

**Determinación de P extraíble en suelos por el  
método de Bray y Kurtz 1.**

**Aspectos a tener en cuenta para su  
evaluación.**

**Lic. Edaf. Graciela Boschetti**

**Facultad Ciencias Agropecuarias-UNER**



**Jornadas Cierre PROINSA 23 Noviembre 2012**

# Dinámica del fósforo en el suelo

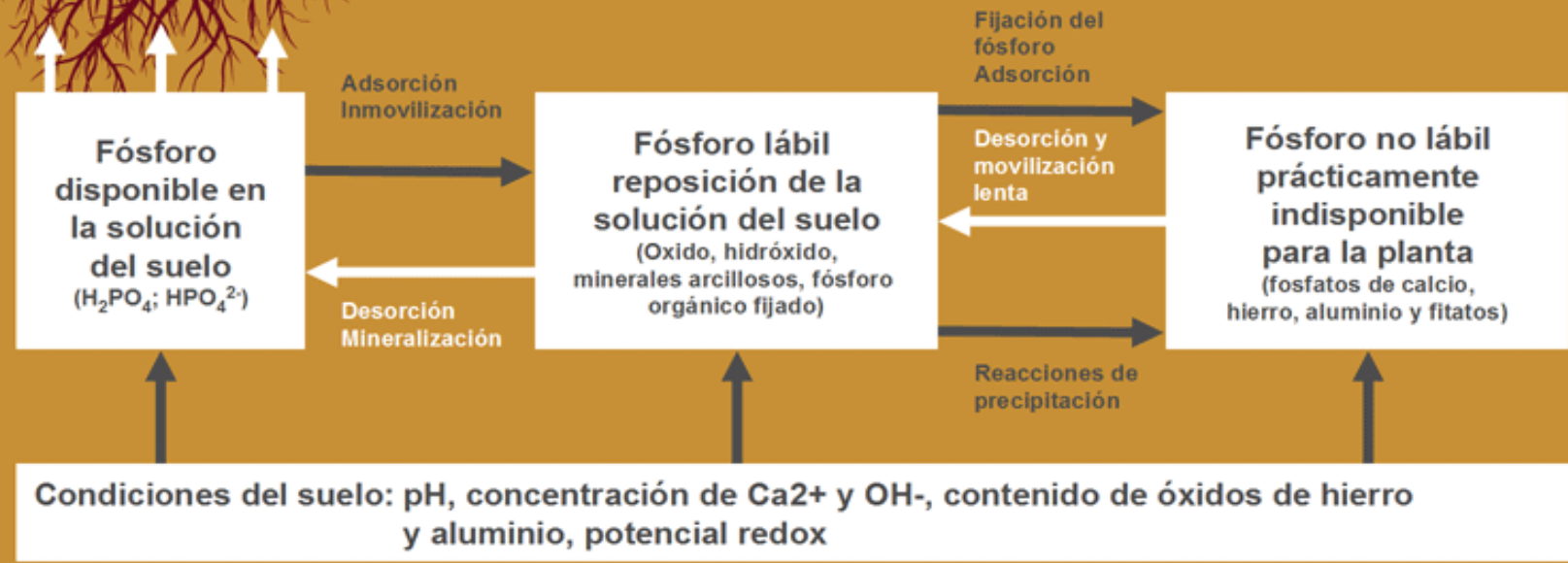


Absorción de P

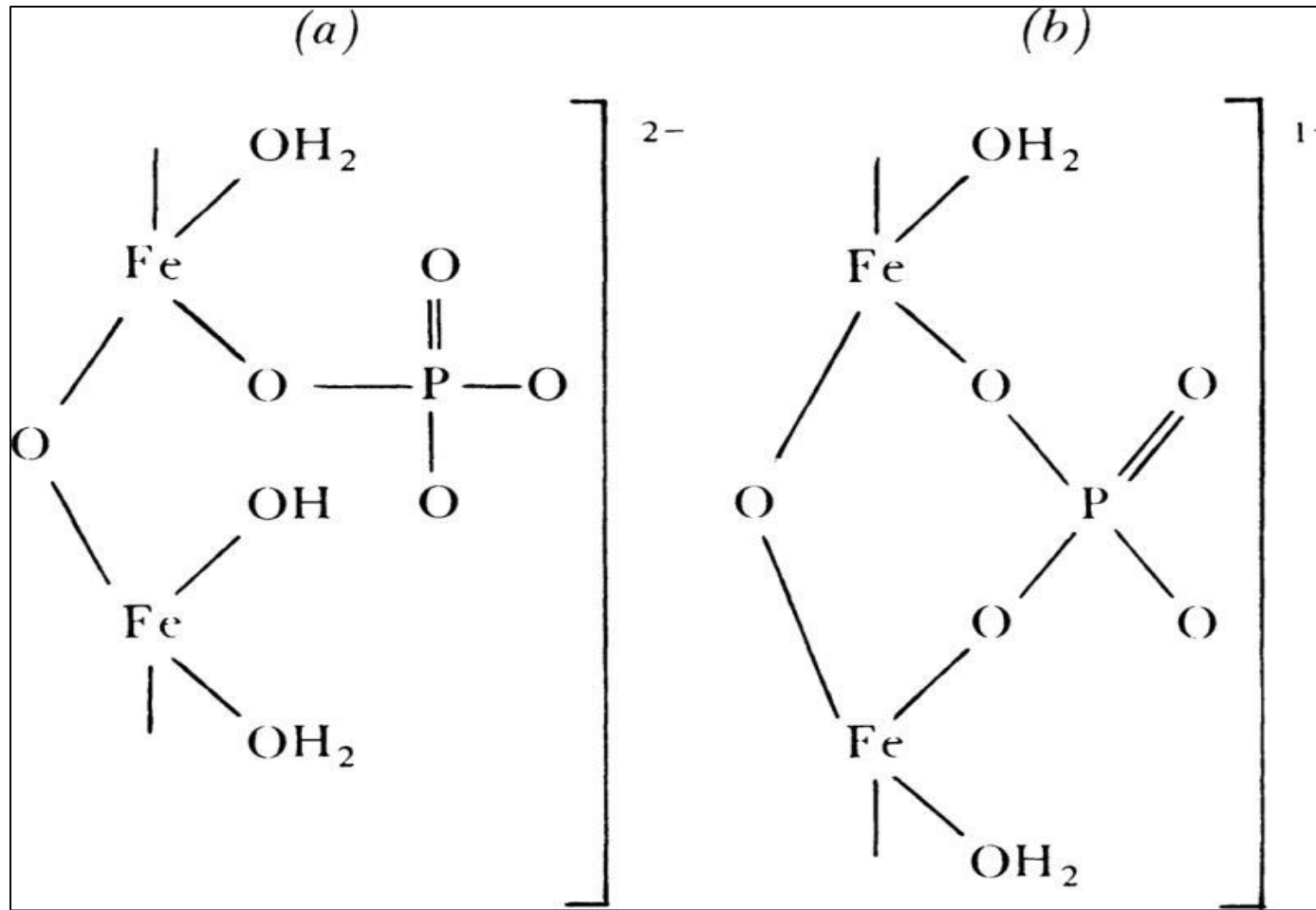
Restos de cosecha

Fertilizantes orgánicos y minerales

Perdidas por erosión → escorrentía



# P Inorgánico



Enlace Simple

**P Lábil**

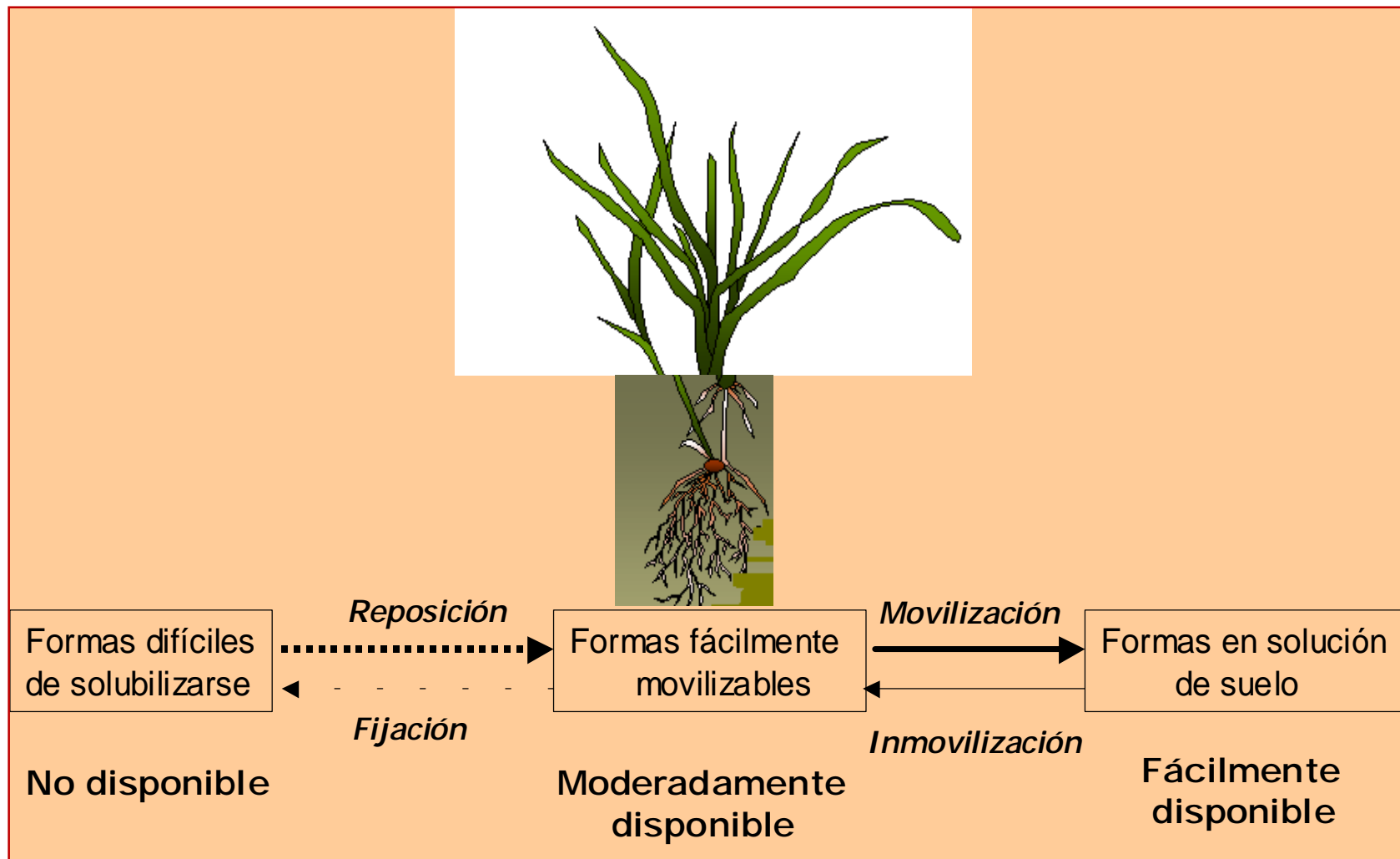
Enlace doble

**P No Lábil (fijado)**

# P Inorgánico No Lábil

- **Minerales primarios del grupo de las Apatitas**  
Fluorapatitas  
Hidroxiapatitas
- **Fosfatos de Ca**  
Monocálcico, dicálcico, tricálcico
- **Fosfatos de Al**  
Varicitas, tarankitas, wavelitas
- **Fosfatos de Fe**  
Vivianitas, estrengitas
- **Adsorbidos a las superficies**  
Compuestos de Ca, Fe y Al  
(intercambio de ligandos)

# ESQUEMA DE COMPARTIMENTOS DE DISPONIBILIDAD DE UN NUTRIENTE



## **ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD DE UN NUTRIENTE EN EL SUELO. PRINCIPIOS DE BRAY:**

- **El extractante usado debería extraer todo ó partes proporcionales de la forma o formas disponibles del nutriente de distintos tipos de suelos.**
- **La cantidad de nutriente extraído debe poder medirse con razonable exactitud y velocidad.**
- **La cantidad extraída debería correlacionarse con el crecimiento y la respuesta de cada cultivo a ese nutriente con variadas condiciones de manejo.**

## **Técnica de P extraíble en suelos por el método de Bray y Kurtz 1.**

**Se basa en la extracción del P del suelo por medio de una solución de fluoruro de amonio en medio ácido, que agitada con el suelo durante un tiempo determinado solubiliza fósforo.**

**Luego del filtrado o centrifugado se cuantifica el P en el extracto.**

## **Determinación de P extraíble en suelos por el método de Bray y Kurtz 1.**

**El ensayo comprende 2 etapas:**

- 1. Extracción**
- 2. Determinación espectrofotométrica**



# Bray y Kurtz N° 1

## Metodología original



1 gramo de suelo y 7 ml de solución extractiva (mezcla de  $\text{NH}_4\text{F}$  0,03N y  $\text{HCl}$  0,025N) agitando vigorosamente por un minuto, para luego determinar el P en el extracto método Murphy y Riley (1962).

# Bray y Kurtz N° 1 Modificado

## Modificaciones



- Se prolongó el tiempo de agitación a 5 minutos, hecho que facilita la operatoria.
- Se trabaja con 2,5 g de muestra y 20 ml de solución extractiva, lo que da una relación de 1:8.
- Método colorimétrico del ácido ascórbico en lugar del cloruro estannoso.

# **PROCESO DE EXTRACCIÓN**

**Bray y Kurtz 1**

— El HCl disuelve principalmente los fosfatos de Ca y algunos de Al y Fe.

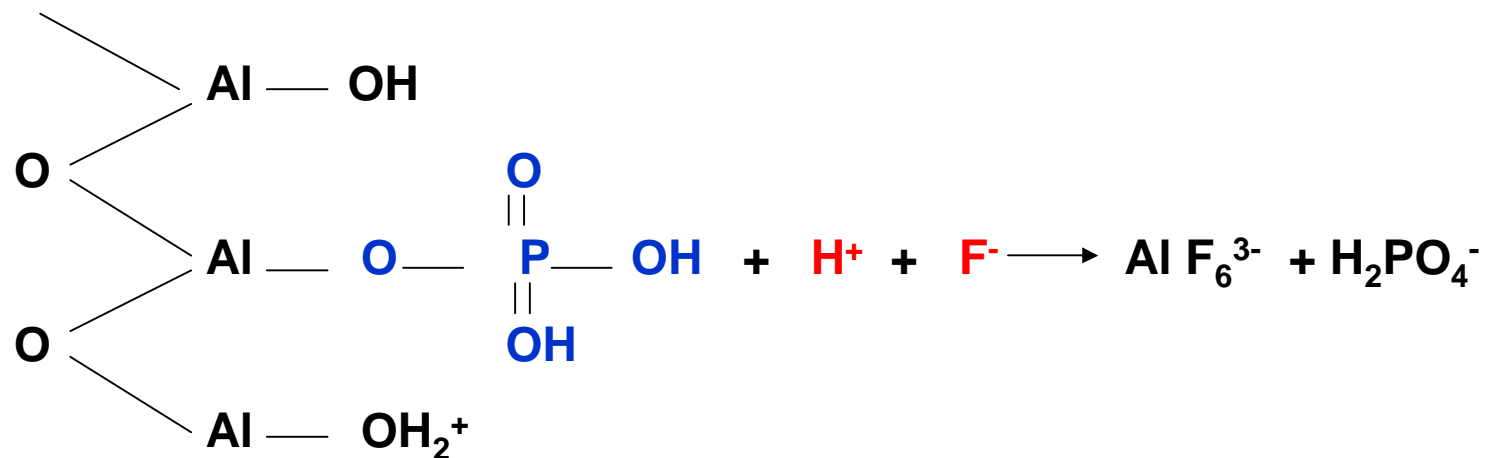
— El ión  $F^-$  promueve la desorción de los fosfatos ligados al Fe y Al.



El ión  $F^-$  al disminuir la actividad del  $Al^{3+}$  y la del  $Ca^{2+}$  y  $Fe^{3+}$  por la formación de complejos, evita la adsorción de los fosfatos solubilizados (Soil and Plant Analysis Council, 1992).

**Extracción: como actúa el extractante y que fracciones de P extrae ?**

## Extracción: como actúa el extractante y que fracciones de P extrae ?

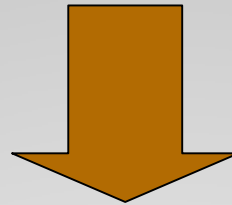


P adsorbido sobre superficie mineral

P disponible



# **La etapa de extracción de P es clave en el análisis**



- 1. La relación suelo : solución**
- 2. Forma de extracción: tiempo e intensidad agitación**
- 3. Recipientes utilizados en la extracción**

**EFFECTO DE LAS VARIABLES  
DE EXTRACCIÓN  
SOBRE EL RESULTADO  
FINAL**

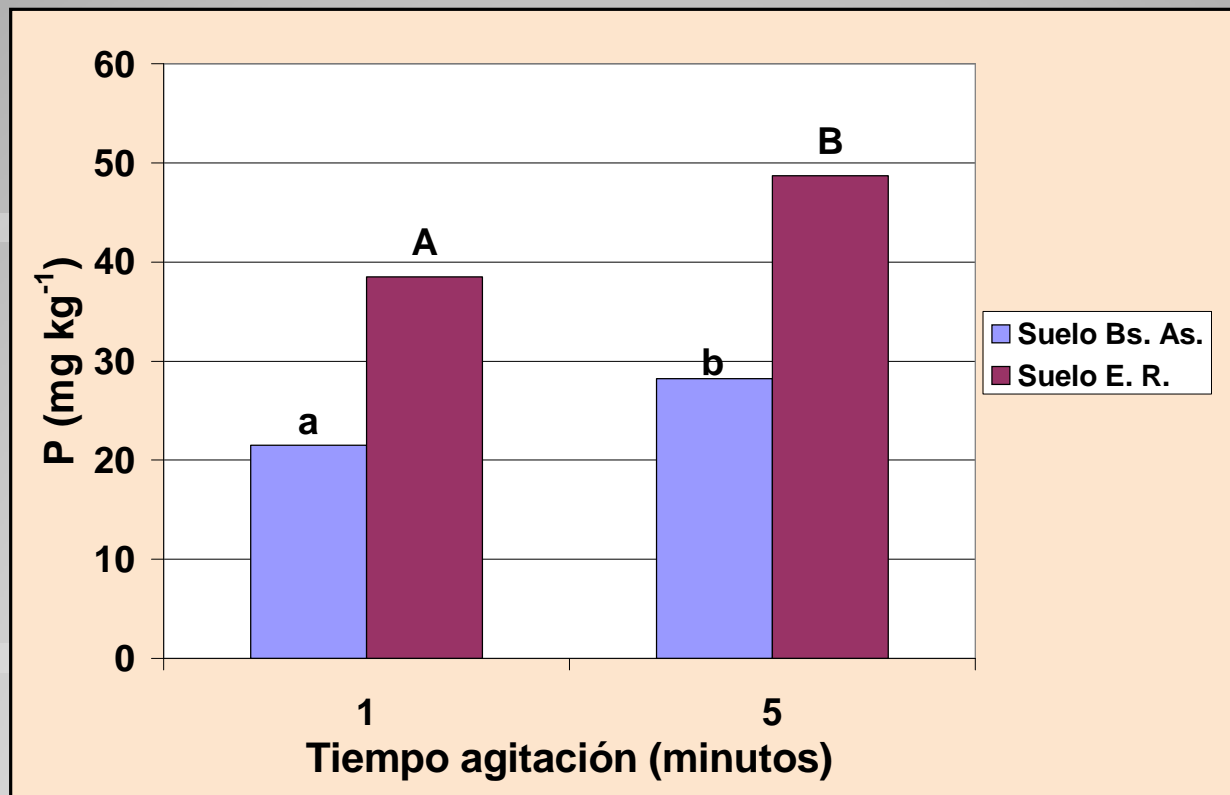
# Experiencia:

Un suelo Hapludol típico de la provincia de Buenos Aires

Un suelo Argiudol ácuico de la provincia de Entre Ríos

1. Relación suelo:solución,
2. Tiempo de agitado
3. Forma de agitación sobre la cantidad de P extraída.





Boschetti *et al.*, 2003

**Efecto del tiempo de agitación sobre la cantidad de P extraída**

# Encuesta sobre detalles metodológicos

## Método Bray Kurtz 1

- ♣ AACS 2002
- ♣ PROINSA 2010

A partir del relevamiento se pudo observar que existen diferencias en la operatoria para la determinación del P disponible por el método de Bray y Kurtz 1.

# Método de Bray y Kurtz 1- Tiempo Agitación

## Encuesta AACS 2002

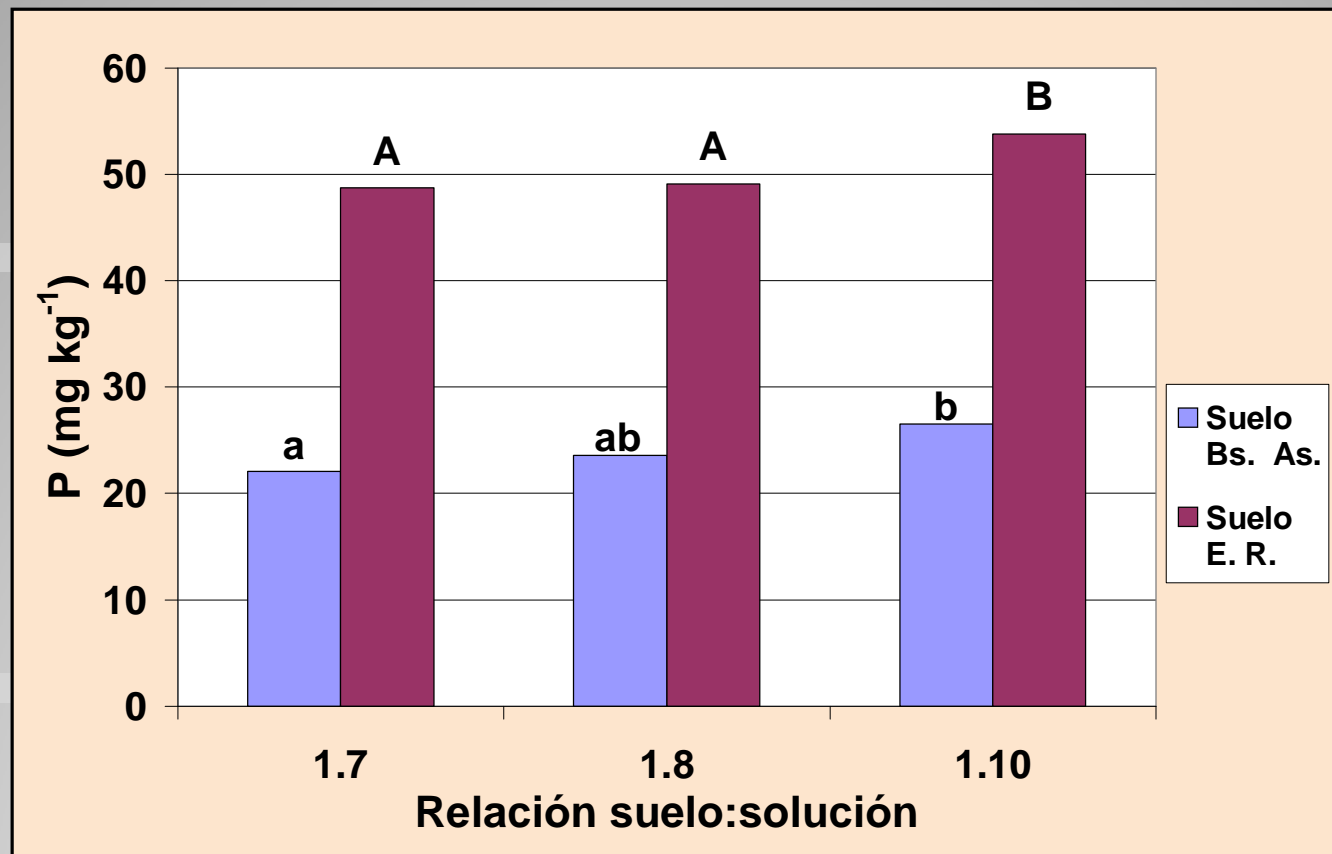
<i>Tiempo Agitación (minutos)</i>	<i>%</i>
5	71
1	21
2-7	8

31 Laboratorios

## Encuesta PROINSA 2010

<i>Tiempo Agitación (minutos)</i>	<i>%</i>
5	91
1	3
6	3
No contestan	3

35 Laboratorios



Boschetti *et al.*, 2003

**Efecto de la relación suelo : solución sobre la cantidad de P extraída**

# Relación Suelo-Solución Extractiva

## Encuesta AACS 2002

<i>Relación Suelo-Solución</i>	<i>%</i>
1 : 7	38.5
1:8	57
1:10	10,5

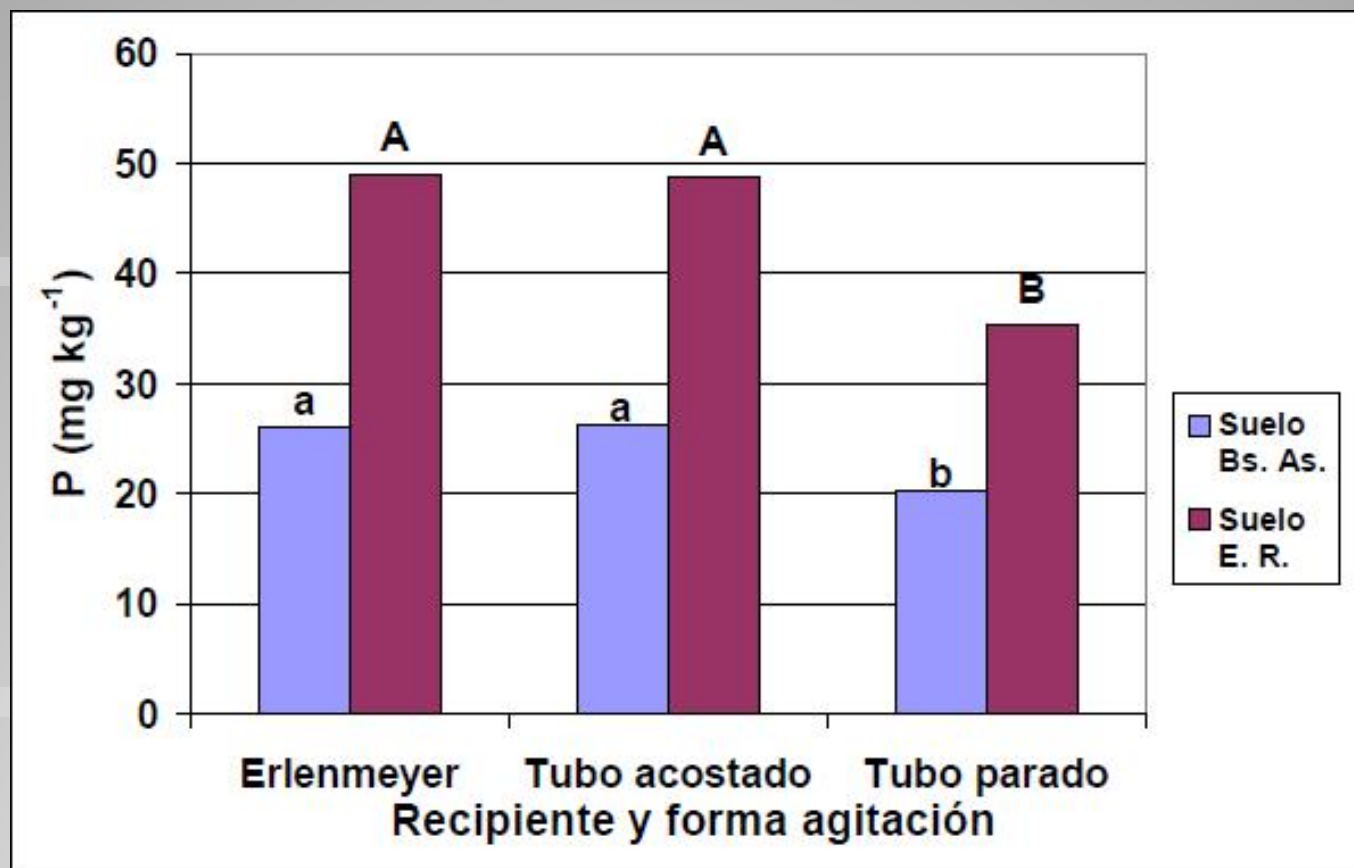
31 Laboratorios

## Encuesta PROINSA 2010

<i>Relación Suelo-Solución 1:7</i>	<i>%</i>
2:14	46
1:7	11
2,85: 20	6
2.43:10	3
	66

<i>Relación Suelo-Solución 1:8</i>	<i>%</i>
2.5:20	34

35 Laboratorios



**Efecto del recipiente y la forma de agitación sobre la cantidad de P extraíble.**

**5 minutos extracción relación 1:7**

# Método de Bray y Kurtz 1- Forma Agitación

## Encuesta AACS 2002

<i>Recipientes</i>	<i>%</i>
Tubos	45
Erlenmeyer 125 ml	36
Frasco plástico	10
Vasos plásticos	6
Tubo rollo fotos	3

<i>Agitación</i>	<i>%</i>
Vaivén	71
Rotativo	29

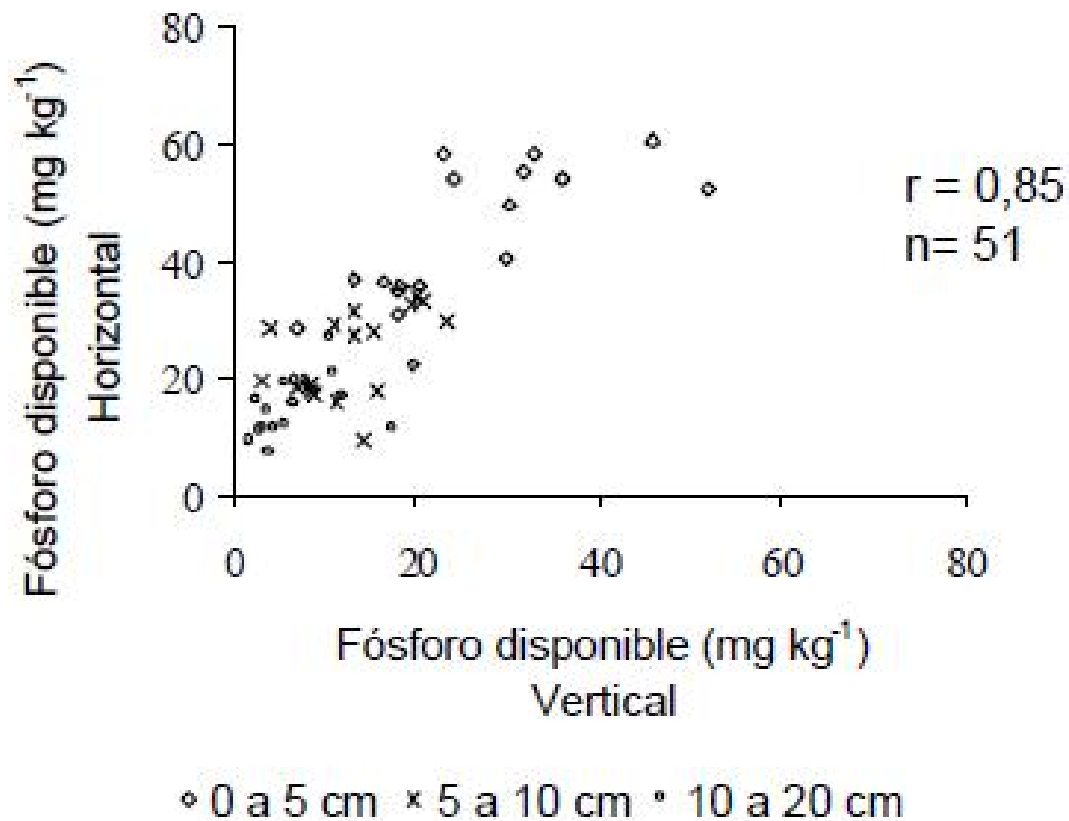
31 Laboratorios

## Encuesta PROINSA 2010

<i>Recipientes</i>	<i>%</i>
Tubos falcon 40-50 ml	71
Tubos falcon 10-15 ml	9
Recipientes 100-150 ml	9
Vasos precipitados 50-60 ml	6
Erlenmeyer	3
Tubo rollo fotos	3

<i>Agitación</i>	<i>%</i>
Vaivén 180 gpm	83
Rotativo 180-200 gpm	11
Magnético	3
Vertical	3

35 Laboratorios



**Relación entre la concentración de fósforo disponible-Bray determinada agitando los tubos en posición horizontal (Horizontal) y vertical (Vertical)**



## Otros aspectos operativos de la extracción:

- El pH de la solución resultante de la solución extractiva debe ser de pH  $2,6 \pm 0,05$ .
- Los ajustes en el pH se hacen utilizando HCl o hidróxido de amonio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ).
- Conservar en envases plásticos la solución extractiva hasta su uso.
- Agregar solución extractiva con dosificador es lo más práctico.

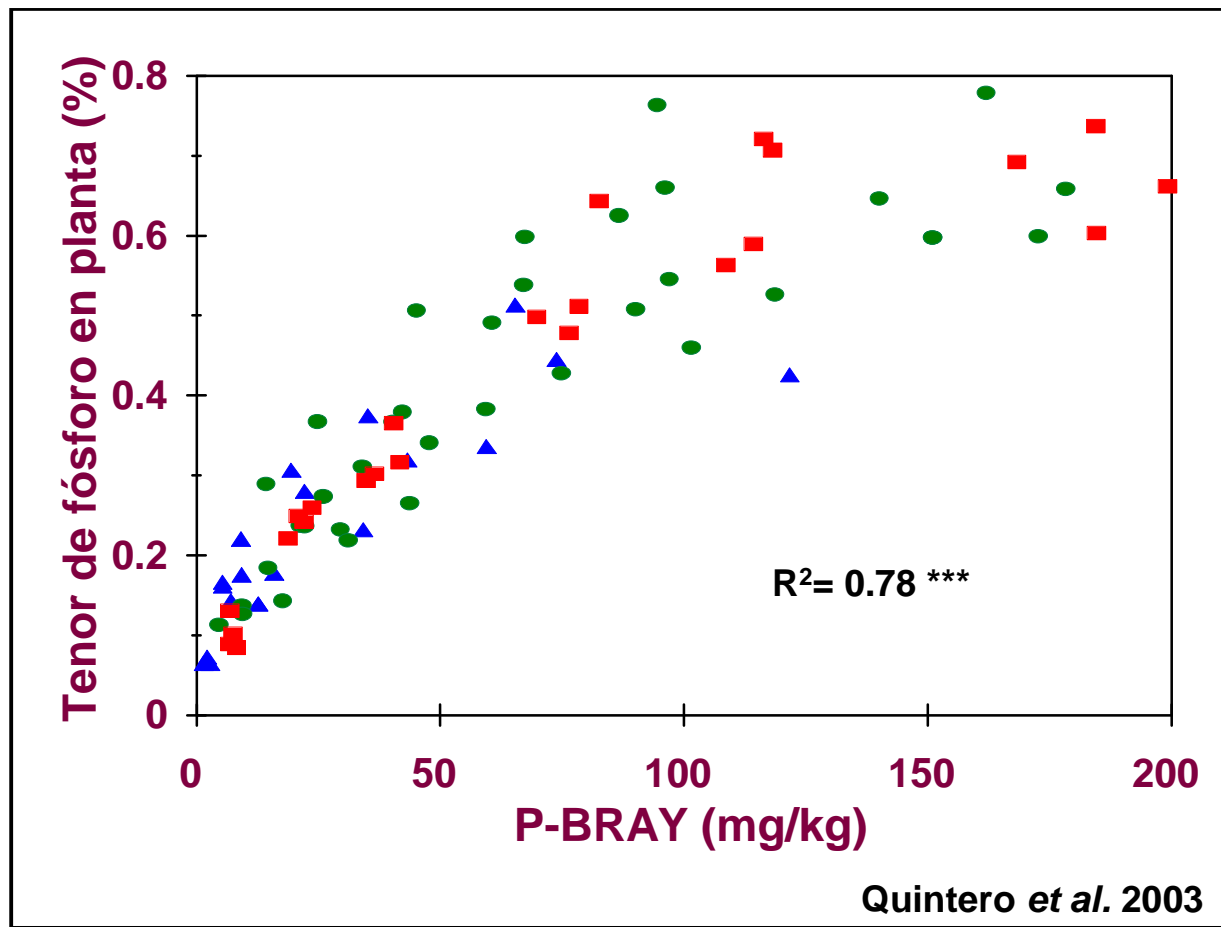
## **Efecto del tipo de suelo sobre el P extraído por Bray y Kurtz 1**

- Generalmente se plantea que para suelos arcillosos y con calcáreos no se podría usar por que neutraliza la acidez de la sol extractiva, pero en condiciones de invernadero y de campo se demostró que puede usarse en una amplia variedad de suelos.
- Puede usarse en suelos de características fisico-químicas contrastantes.

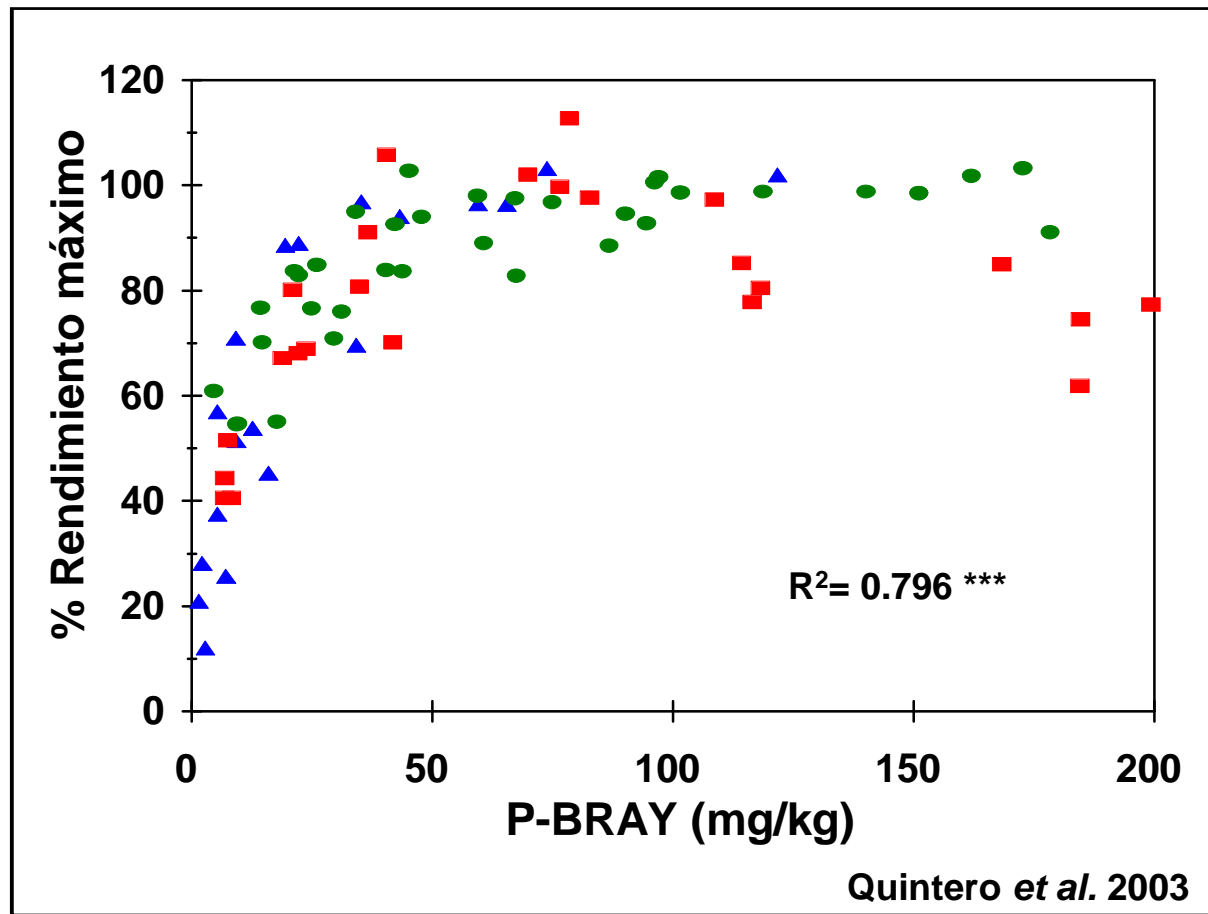
RELACION ENTRE INDICES  
QUIMICOS Y BIOLOGICOS DE  
DISPONIBILIDAD

## Principales características físicas y químicas de suelos

SUELO N° Tipo	Grupo Suelo	Are. Arc.	CO	CC	Al	Fe	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	Ca	Mg	Na	K	CIC	SB	pH	Pe	CMAF
		g kg <sup>-1</sup>						cmol <sub>(c)</sub> kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>		
1. Hapludox	1	96 728	19,4	323	3,6	6,1	5,0	6,2	1,5	0,1	0,3	16,8	8,1	4,8	1,8	1.013
2. Cromudert (Bt)	2	44 599	17,2	519	2,6	1,3	11,0	36,7	5,5	1,0	1,1	51,5	44,3	7,7	3,2	570
3. Pelludert	2	34 294	42,0	409	2,0	3,1	5,2	16,0	3,6	0,4	0,7	31,8	20,7	5,4	10,5	486
4. Cromudert	2	67 471	33,0	465	2,3	1,3	12,0	40,8	3,9	0,2	1,9	51,6	46,8	7,5	6,3	473
5. Kandihumult	1	60 528	29,6	272	2,5	4,2	4,0	5,6	2,0	0,1	0,2	16,0	6,9	5,0	2,6	603
6. Kandiudult	1	165 514	16,4	273	1,9	4,3	5,0	8,8	2,1	0,2	1,3	16,1	12,4	6,6	2,2	547
7. Pelludert	2	67 473	41,8	422	2,0	1,7	2,8	23,5	3,5	0,4	0,6	38,3	28,0	5,8	7,1	408
8. Ocracualf	2	33 433	32,0	422	1,4	1,6	23,2	20,0	3,8	1,3	0,8	29,4	25,9	6,6	6,4	391
9. Argiudol	2	155 421	31,1	375	2,1	1,1	10,6	33,0	2,2	0,1	2,3	35,7	37,6	7,5	10,1	515
10. Hapludol	3	767 128	12,4	108	0,8	0,8	4,7	5,0	1,7	0,2	0,2	10,2	7,1	5,4	7,3	213
11. Haplumbrept	3	902 48	7,6	52	0,6	0,9	4,8	1,6	0,6	0,2	0,1	4,3	2,5	5,6	4,8	175
12. Udifluvent	3	911 39	3,8	47	0,4	0,2	3,0	1,3	0,4	0,1	0,2	3,6	2,0	5,9	6,5	134
13. Udipsament	3	895 47	6,8	40	0,4	0,1	4,3	1,8	0,5	0,1	0,2	3,7	2,6	5,4	6,8	54
Media		323 363	22,5	287	1,7	2,0	7,4	15,4	2,4	0,3	0,8	23,8	18,8	6,1	5,8	429
CV %		119 63	58	60	56	89	77	92	65	112	93	72	86	16	48	59

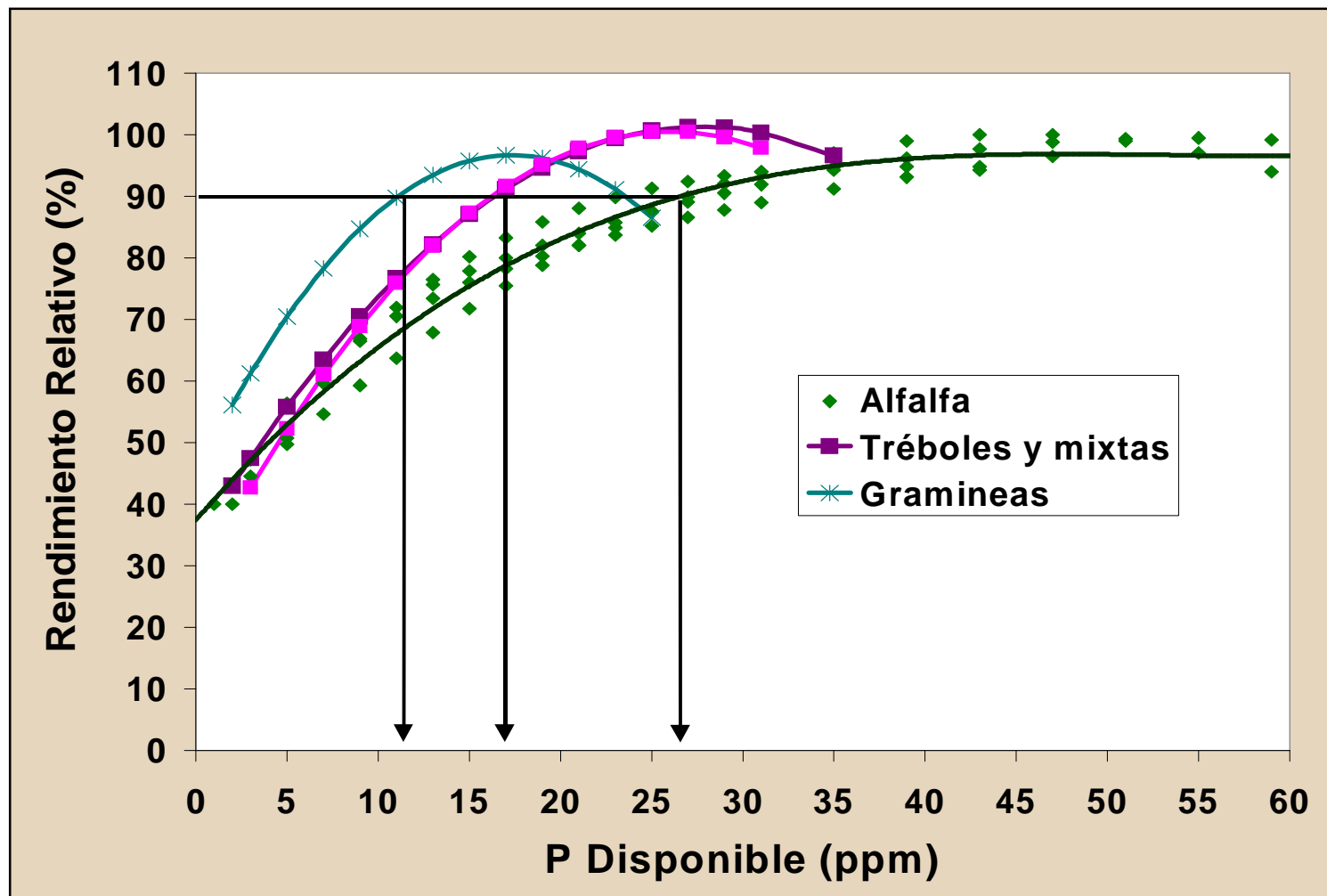


**Relación entre el P extraíble y la concentración de P en el tejido vegetal para todos los suelos**



**Relación entre el rendimiento relativo al máximo y el P extraíble para los distintos suelos**

# Calibración del método Bray 1 en Pasturas

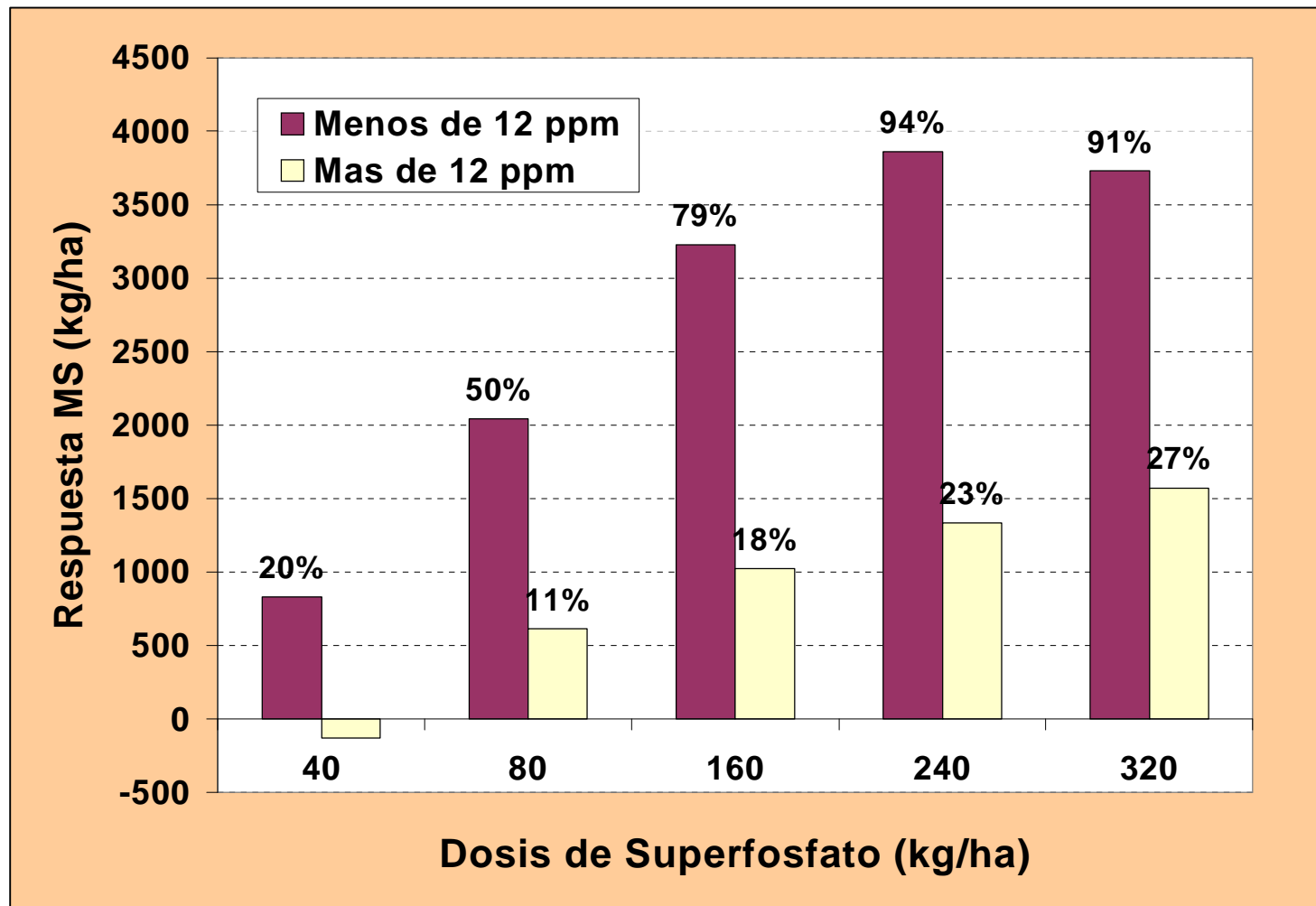


## Interpretación del análisis y respuesta esperada

<i>Tipo de pastura</i>	<i>Nivel de Suficiencia</i>	<i>Nivel Crítico</i>	<i>Eficiencia Kg MS / kg P</i>
<b>Alfalfa</b>	<b>&gt; 27</b>	<b>&lt; 15</b>	<b>100 - 250</b>
<b>Treboles y Mixtas</b>	<b>&gt; 17</b>	<b>&lt; 11</b>	<b>100.- 200</b>
<b>Gramíneas</b>	<b>&gt; 12</b>	<b>&lt; 6</b>	<b>100 - 150</b>

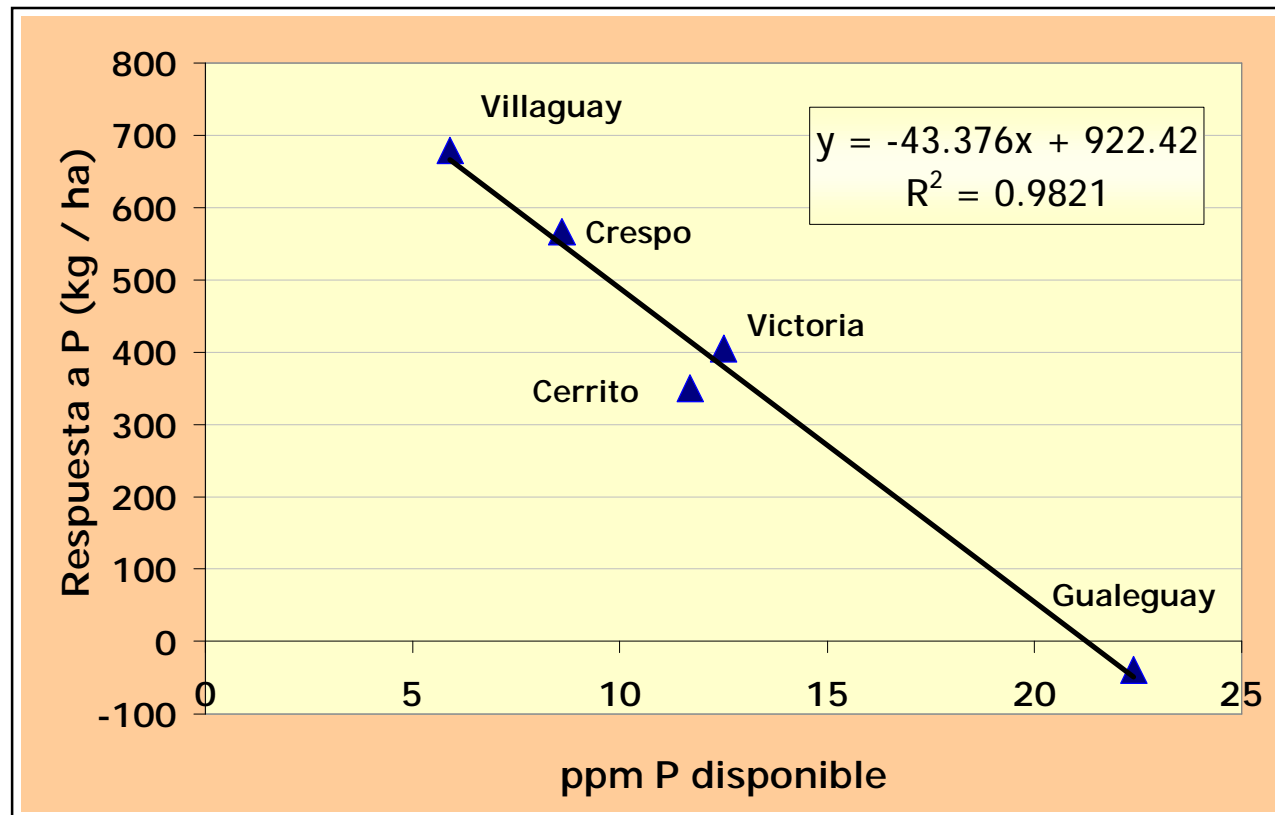


## Respuesta a la fertilización. Pasturas - Entre Ríos



Quintero *et al.*, 1995

# Respuesta a fósforo Suelos Entre Ríos

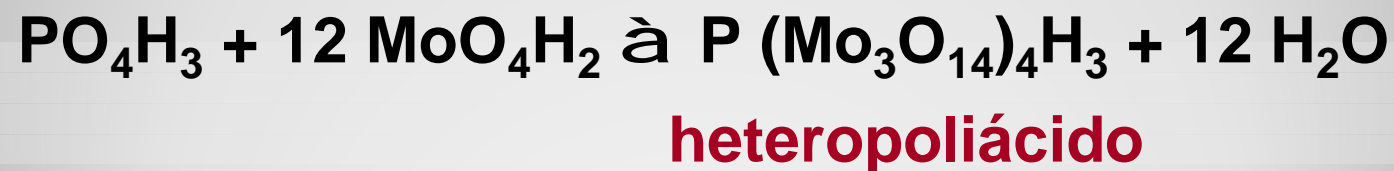


*Cencig, Quintero, Boschetti , 2003*

# **Desarrollo de color y determinación espectrofotométrica**

**Bray y Kurtz 1**

Los iones fosfatos reaccionan en la solución ácida que contiene iones molibdato, formando una **molécula compleja: ácido molibdofosfórico**, que con el ácido ascórbico se reduce y desarrolla un color azul de intensidad proporcional a la concentración de iones fosfato .



Se utiliza el método de Murphy y Riley (1962).

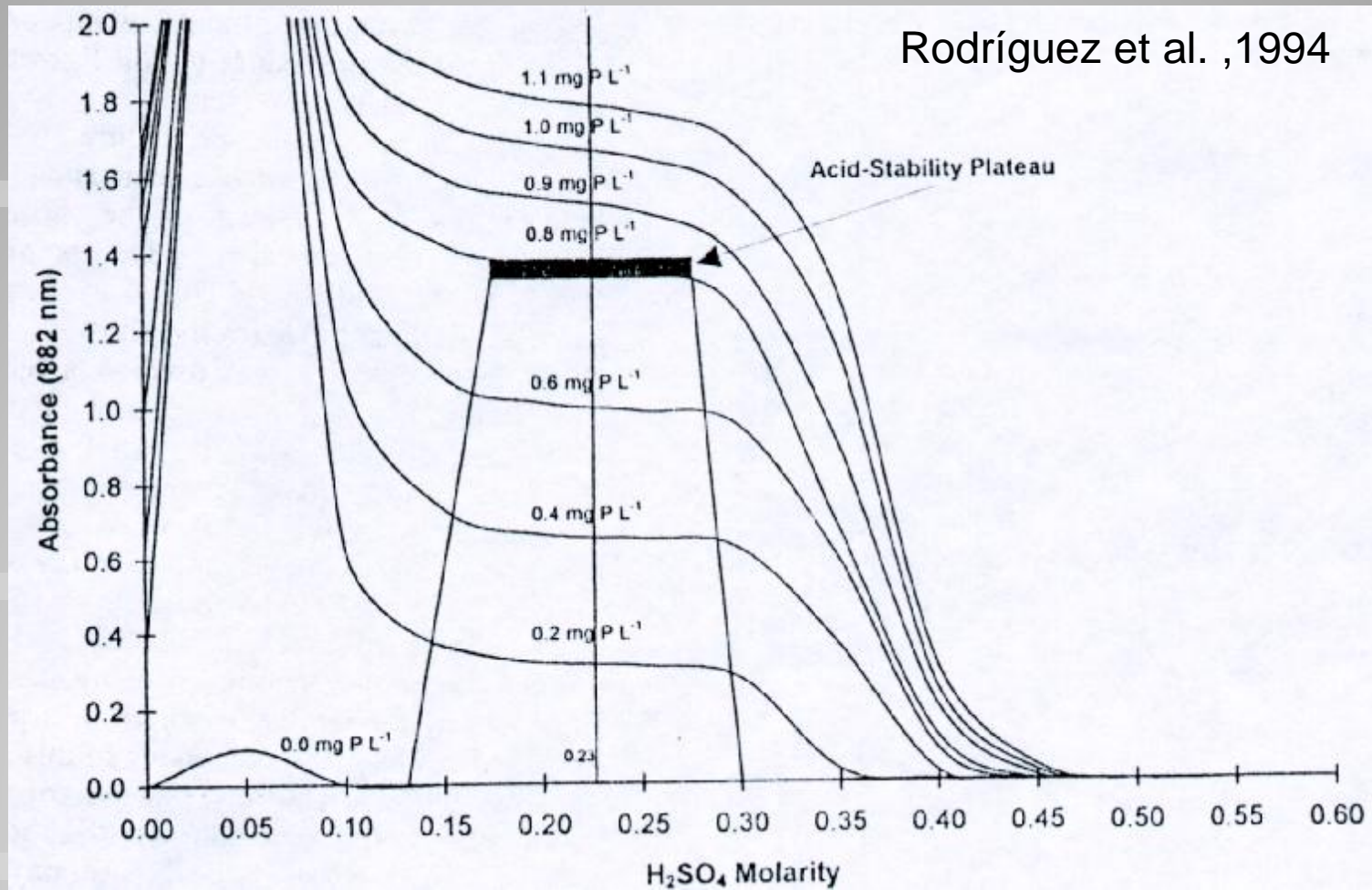
La acidez óptima del color azul del complejo fosfomolibdato es la comprendida entre:

0,17 y 0,28 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$

“plateau de estabilidad frente a la acidez”.

Contemplar el efecto de la molaridad del sulfúrico (Rodriguez et al. , 1994).

Rodríguez et al. ,1994



**Efecto de la concentración del ácido H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sobre la absorbancia del complejo azul de molibdeno**

♣ El límite de detección de la técnica va de 1 a 10 ppm de P.

♣ Si hay extractos más concentrados se recomienda hacer las diluciones

♣ Se deben obtener mediciones de absorbancia entre 0.02 y 0.5.

♣ Control diario, con curva de calibración que permite detectar errores, contaminaciones o diferencias en la lectura del equipo.

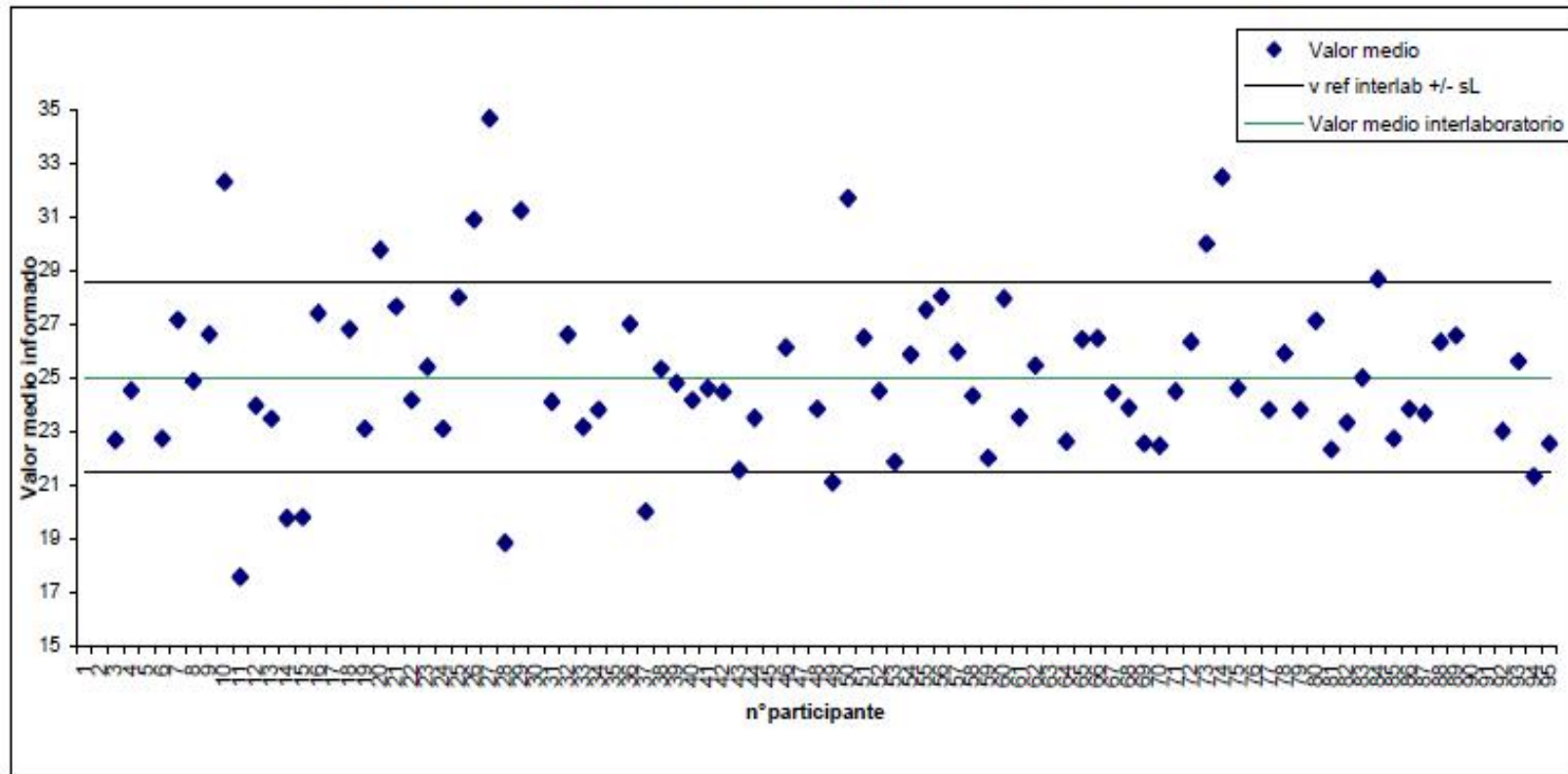
## **PRECAUCIONES LECTURAS COLORIMÉTRICAS**

- ♣ Los detergentes que contienen fosfatos pueden interferir en la cuantificación del P, por lo que se recomienda no utilizarlos para lavar el material.
- ♣ Polvo, saliva, ceniza del tabaco contienen P.
- ♣ Vidrio Pyrex contiene 0,7 % de óxido arsénico.
- ♣ Reactivos y papel de filtro libre de P.

**Precauciones para evitar la contaminación con P**



### Datos enviados por los participantes - Fósforo extraíble

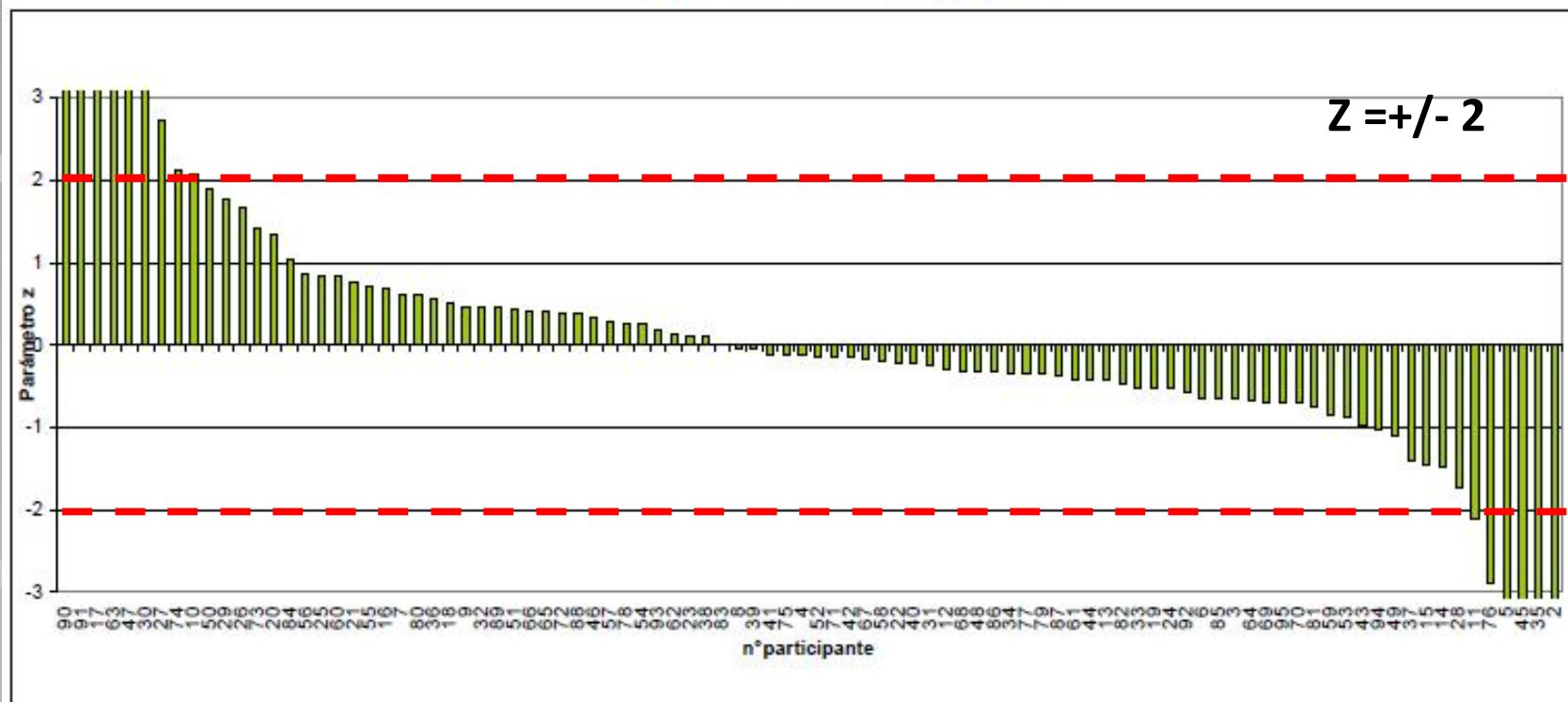


## Resultado Ronda PROINSA 2012 Fósforo extraíble

11 laboratorios excedieron el límite de la gráfica con valores extremos

66 mg kg<sup>-1</sup> y de 11 mg kg<sup>-1</sup>

### Parámetro z - Fósforo extraíble



Parámetro	$Z \leq 2$	$2 < Z < 3$	$Z \geq 3$
Fósforo extraíble (mg/kg)	84,0%	5,3%	10,6%

Porcentaje de determinaciones satisfactorias, cuestionables y no satisfactorias.

**Ronda PROINSA 2012**

# Consideraciones finales

- Se cuenta con un método para determinar la disponibilidad de P que ha mostrado ser efectivo.
- La repetibilidad y utilidad de la determinación de P disponible por Bray y Kurtz 1 va a depender del control y cuidado puesto en el proceso de extracción y cuantificación de la técnica.
- Es un índice de disponibilidad de P para las plantas que ha mostrado muy buena relación con el P absorbido, el rendimiento y la respuesta del cultivo a la fertilización, en distintas condiciones de manejo y de suelos.

- En el proceso de diagnóstico y recomendación de fertilización concurren varias etapas que contienen errores o imprecisiones y el análisis de laboratorio es el que menos error incorpora al proceso, en la medida que los resultados sean obtenidos de laboratorios confiables.
- Se sugiere realizar todas aquellas acciones correctivas que permitan reducir la dispersión de los resultados emitidos por los laboratorios, de manera que los valores sean comparables y los asesores y productores puedan contar con una herramienta segura para la toma de decisiones agronómicas.

## **Consideraciones finales**