

Recomendación de Dosis de Fertilización

Carlos Perdomo

chperdom@fagro.edu.uy

Objetivos:

- **Interpretar Anal. de suelo**
 - Síntomas de deficiencia
 - Anal. Foliar
- **Recomendar dosis de fertilizante en distintos sistemas de producción**
- **Integrar conceptos básicos de dinámica de nutrientes con recomendaciones**



<i>ID</i>	<i>pH</i> <i>(H2O)</i>	<i>C.Org</i> <i>%</i>	<i>Bray I</i> <i>µg P/g</i>
Maiz chico	5.5	1.36	23.3

Maiz grande

Área con síntomas: Rel Mg/K= 2,2/0,18=12,2

Área sin síntomas: Rel Mg/K = 2,3/0,21=10,9

<i>ID</i>	<i>Ca</i> <i>meq/100g</i>	<i>Mg</i> <i>meq/100g</i>	<i>K</i> <i>meq/100g</i>	<i>Na</i> <i>meq/100g</i>
Maiz chico	8.8	2.2	0.18	0.26
Maiz grande	8.5	2.3	0.21	0.27

- Preguntas

- pH (Al int) < 5.2? ó >7 (CaCO₃) ?
- Rel. Ca/Mg (>15) ?
- Rel. Mg/K >10 ó < 2) ?

Factores a tener en cuenta además del A. de suelo

- **Cultivo**
- **Tipo de suelo**
- **Manejo anterior del suelo:**
 - Edad de la chacra
 - Cultivo anterior (incluye rastrojo)
 - Sistema de laboreo
 - Fertilizaciones previas
- **Clima (previo, futuro)**

Factores a tener en cuenta además del A. de suelo

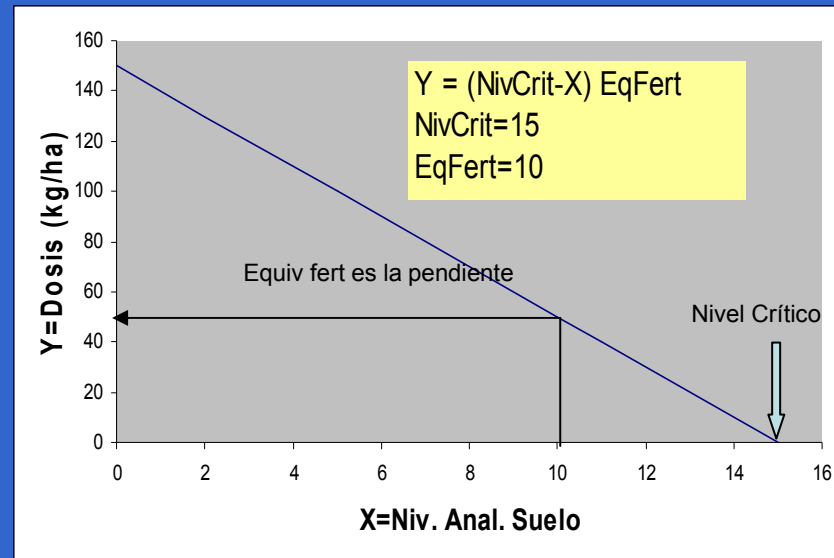
- **Potencial productivo**
 - Promedio de rend. anteriores,
 - Cambio de tecnología (Riego)
- **Calidad**
- **Forma de aplicación del fertilizante**
- **Costo relativo de la fertilización**
- **Disponibilidad económica del productor**

Factores a tener en cuenta además del A. de suelo

- **Medio ambiente**
- **Fertilización del cultivo ó de la rotación**
- **Filosofía o criterio de fertilización**

Recomendaciones de fertilización NPK basados en A. de Suelos (AS) y en:

- **Nivel Crítico:**
 - Nivel de AS por encima del cual es poco probable que exista respuesta a la fertilización
 - Respuesta=incremento de rendimiento
- **Equivalente fertilizante**
 - Cantidad de nutriente a agregar (kg/ha) para incrementar en una unidad el nivel de AS



Niveles críticos de P en Uruguay

Cultivo	ppm P Bray I
Umbral Ambiental	30
Alfalfa	18-20
Trebol blanco	16
Trebol rojo	14
Lotus	10-12
Soja	10

Niveles críticos de P

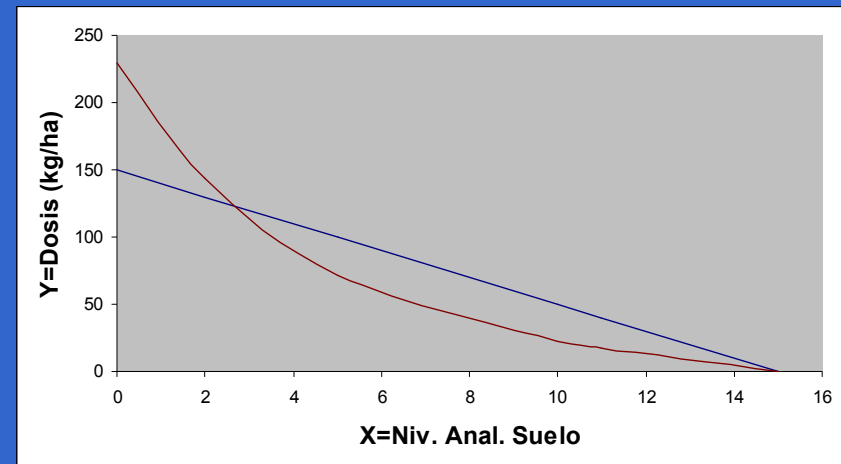
Cultivo	ppm P Bray I
Trigo	12-14
Cebada	12-14
Sorgo granífero	14-16
Maíz	14-16
Avena	10
Girasol	10-12
Citrus	12

Equivalente fertilizante: P

- Kg de P_2O_5 a agregar para elevar el nivel del suelo (0-20 cm) en 1 ppm de P (Bray I)
- El rango promedio para los suelos del Uruguay sería 10-15
- **Varía con Tipo de suelo:**
 - 7.5 en suelos de textura liviana en el hor. A, y sin Al. Inter. (ej. Planosoles)
 - 15 o + en suelos de textura arcillosa en el hor. A y con Al. Inter. (ej: suelos de sierra)

Equivalente fertilizante P:

- Normalmente se asume un valor fijo para todo el rango de P del suelo
- Pero varía con el nivel de P del suelo:
 - decrementos decrecientes
- Cuesta más subir las primeras ppm que las últimas



P: Ejemplo

■ Cultivo: Maíz

- ✓ Anal. de Suelo= 11 ppm P → Dato de laboratorio
- ✓ Nic. Crit.= 15 ppm P => **Para Maíz:** Depende del cultivo
- ✓ Eq. Fert= 10 kg/ha P₂O₅ / ppm => Por tipo de suelo
- ✓ Dosis P₂O₅ (kg/ha): (15-11) x 10 = 40 kg/ha de P₂O₅
- ✓ Fertilizante a usar: 18-46-0= 87 kg/ha de 18-46-0
- ✓ En la práctica se recomienda un rango
80-100 kg/ha de 18-46-0
- ✓ Momento de aplicación: Pre-siembra o a la siembra

Potasio

- **Su uso un calculo similar al P, pero con menor base empírica**
- **Nivel critico**
 - **Depende del suelo, no del cultivo**
 - **Suelos medios a pesados = 0,25 meq K/100 g suelo**
 - 0,30 meq K/100 g en SD
 - **Suelos arenosos (Tac. Rivera) = 0,15 meq K/100 g suelo**
 - 0,20 meq K/100 g en SD
 - **En cultivos hortícolas de alto rendimiento se recomienda aumentar el NC en 0,10 meq K/100 g**

Equivalente fertilizante

- Se estima la dosis de K necesaria para elevar el nivel del suelo en 1 meq K/ 100 g
- 1 meq K/100 g suelo = 39 mg K / 0,1 kg suelo = 390 mg K / kg suelo = $3,9 \cdot 10^{-4}$ kg K / kg suelo
- Una hectárea (0-20 cm) pesa aprox. 2,5 millones de kg = $2,5 \cdot 10^6$ Kg suelo/ha
- $3,9 \cdot 10^{-4} * 2,5 \cdot 10^6 = 975$ kg/ha K * 1,2 kg K_2O /kg K = 1170 kg K_2O /ha

Equivalente fertilizante:

- **Deriva de un calculo teórico:**
 - Depende de la prof. del suelo considerada. Ej 0-10 cm= 585 kg K_2O /ha
 - También depende de la dens. aparente y del poder de fijación de K del suelo

Ejemplo:

- **Cultivo: Tomate de campo**
- **Anal. de Suelo K: 0,08 meq K / 100 g suelo**
- **Textura de suelo= arenosa**
 - **Recomendación: $(0,15 - 0,08) \times 1170 = 82$ kg de K_2O /ha**
 - **Fertilizante a usar: KCl (60 % K_2O) = $82 / 0.6 = 137$ kg/ha de KCl**
- **En la práctica se recomienda un rango**
 - **130-140 kg/ha de KCl**
- **Momento de aplicación: Pre-siembra por posible efecto salino, ó a siembra separado de la semilla**

Nitrógeno

- **Distintos índices de disponibilidad**
 - Suelo: MO, N-mineralizable, NO_3
 - Planta: % N en hoja
- **MO: no existen criterios objetivos de recomendación**
- **Nmin: INIA Estanzuela, muestreo previo a la siembra**
- **NO_3 : Niveles críticos para algunos cultivos**
 - cebada, trigo, maíz,
 - avena-raigras a la siembra
 - Niveles críticos de N- NO_3
 - $\text{ppm NO}_3 = \text{ppm N-NO}_3 \times 4.43$

Niveles críticos de N-NO_3^-

Cultivo	Estadio de desarrollo = Z_{22} (Macollaje temprano)
	ppm de N-NO_3^-
Trigo	14
Cebada	12

Niveles críticos de N-NO_3^-

Cultivo	Estadio de desarrollo
	V-6 = 6 hojas = (15-30 cm del suelo al punto de crecimiento)
	ppm de N-NO_3^-
Maíz	18-25
Sorgo	16-22

Equivalente fertilizante

- Para elevar 1 ppm el nivel de análisis de N-NO₃ se requieren 2.5 kg/ha:
 - al estar NO₃ en forma soluble, el único factor es el peso de la hectárea (0-20 cm)
- Pero la eficiencia de uso no es 100%, se asume 50 - 75% :
 - Debido a pérdidas por lavado, desnitrificación, inmovilización, fijación de NH₄, etc)
- Ej: Cebada a Z-22
 - A. de suelo = 6 ppm de N-NO₃
 - Dosis de N: $(12-6) \times 2.5 / 0.5 = 30$ kg/ha
 - Dosis de Urea (46% N)= $30/0,46=65$ kg/ha

Ajuste de N a la siembra:

- No se ajusta por Nivel Crítico
- Sino por el requerimiento de N de siembra a macollaje
- Cebada
 - Hasta Z-22 el cultivo absorbe aprox. 20 kg/ha de N
 - Si asumimos una eficiencia de uso de 50%
 - El cultivo debe disponer de $20 / 0,5 = 40$ kg/ha de N
 - Ej:
 - Siembra = 10 ppm de N-NO₃
 - Equivale a 25 kg/ha de N
 - Dosis a agregar de N: $40 - 25 = 15$ kg/ha
 - No hay que ajustar por eficiencia
 - Ya está considerada al tomar como valor de requerimiento de N 40 kg/ha en vez de 20
- El requerimiento de trigo es similar al de cebada (40 kg/ha de N)
- Pero los de Maíz y Sorgo son mayores (50 kg/ha de N)

Avena-Raigras:

- Verdeo de gramíneas, anual invernal
- A la siembra se ajusta P y K
 - N: El requerimiento es de 50 kg/ha de N
- Luego del primer corte, y en cada corte subsiguiente, se agrega una dosis fija de N
 - 30 kg/ha N ó 50 kg/ha de Urea
 - Este valor es cercano a la extracción de N con la cosecha de forraje (corte o pastoreo)
 - Luego de instalada la pastura, los indicadores de suelo para N no sirven, ya que los niveles de N-NO₃ son muy bajos debido a la alta extracción

Nitrógeno

- **N hoja:**
 - Cultivos anuales: cebada, trigo
 - Cultivos perennes:
 - Citrus
 - Eucalyptus

Lotus (corniculatus)

- Pastura perenne de leguminosa pura.
- A la siembra, se ajusta P y K.
 - Para N, ó no se agrega nada ó una dosis de arranque o "starter" (ej. 20 kg /ha de N) junto con el P
- Refertilización anual fija:
 - En condiciones promedio se recomienda re-fertilizar anualmente en otoño , con 30-40 kg/ha de P_2O_5
 - El análisis de suelo tiene limitantes, debido a la gran variabilidad de P Bray debida a las refertilizaciones previas en superficie.
 - Sacar muchas tomas(50), no perder el primer cm del suelo

Lotus (corniculatus)

- De donde proviene este valor de dosis fija
 - Simplificación con objetivo práctico
- Tasa de descenso anual aprox. 25%
 - Si parto de 12 ppm el P baja anualmente $(12 \times 0.25) = 3$ ppm →
Dosis= 30 kg/ha de P_2O_5
- Si el anal. suelo = 20 ppm
 - caería 5 ppm anual
- En realidad la cuenta sería 12 ó 20 menos nivel original del suelo (ej. 4 ppm)
- Tasa depende del tipo de suelo

Lotus (corniculatus)

- Criterio para refertilizaciones:
 - Nivel Critico para P está 2-3 unidades por debajo del N. C. de siembra.
 - Considerar además:
 - Historia de fertilización
 - Nivel productivo de la pastura y % de leguminosas

Encalado (caliza de buena calidad)

Suelos con Al int.

–MO < 2%

•3 Ton Caliza /meq Al int

–MO \geq 2%

•4 Ton Caliza /meq Al int

Suelos sin Al int. y pH <6

–Vert. y Brun eut.

•10 Ton/u pH

–Brun subeut. y Argis.

•5 Ton/u pH

Encalado

- Ej. con Al int.

- Acrisol, MO= 1%,
pH=4,9; Al int.=0,6

- $0,6 \times 3 = 1,8$ ton

- Ej. sin Al int.

- Brunosol eut.; pH=5,5

- $(6-5,5) \times 10 = 5$ ton

Citrus

- Población: 400 plantas/ ha
- Previo a la instalación del monte:
 - caracterización del suelo, muestreo hasta 1 m para evitar plantar en sitios con:
 - pH alto y presencia de CO_3Ca a menos de 40 cm de prof. (clorosis férrica...)
 - Presencia de Horizonte B2t cercano a la superficie
- A la siembra, ajuste de P y K por Anal. Suelo
 - N.C. K= 0.35-0.40 meq/100g
 - ¡Exceso de K genera deficiencia de Mg!
 - P Bray 12-14 ppm

Nitrógeno

- Árboles chicos:
 - 1º año: 50 g Urea /árbol = 20 kg Urea/ha
 - 2º año: 100 g Urea /árbol = 40 kg Urea/ha
 - Luego se aumenta (de a 100 g) hasta llegar a 1 kg
- Árboles adultos (11 años y +):
 - 1 kg Urea /árbol = 400 kg Urea /ha
(acidificación bajo copa)

Citrus

- En árboles grandes, fertilización NPK basada en análisis foliar
 - Hojas fructíferas: la hoja más nueva totalmente desarrollada de una rama fructífera.

Niveles críticos de NPK en hoja fructífera- Citrus

Nutriente	% en Hoja Fruct.
N	2.20
P	0.15
K	0.70

Citrus

- Si hay deficiencias
 - N = 1 kg de Urea /árbol = 400 kg/ha
 - P = 200 g de P_2O_5 árbol = 80 kg/ha
 - K = 1 kg de K_2O /árbol = 400 kg/ha

Tomate

- Fertilización
 - No hay muchos parámetros objetivos
 - Depende más del sistema de producción
 - debido a las diferencias de requerimientos
- N Encañado
 - se cosecha 30 Ton en 3 veces
 - $40 + 30 + 30$ de N/ha = 100 kg/ha de N
- N Invernáculo
 - se cosecha 300 Ton en 10 veces
 - $N=50 + 50$ (x 9 veces) = 500 kg/ha de N

Tomate

- **Dosis (kg/ha de K_2O) varían desde**
 - 100 en tomate de campo
 - a 500 en Invernáculo
- **P solo a la siembra, varía menos**
 - en campo N.C. = 15 ppm
 - en Invernáculo 40 unidades más a la siembra

FIN