

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

42

### Cálculo Corrección de la **Acidez del suelo**

Sistema de Producción:	<b>Vacas lecheras</b>
Potencial productivo:	<b>12 t MS / ha</b>
pH inicial :	<b>5.5</b>
Suelo	<b>Trumao</b>
	<b>fCT = 0.12</b>

$$\text{Dosis de Cal} = (5.8 - 5.5) / 0.12$$

$$= 2.5 \text{ t CaCO}_3 \text{ puro / ha}$$

Nota: la dosis final depende de la calidad del CaCO<sub>3</sub> usado, reactividad y fineza

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

43

### Efectividad de las cales agrícolas

(Adaptado desde Tisdale *et al.*, 1995)

Tamaño de partículas mesh	Efectividad %	Cal A	Cal B
> 8	0		
8 - 60	50		
< 60	100		
CaCO <sub>3</sub> equivalente (%)		98	90
Análisis de tamices			
% sobre 8 mesh		2	0
% sobre 60 mesh		35	2
% paso 60 mesh		63	98
Calculo factor de fineza			
% sobre 8 mesh * 0% efectividad		2 * 0 = 0	0 * 0 = 0
% sobre 60 mesh * 50% efectividad		35 * 0.5 = 17.5	2 * 0.5 = 1.0
% paso 60 mesh * 100% efectividad		63 * 1.0 = 63	98 * 1.0 = 98.0
Factor de fineza		81.7	99.0
Valor Neutralizante			
Pureza * factor de fineza		98 * 81.7 = 80.0 %	90 * 99 = 89.1 %

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

44

## Cálculo Corrección de la Acidez del suelo

$$\begin{aligned} \text{Dosis de Cal} &= (5.8 - 5.5) / 0.12 \\ &= 2.5 \text{ t CaCO}_3 \text{ puro / ha} \end{aligned}$$

Eficiencia Cal A: 0,800  
Eficiencia Cal B: 0,891

### Dosis de Cal

Cal A:  $2.5/0.800 = 3,2 \text{ t Cal A/ha}$   
Cal B:  $2,5/0,891 = 2,8 \text{ t Cal B/ha}$

## Consideraciones importantes

- Mezclar el material encalante lo máximo posible con el suelo (ideal 20 cm)
  - para favorecer reacción con todo el suelo
- Aplicar con tiempo antes de realizar el cultivo
  - dar tiempo a que se realice la neutralización
  - tiempo depende del mallaje
    - Mayor a 200 mesh: 15 días
    - Entre 100 a 200 mesh : 30 días
    - Entre 50 - 100 mesh : 60 días

## Consideraciones importantes

- En praderas permanentes, aplicaciones superficiales no pueden ser mayor a 1 t CaCO<sub>3</sub>/ha/año
  - Evitar subida excesiva de pH en los primeros centímetros del suelo
- Aplicar antes de inicio del invierno
  - Favorecer incorporación con la precipitación
  - Deseable presencia de lombrices

## Fertilización de Corrección

## FERTILIZACION FOSFORADA

$$\text{Dosis P} = \text{DcP} + \text{DmP}$$

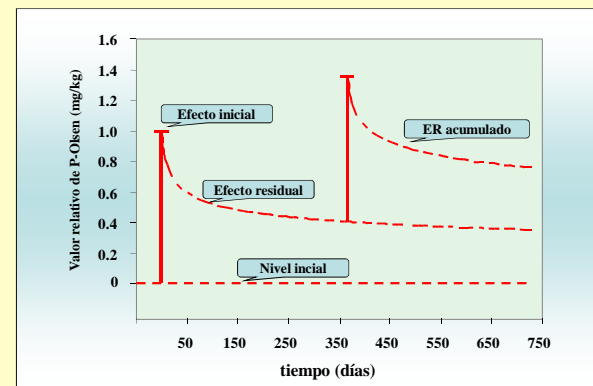
**Dosis P :** Dosis de fertilización de P (kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)

**DcP :** Dosis de corrección de P (kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)

**DmP :** Dosis de mantención de P (kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

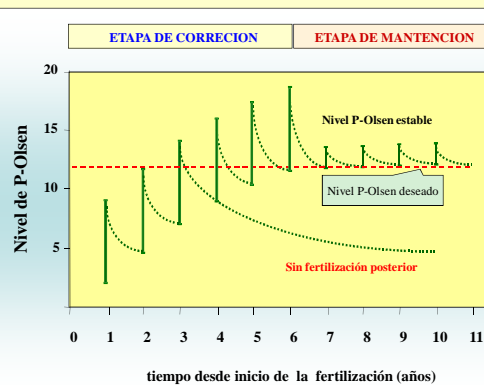
49



Esquema general de la acumulación de P y efecto residual de las aplicaciones a través del tiempo

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

50



Esquema general de la fertilización de praderas

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

51

### CALCULO DE UNA ESTRATEGIA DE FERTILIZACION DE CORRECCION DE LA FERTILIDAD FOSFORADA

1. Se fija un número de años para establecer la estrategia
2. Se calcula la Dosis de Fósforo necesario a aplicar anualmente, por un número t de años:

$$\text{DcP} = \frac{(Pa - Pi) * FCO * 2.3}{0.4 * t^{0.83}}$$

**Pa :** P-Olsen a alcanzar (Suministro requerido)

**Pi :** P-Olsen inicial (Suministro actual)

**t :** tiempo en años considerado en la estrategia

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

52

## ¿Entonces, que se necesita conocer?

- ◆ La capacidad de fijación del suelo (CP)
- ◆ La densidad aparente
- ◆ El tiempo y capacidad de inversión
- ◆ El valor del efecto residual acumulado

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

53

## ESTIMACION DE FACTOR DE CONVERSION A P-OLSEN (FCO)

1. Determinar la capacidad de retención inicial de P de acuerdo al tipo de suelo (Serie). Estimación en base a Aluminio Extractable:

$$CP = 1 - ((0.942 * Al_{ex}) / (59.6 + Al_{ex}))$$

2. Determinar el valor de densidad aparente. Estimación en base a la materia orgánica del suelo:

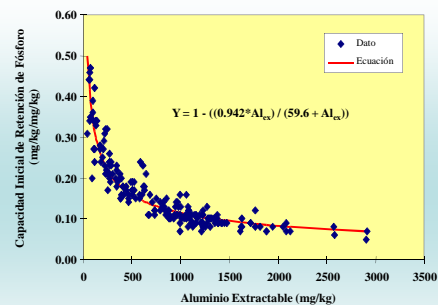
$$Dap = 1 / (0.563 + 0.055 * MO)$$

3. Calcular el valor del factor de conversión de acuerdo a la profundidad del suelo considerada

$$FCO = dap * profundidad (dm) / CP$$

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

54



Relación entre el Aluminio extractable y la Capacidad Inicial de Retención de Fósforo de los suelos (adaptado desde Rodríguez, 1993)

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

55

## ESTIMACION DE FACTOR DE CONVERSION A P-OLSEN (FCO)

**Ejemplo :** Al extractable : 1280 mg/kg. MO: 15.7 %

$$CP = 1 - ((0.942 * 1280) / (59.6 + 1280)) = 0.100 \text{ ppm/ppm}$$

$$Dap = 1 / (0.563 + 0.055 * 15.7) = 0.70 \text{ g/cm}^3$$

**Profundidad de 7.5 cm:**  $FCO = 0.70 * 0.75 / 0.100$

$$FCO = 5.25 \text{ kg P/ppm P-Olsen}$$

**Profundidad de 20 cm:**  $FCO = 0.70 * 2 / 0.100$

$$FCO = 14.0 \text{ kg P/ppm P-Olsen}$$

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

56

### Ejemplo de Cálculo de una Estrategia de fertilización P

Rendimiento a alcanzar: **12 t MS/ha**  
 Nivel P-Olsen inicial: **5 ppm (mg/kg)**  
 FCO: **14 (kg/ppm)**  
 tiempo de fertilización: **4 años**

$$\text{DcP} = (12 - 5) * 14 * 2.3 / (0.4 * 4^{0.83})$$

$$= 178 \text{ kg P}_2\text{O}_5 / \text{ha}$$

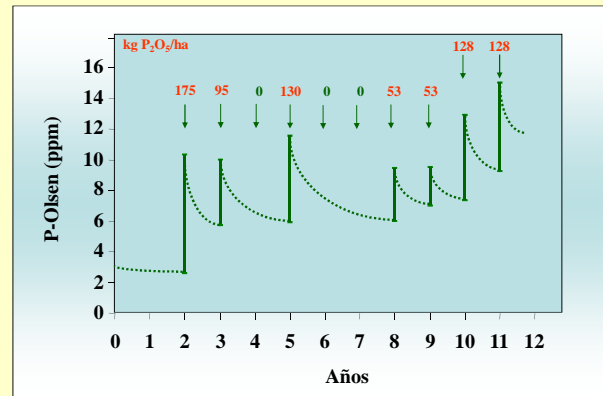
Significa:  
**Se debe agregar por sobre la dosis de P de mantención 180 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha cada año, durante cuatro años.**

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

57

### Ejemplo de Estrategia de aplicación de P

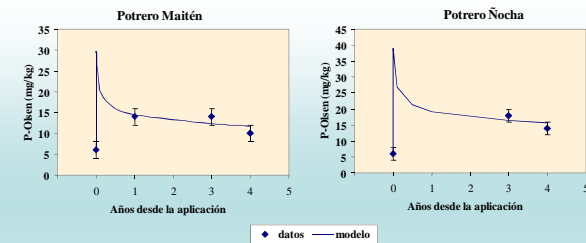
años	E.R.	Dosis		P- Olsen	
		anual kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	promedio	Pdf mg/kg	Pfa mg/kg
<b>Estrategia 1</b>					
1	0.400	178	178	10.5	7.2
2	0.711	178	178	12.7	8.9
3	0.996	178	178	14.5	10.5
4	1.264	178	178	16.0	12.0
<b>Estrategia 2</b>					
1	0.400	230	230	12.1	7.9
2	0.711	170	200	14.1	9.4
3	0.996	160	187	15.2	10.8
4	1.264	152	178	16.3	12.0



Variación del nivel de P disponible a través del tiempo (potrero 1. Campex Vista Alegre, UCh). 1988

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

59



Comparación entre los valores de P-Olsen predichos por el modelo y los valores medidos de P-Olsen a través de los años (datos de campo, Pinochet, 2002)

Dosis de P: 690 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha  
 Superfosfato triple  
 Suelo: Correltúe  
 FCO: 13 kg P/mg/kg P-Olsen  
 Nivel inicial: 6 mg/kg

Dosis de P: 920 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha  
 Superfosfato triple  
 Suelo: Correltúe  
 FCO: 13 kg P/mg/kg P-Olsen  
 Nivel inicial: 6 mg/kg

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

60

## ¿Que fertilizante fosforado usar?

- **Fertilizantes solubles en agua**
  - SFT; SFN; FDA; FMA
- **Fertilizantes parcialmente solubles**
  - Superfos; FDC
- **Fertilizantes insolubles en agua**
  - Roca fosfórica (Carolina del Norte; Bifox)

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

61

Estimación de un valor de sustitución del fosfato monocalcico por otros fertilizantes considerando el fósforo disponible en el suelo, pradera permanente (Pinochet, Balocchi y Smulders, 1996).

Fuente	Dosis	Diferencia en Extracción P-Olsen		Ingreso Real	Eficiencia	V.S.
		(g/maceta)	(ppm)	(g/maceta)	(ppm/g)	
FMC	66.4	9.8	1.0	56.6	0.0179	1.00
	132.8	13.6	1.8	119.2	0.0151	1.00
RFA	66.4	7.8	0.9	58.6	0.0154	0.86
	132.8	12.3	1.4	120.5	0.0116	0.77
RF	66.4	7.1	0.3	59.3	0.0051	0.29
	132.8	9.6	0.5	123.2	0.0041	0.27

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

62

## Pregunta

- ¿Qué importancia tiene el azufre?

## Respuesta

- **Mucha, cuando es deficiente, como cualquier nutriente esencial**
- **Sin embargo, sabemos poco en praderas**

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

63

Factores de corrección de la fertilidad de Mg y de S de acuerdo al tipo de suelo.

Tipo de Suelo	Dosis en (kg/ha) para subir	
	FCMg 1 cmol <sub>c</sub> / kg	FCS 1 mg / kg
Trumao	180	5.0
Pardo arcilloso	200	4.0
Rojo arcilloso	250	3.5
Aluvial arenoso	350	2.0
Aluvial arcilloso	450	2.5

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

64



## ¿Qué falta por saber en azufre?

- El problema de la movilidad en el suelo con pH del suelo por sobre 6,0
- El efecto del pH en la adsorción de S en el suelo
- Importancia del S orgánico del suelo y su mineralización (muy importante en praderas)

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

65

## Parcialización

- No es relevante la parcialización en **P, K, Ca, Mg** y **Na**, aplicar en cualquier época el año
- No se debe aplicar **K** en primavera
- Se debe aplicar el **S** en primavera
- El **N** debe parcializarse
  - Dosis máxima a aplicar 30 kg N/ha por vez, si se quiere mantener el porcentaje de trébol
  - El siguiente criterio es que no se acumula N mineral, si existe más de lo suficiente se pierde

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

66

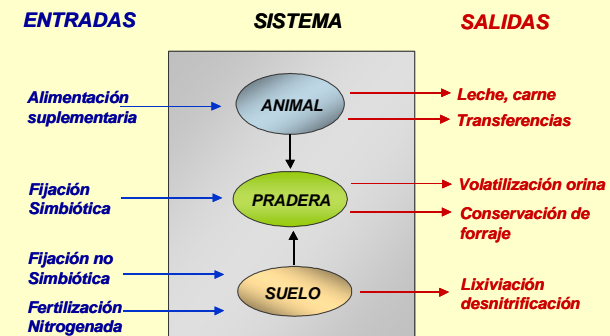
## FERTILIZACION NITROGENADA

### Un caso de balance nutricional

El suelo es el principal proveedor del N mineral  
La Leguminosa provee el ingreso de N del aire

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

67



Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

68

### DEMANDA SUPLEMENTARIA DE NITROGENO (DEMSN)

Corresponde a la cantidad de N demandada por la pradera, descontado la fijación simbiótica de N.

$$\text{DEMSN} = \text{Productividad} * \text{FSDN}$$

FSDN = factor demanda de N (kg N/ton MS)

$$\text{FSDN} = 24,3 - 0,25 * L + 0,009 * L^2$$

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

69

### Demanda real y Demanda suplementaria de N en una pradera de 12 ton MS/ha con distintos porcentajes de leguminosa

Leguminosa (%)	Nitrógeno (kg N/ha)		
	Demanda Real	Demanda Suplemento	Delta
0	291.6	291.6	0.0
5	316.8	279.3	37.5
10	342.0	272.4	69.6
15	367.2	270.9	96.3
20	392.4	274.8	117.6
25	417.6	284.1	133.5
30	442.8	298.8	144.0

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

70

### Fijación biológica en praderas mixtas

Trébol %	N fijado (kg N/ha/año)		
	Fertilidad suelo baja	Fertilidad suelo adecuada	Modelo
< 10	< 10	25 - 50	0 - 70
15	20	75	95
20	25	100	120
30	50	150	145

Datos de Nueva Zelanda de Morton (2001)

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

71

### EJEMPLO CALCULO DE DEMANDA

Productividad: 12 ton MS/ha  
 Objetivo: Carne  
 Leguminosas: 5 %  
 PU: 65%  
 Conservación: 0 ton MS/ha

Factor de Suplemento de demanda de N

$$\text{FSDN} = 24,3 - 0,25 * L + 0,009 * L^2$$

$$\text{FSDN} = 24,3 - 0,25 * 10 + 0,009 * 10^2$$

$$\text{FSDN} = 23,28$$

### DEMANDA SUPLEMENTARIA

$$\text{DEMSN} = 12 * 23,28 = 279,4 \text{ kg N/ha}$$

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooperinsem 2011

72

## SUMINISTRO DE NITROGENO (SUMNIT)

Equivalente a la cantidad de N que es reciclada a través del manejo de los animales y la fijación simbiótica.

Es dependiente de:

- el objetivo de productividad (leche o carne)
- el contenido de leguminosa de la pradera
- el porcentaje de utilización de la pradera de acuerdo al sistema de pastoreo
- la cantidad de la materia seca producida utilizada en conservación de forraje

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

73

$$\text{SUMNIT} = \text{Productividad pastoreo} * \text{FSN}$$

FSN = factor suministro de N (kg N/ton MS)

Sistemas lecheros

$$\text{FSN}_L = 21,6 + 0,51 * L - 0,072 * PU - 0,0033 * L * PU$$

Sistemas de carne

$$\text{FSN}_C = 21,6 + 0,51 * L - 0,053 * PU - 0,0030 * L * PU$$

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

74

## EJEMPLO SUMINISTRO

Productividad:	12 ton MS/ha
Objetivo:	Carne
Leguminosas:	5 %
PU:	65%
Conservación:	0 ton MS/ha

$$\text{FSN}_C = 21,6 + 0,51 * L - 0,053 * PU - 0,0030 * L * PU$$

$$\text{FSN}_C = 21,6 + 0,51 * 5 - 0,053 * 65 - 0,0030 * 5 * 65$$

$$\text{FSN}_C = 19,73$$

## SUMISTRO

$$\text{SUMNIT} = 12 * 19,73 = 236,8 \text{ kg N/ha}$$

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

75

## EFICIENCIA FERTILIZACION NITROGENADA

Es la cantidad del N aplicado recuperado por la pradera, es decir, debe considerarse las pérdidas (lixiviación, desnitrificación y volatilización)

Es dependiente de:

- Fuente fertilizante utilizada
- Epoca de aplicación
- Forma de aplicación

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

76

## EFICIENCIA FERTILIZACION NITROGENADA

Manejo de fertilización	Eficiencia fertilización (kg N/kg N)
Optimo	0,80
Alto	0,75
Medio	0,70
Bajo	0,60

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

77

## CALCULO DE LA DOSIS DE NITROGENO

**Productividad:** 12 ton MS/ha  
**Objetivo:** Carne  
**Leguminosas:** 5%  
**PU:** 65%  
**Conservación:** 0 ton MS/ha

$$\text{DOSIS N} = (\text{DEMSN} - \text{SUMNIT}) / \text{EFICFN}$$

**DEMSN = 279,4 kg N/ha**

**SUMNIT = 236,8 kg N/ha**

**EFICFN = 0,75 kg N/kg N**

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

78

## CALCULO DE LA DOSIS DE NITROGENO

**Productividad:** 12ton MS/ha  
**Objetivo:** Carne  
**Leguminosas:** 5%  
**PU:** 65%  
**Conservación:** 0 ton MS/ha

$$\begin{aligned} \text{DOSIS N} \\ 279,4 - 238,8 / 0,75 \\ = 60 \text{ kg N/ha} \end{aligned}$$

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

79

**Muchas gracias!**

Dr. Dante Pinochet T. Jornadas de Cooprinsem 2011

80