

IV Congresso Ibérico da Ciência do Solo

"Comportamento do Fósforo nos Agro-Ecossistemas"

Maria do Carmo Horta



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

Escola Superior Agrária, Qt^a. Sr^a. de Mércules,
6000-909, Castelo Branco, Portugal.

carmoh@esa.ipcb.pt

Granada 21-24 de Setembro de 2010

- **Introducción**

Comportamiento y regulaciones abióticas y bióticas del P en el suelo;
Ciclo del Fósforo;
Resultados.

- **Casos de estudio**

Impactes de la actividad agrícola y ganadera en las Pérdidas de Fósforo;
Niveles críticos de P en el suelo:
Gestión agronómica del Fósforo.

- **Nota Final**

Indicadores del uso de fertilizantes;
Perspectivas actuales y futuras en la gestión del Fósforo.



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

Introducción

Importancia del Fósforo

Nutrición

Ambiental

Económico

Estrutural
Energética
Reserva

Recurso natural finito
Eutrofización acelerada

Produtividad
Impactes ambientales



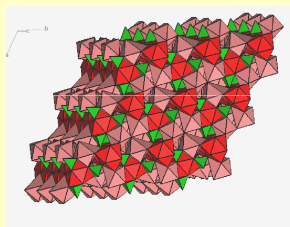
Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

Introducción

P en minerales y rocas

Minerales

Apatitos



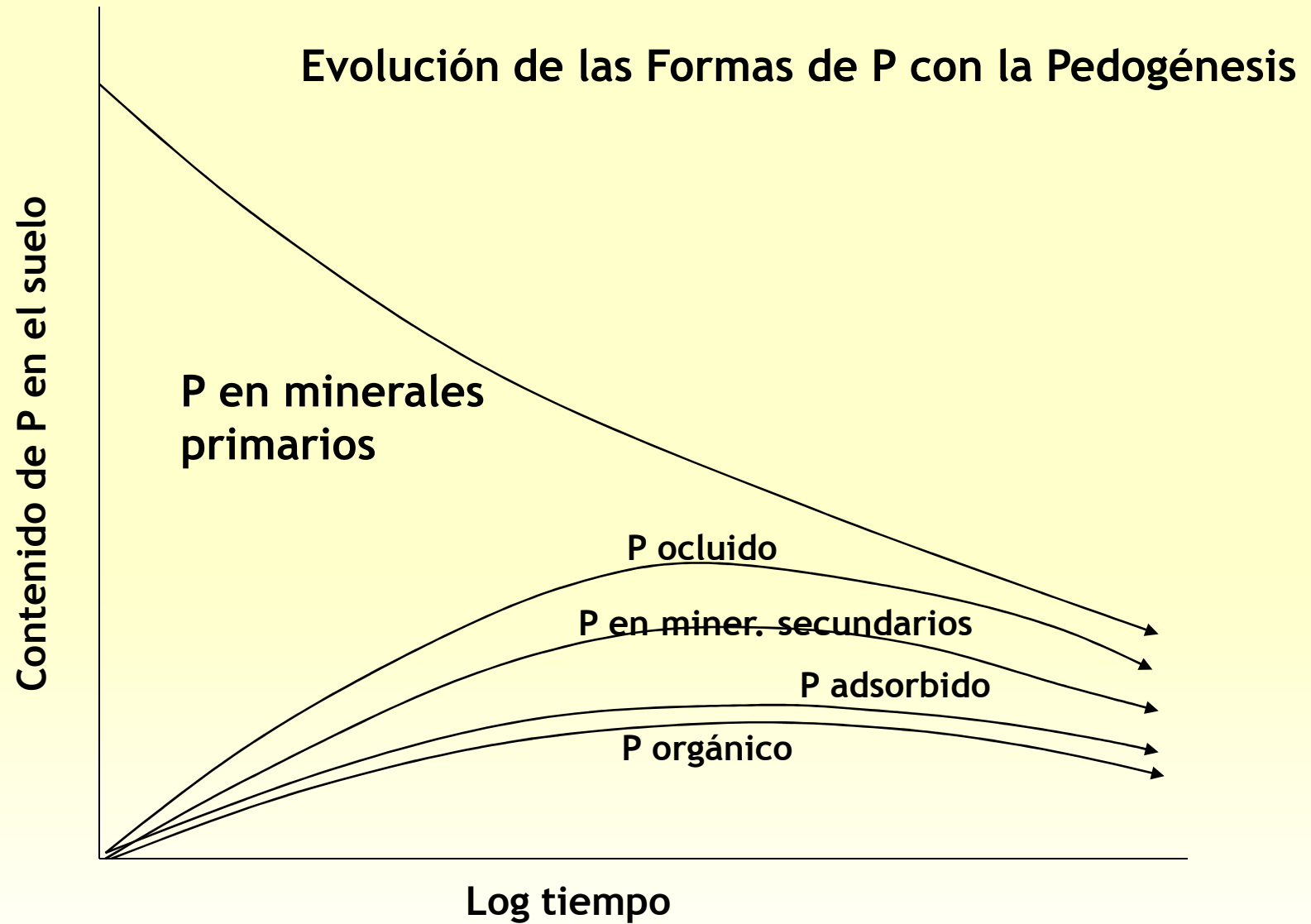
Hidroxiapatito $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$

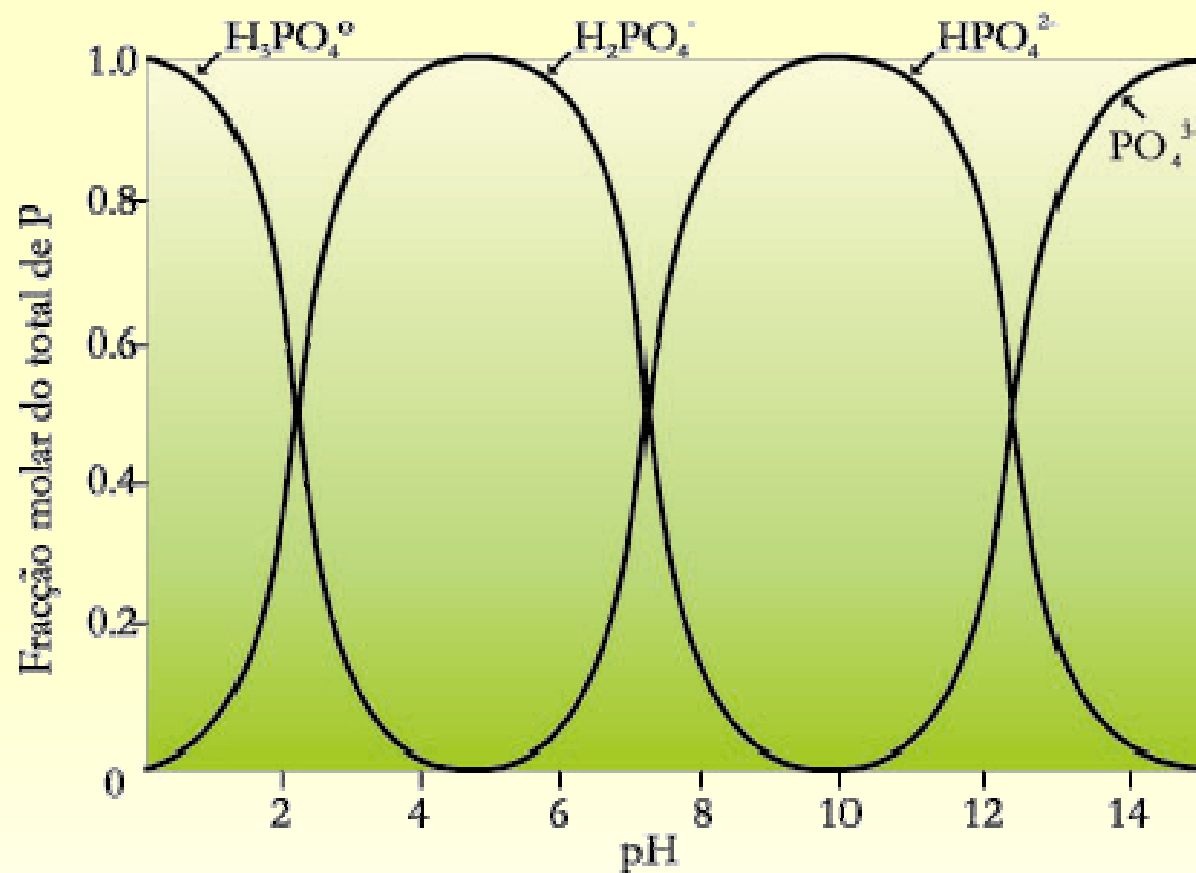
.....

Litosfera

0.10 %

<u>Roca</u>	<u>%P</u>
Granito alcalino	0.06
Granodiorita	0.09
Diorita	0.15
Peridotita	0.02
Dacita	0.07
Andesita	0.15
Basalto alcalino	0.17
Micaesquisto	0.09
Anfibolita	0.13
Pizarra	0.07
Rocas calizas	0.03
Arenisca	0.04



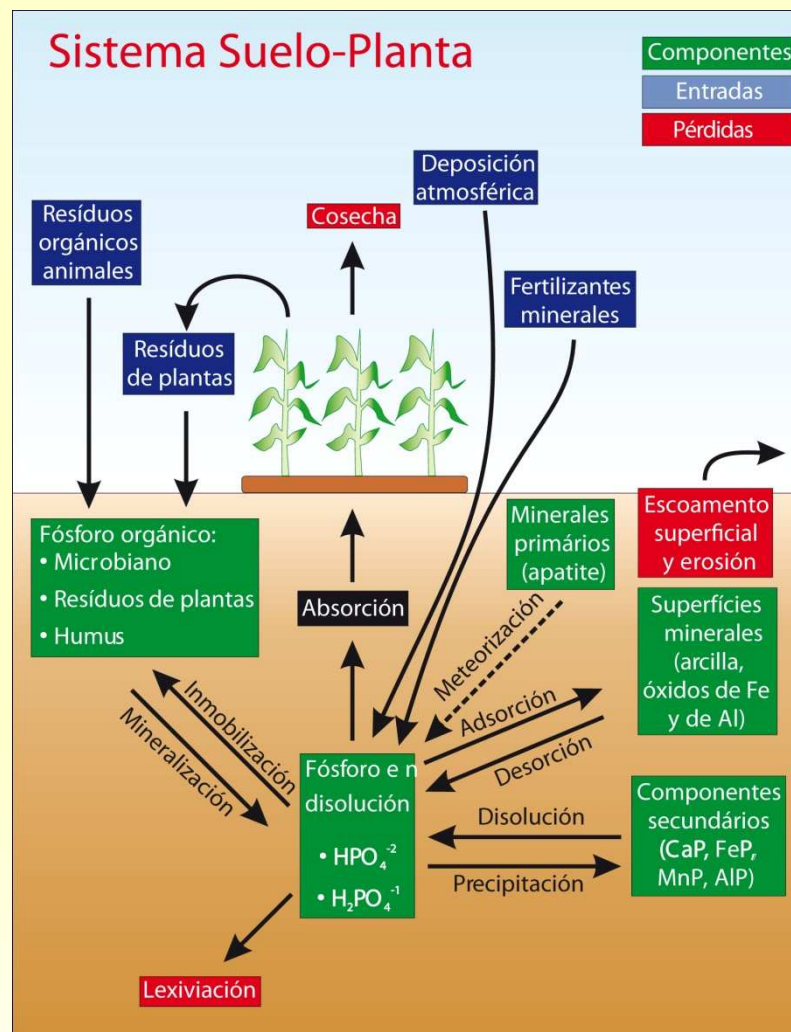




Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

Introducción

Ciclo del Fósforo

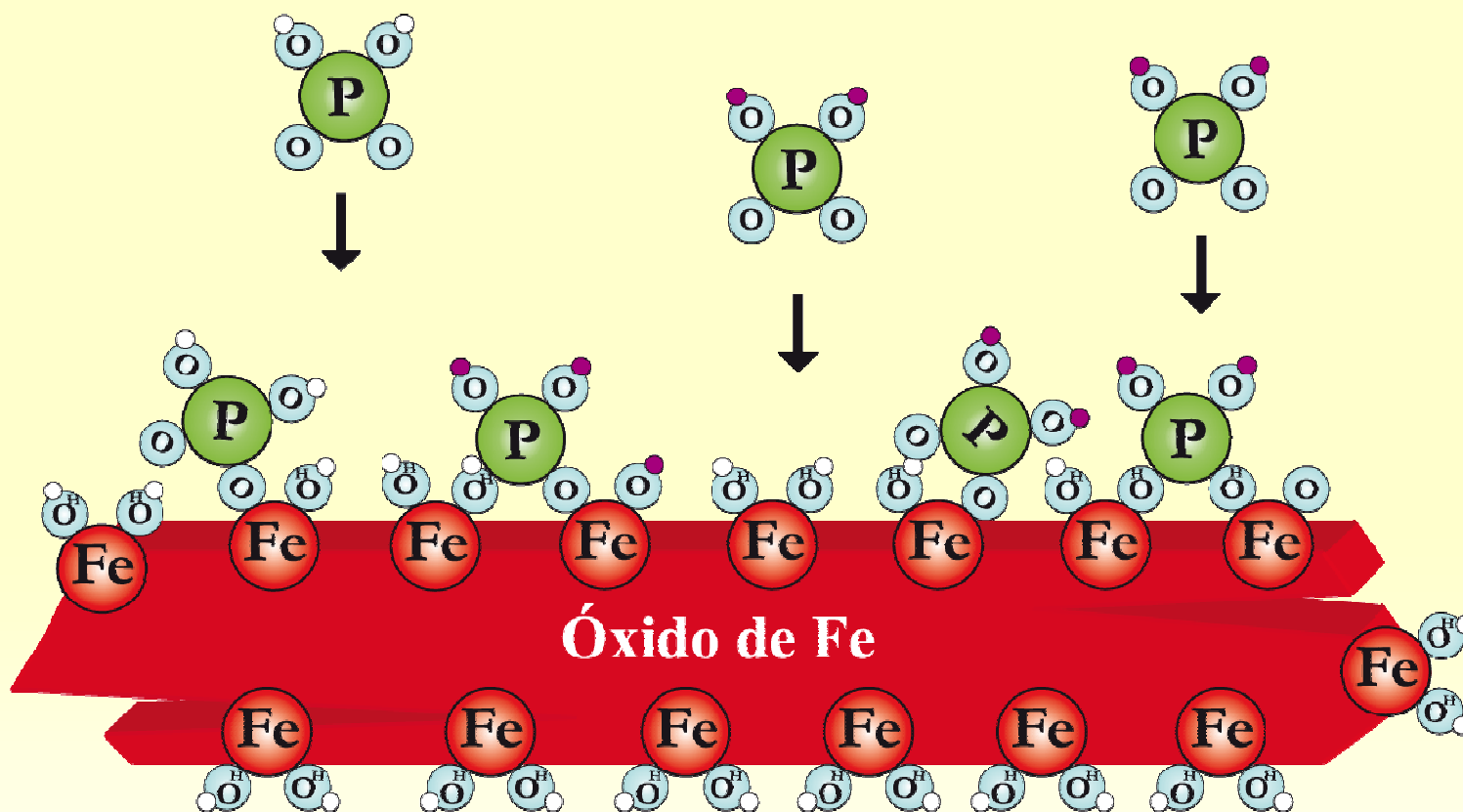


Regulaciones bióticas

Regulaciones abióticas

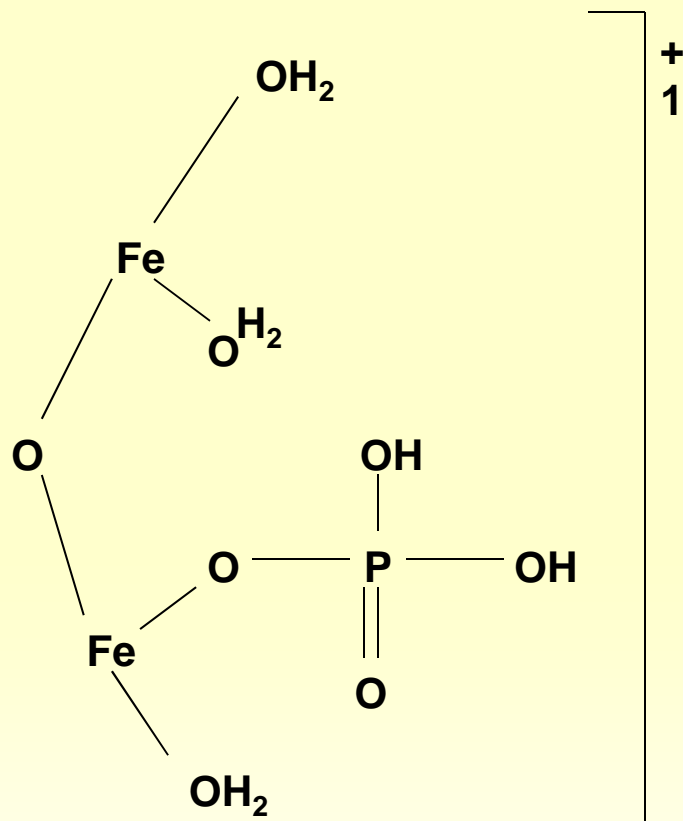


Adsorción específica de fosfato

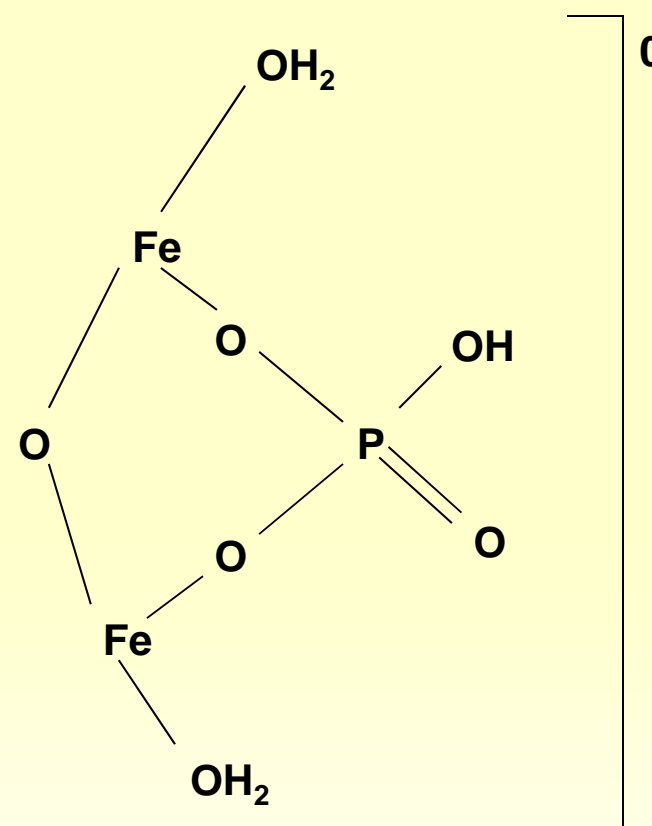




Sorción de Fósforo - Hidróxido de Ferro



Complejo monodentado



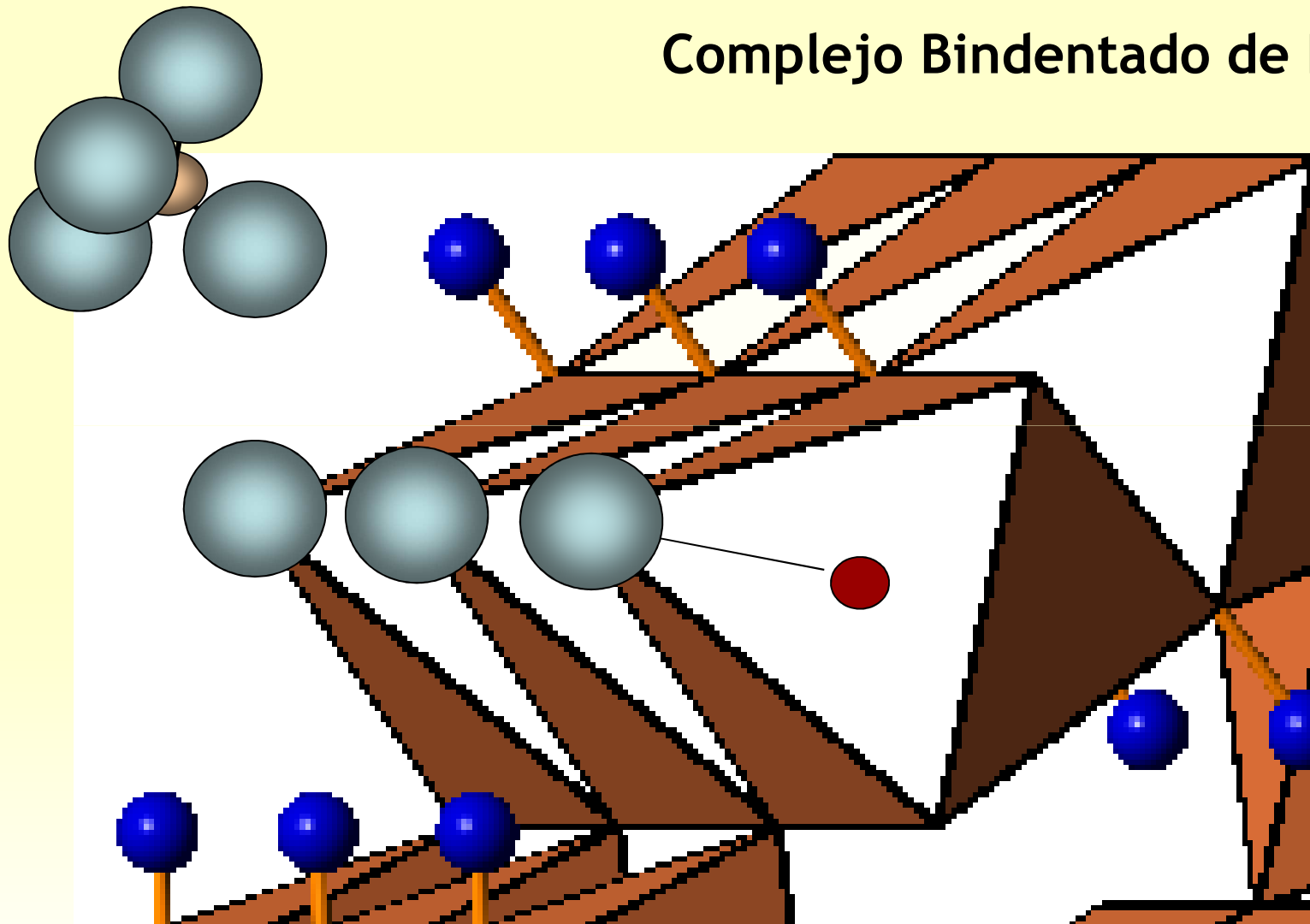
Complejo bidentado



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

Introducción

Complejo Bidentado de PO_4





Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

Ecuaciones de sorción

Ec. 1

$$Q_{\max} \text{ (mmol kg}^{-1}\text{)} = 2.40 + 0.085\text{Al}_{\text{ox}} + 0.080\text{Fe}_{\text{ox}}$$

$$R^2_{\text{aj}} = 0.922$$

(Horta C., 2005)

Ec. 2

$$\text{P-sorbido} = 0.22\text{Al}_{\text{ox}} + 0.12\text{Fe}_{\text{ox}} + 0.02 (\text{Fe}_d - \text{Fe}_{\text{ox}})$$

(Borggaard, 2004)

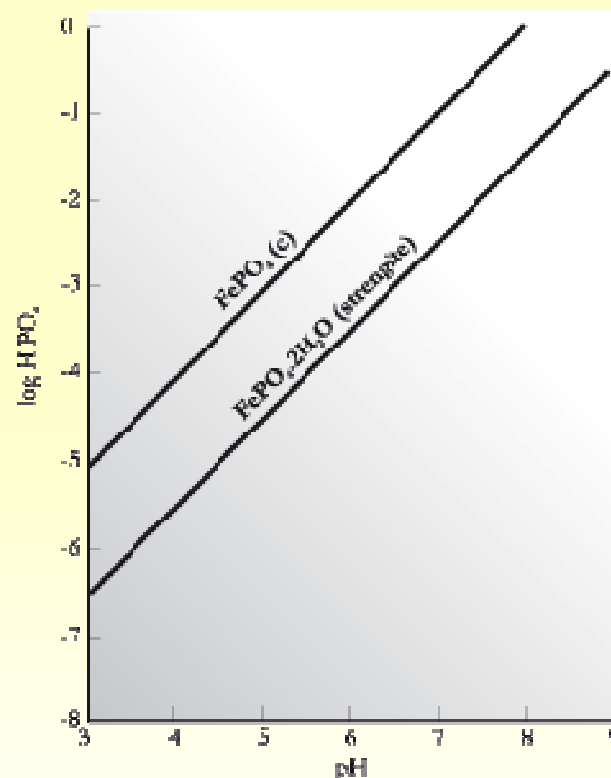
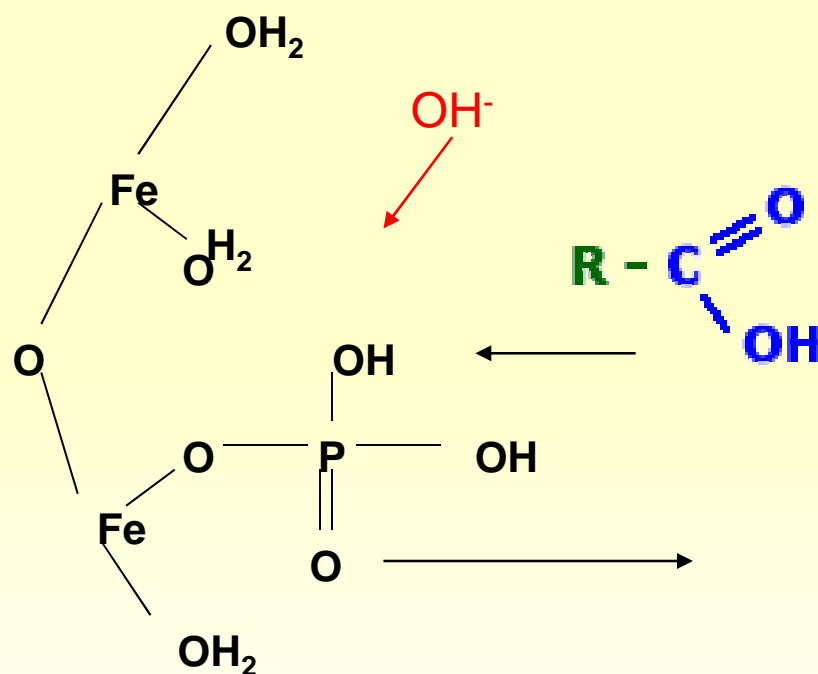
Sorción

La capacidad del suelo de transferir de la disolución del suelo hasta la superficie de la fase sólida elementos/nutrientes - Adsorción y precipitación

El destino del P sorbido: P sorbido en la superficie de minerales de distinta cristalinidade u ocluido en eses minerales, en complejos organo-metálicos y en fosfatos de distinta solubilidad.

Desorción

La capacidad del suelo de colocar en la disolución del suelo los nutrientes sorbidos.



El origen del P desorbido:

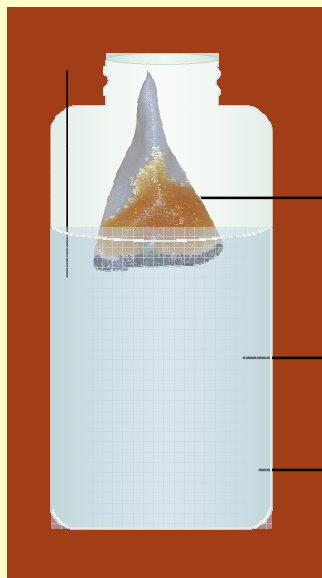
P sorbido en la superficie de minerales de distinta cristalinidad u ocluido en minerales poco cristalinos, en complejos organo-metálicos y en fosfatos de distinta solubilidad.

P lábil



La disolución de fosfatos, la difusión intra- y inter-agregados y posiblemente la mineralización del P_0 hacen la desorción más lenta.

Cinética de desorción de P



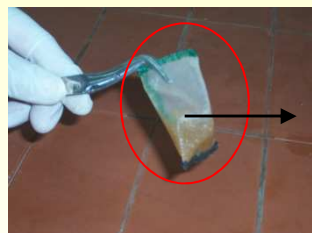
Bolsa de resina

CaCl_2 2×10^{-3} M

+
Suelo



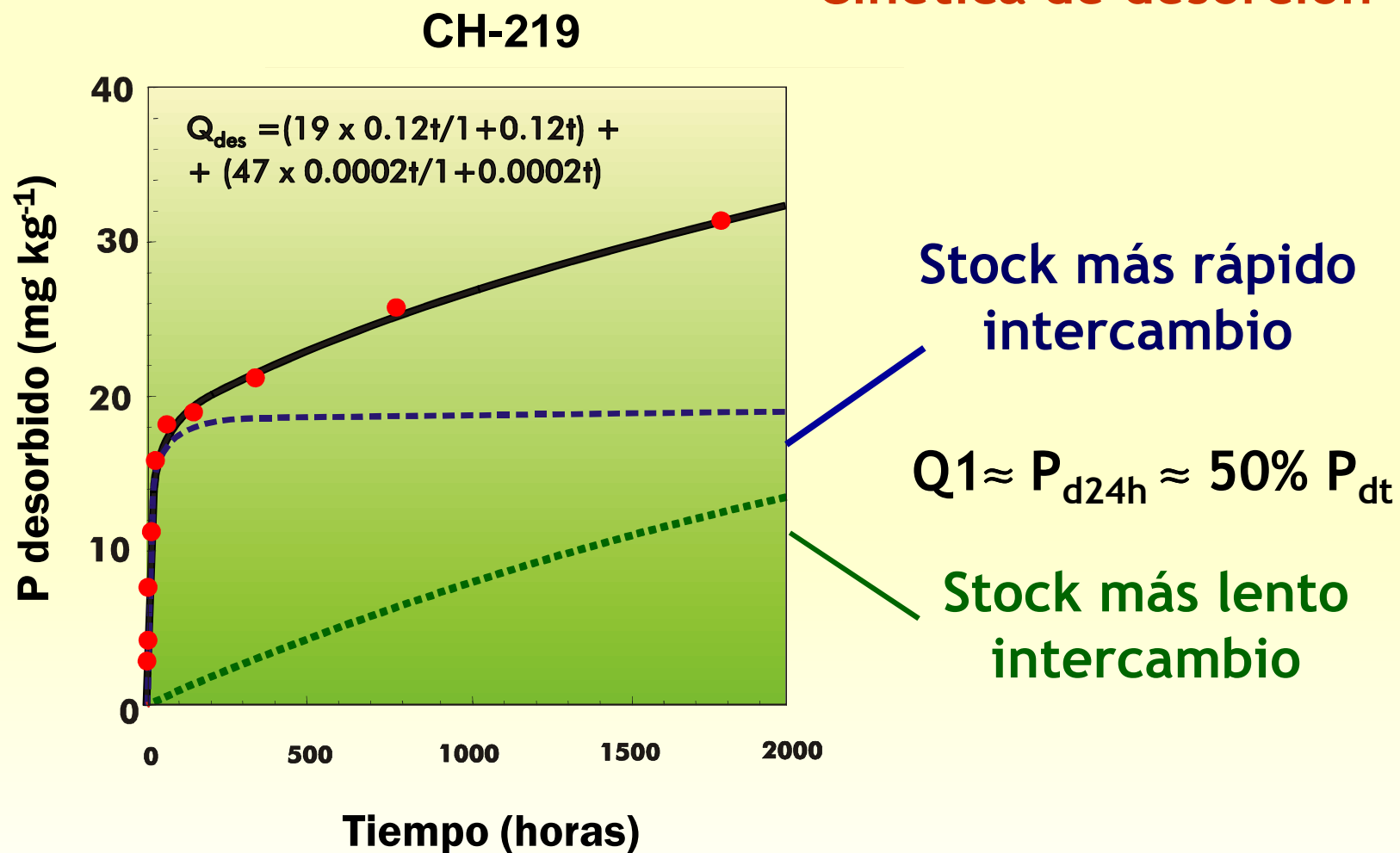
Intervalo de muestreo: 2.3^n h, hasta 1801.2 h



Tres lavados HCl 0.25 M (100ml)

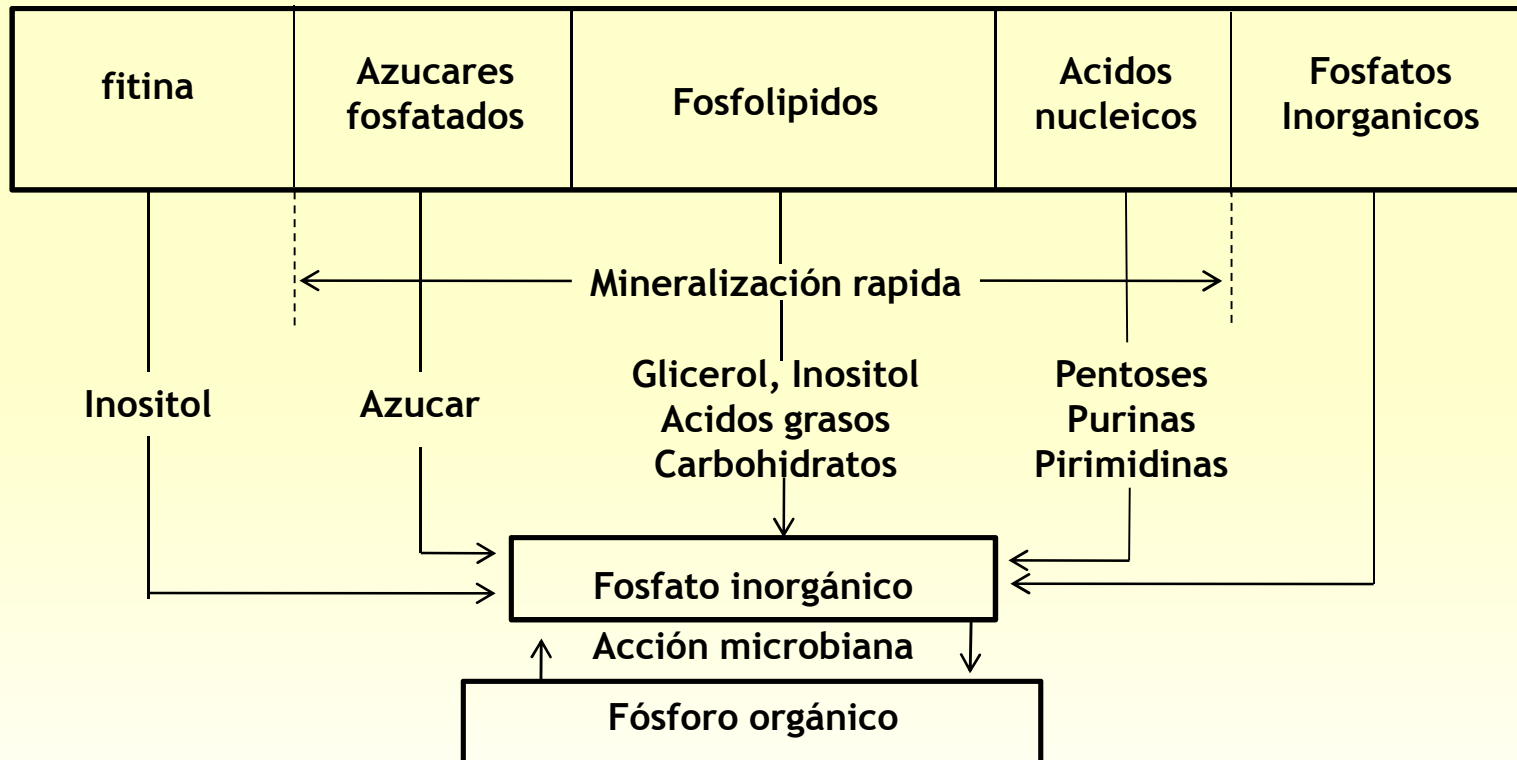


Cinética de desorción



Regulaciones bióticas

Fósforo orgánico - plantas y animales

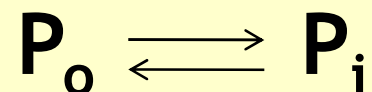




Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

Introducción

Regulaciones bióticas



Acumulación / Mineralización

Taja mineralización:

Suelo: $0.06 \text{ mg P Kg}^{-1} \text{ día}^{-1}$

Suelo + MO fresca: $0.27 \text{ mg P kg}^{-1} \text{ día}^{-1}$

(Randhawa et al., 2005)

Exsudación de enzimas fosfatases

(Microorganismos y plantas)

$P_o \longrightarrow$ Nutrición fosfatada

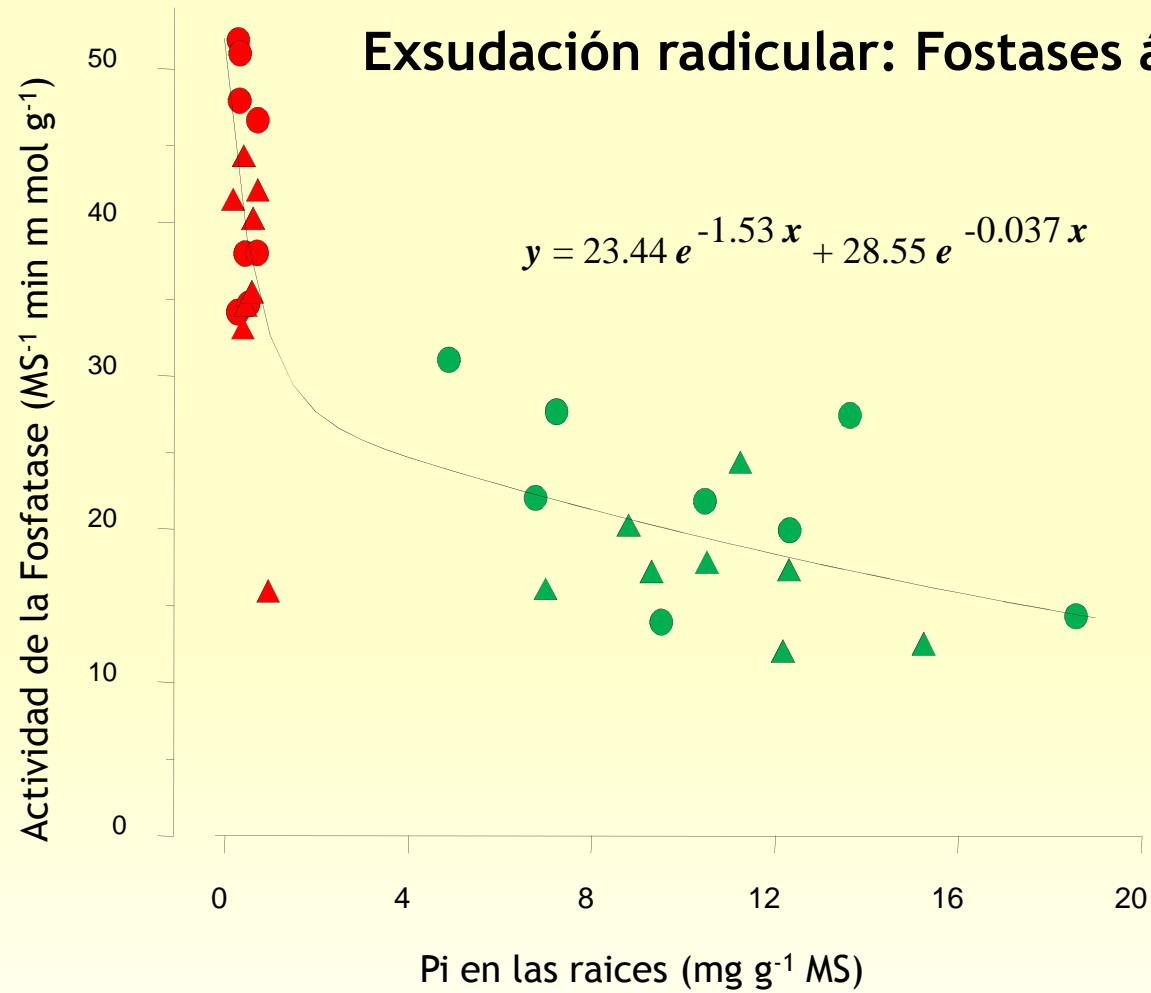
Trebol blanco

Exsudación radicular: Fostases ácidas

P_i

— deficiencia

— adecuado



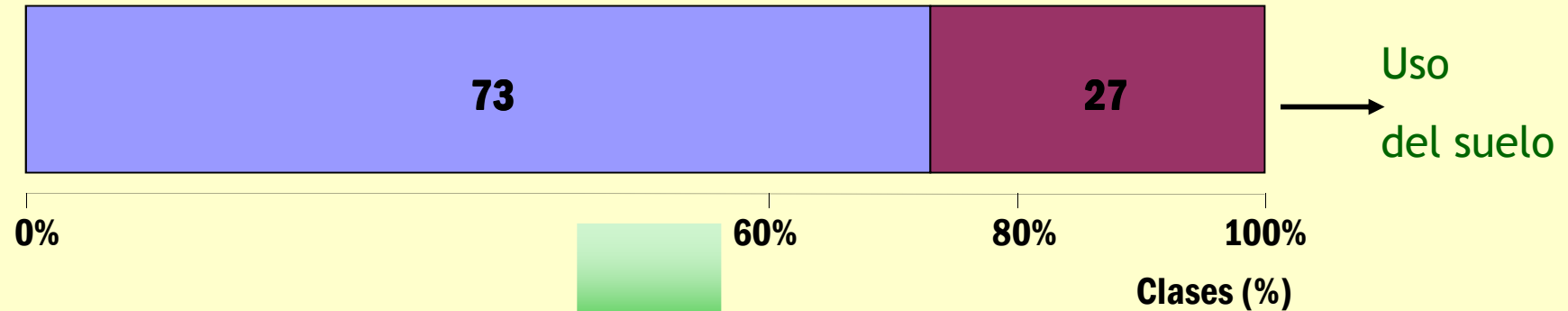
(Almeida et al., 1999)



Resultados

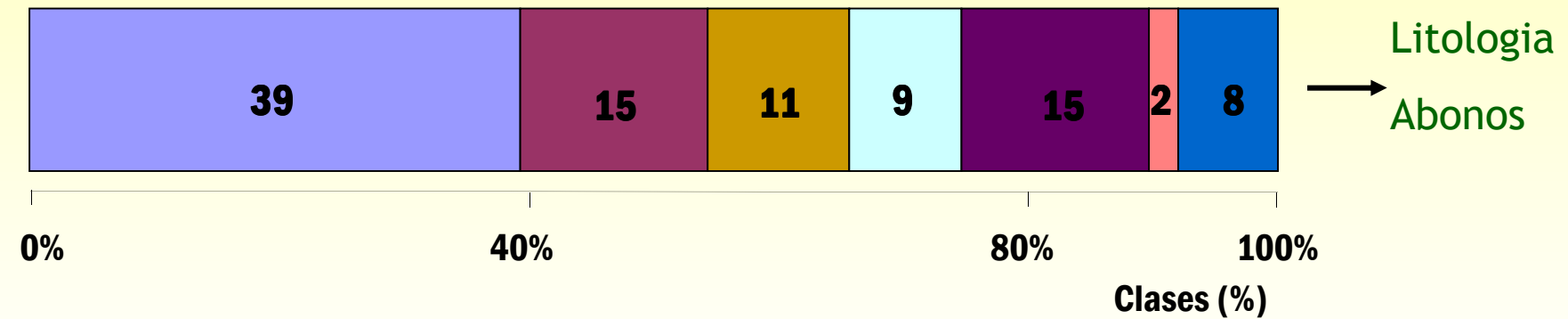
P-Total

Pi Po



P-Fraccionamiento

P-NaOH PCB PCC PCA PCBD PAA PHCI

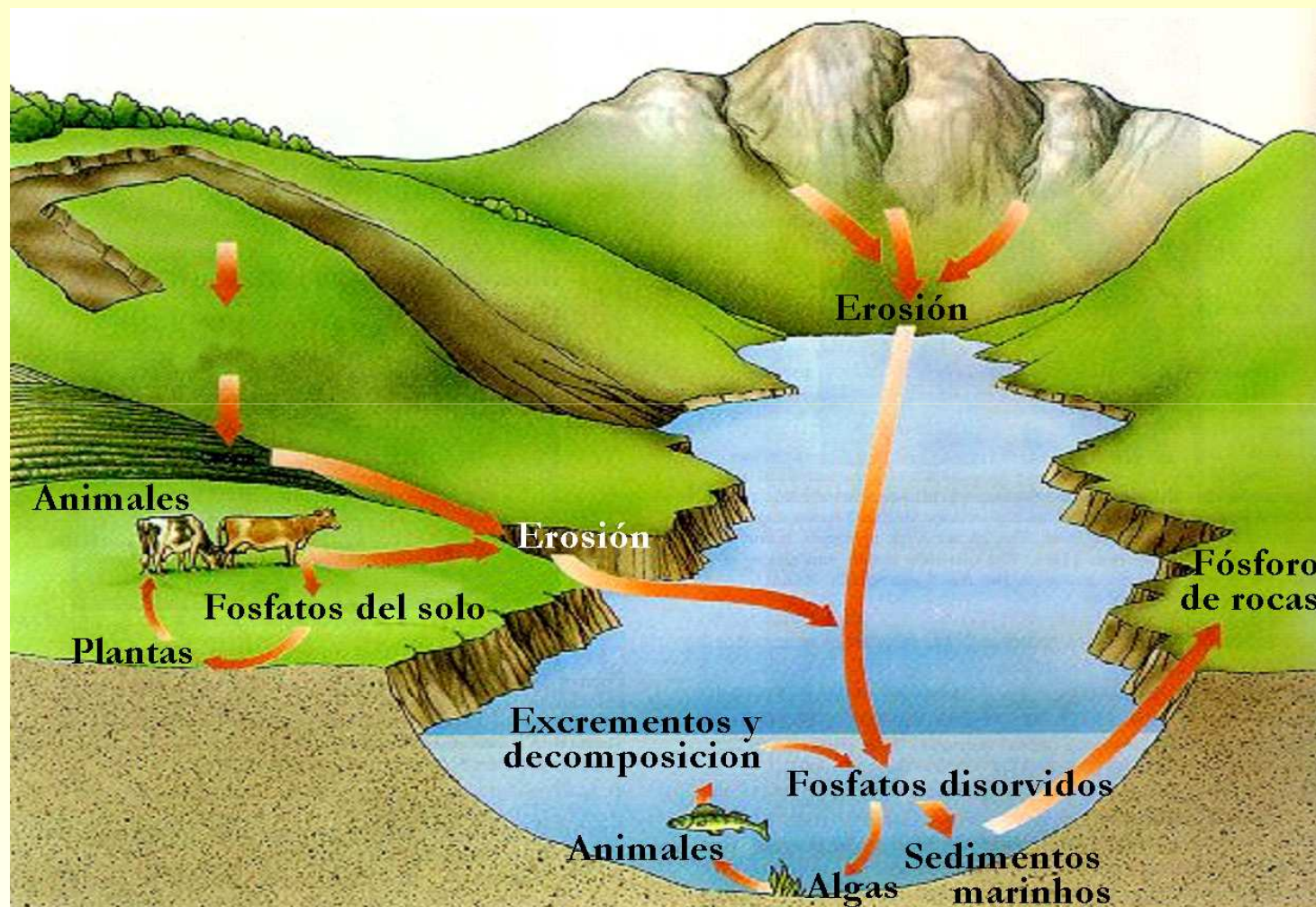




Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

Introducción

Ciclo del fósforo

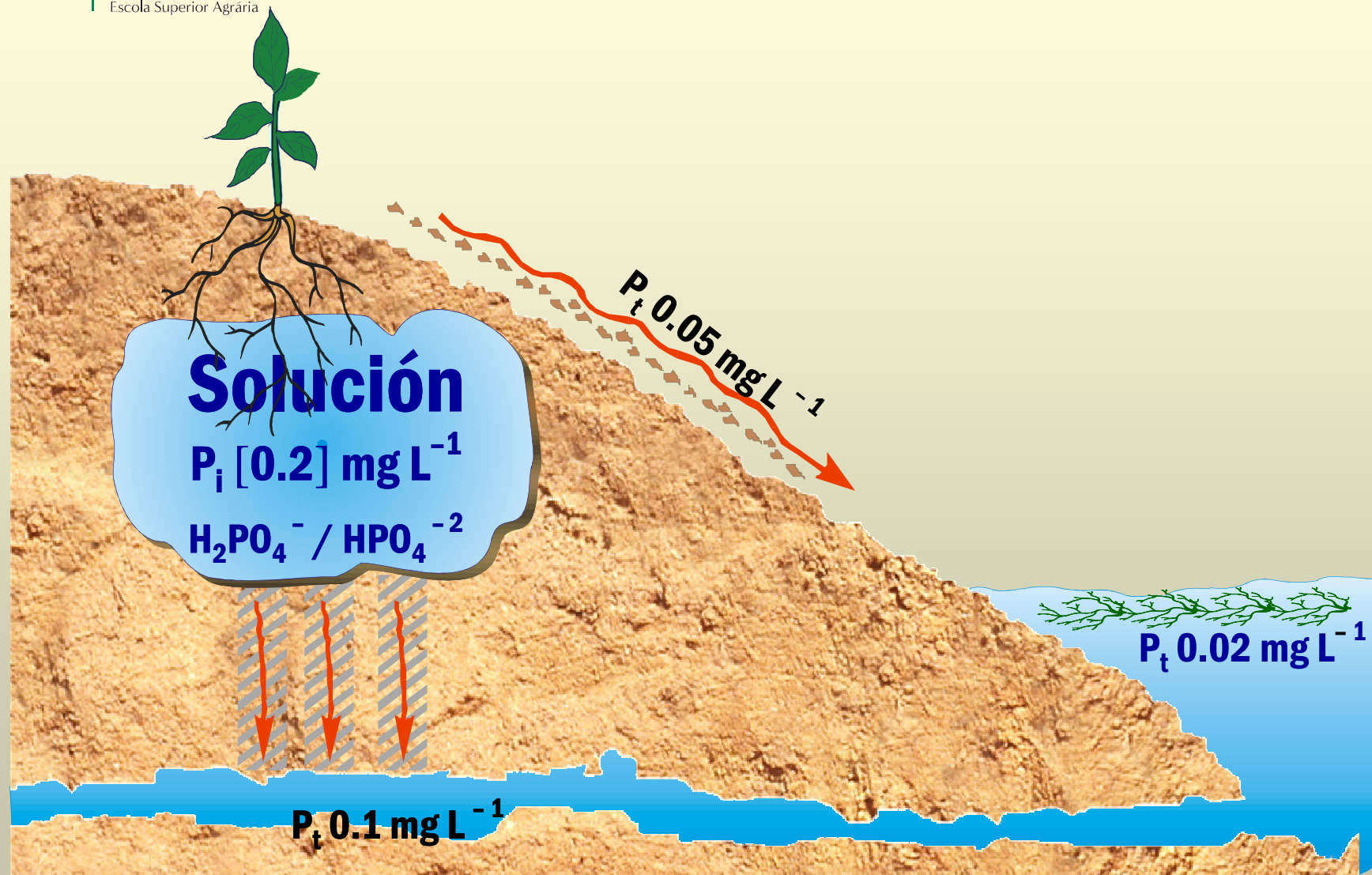


(Adaptado de: [http://mac122.icu.ac.jp/gen-ed/ecosystem-jpgs/phosphorus cycle.jpg](http://mac122.icu.ac.jp/gen-ed/ecosystem-jpgs/phosphorus%20cycle.jpg), 25-01-2010)



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

Introducción





Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

Casos de estudio

IV Congresso Ibérico da Ciência do Solo



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

Experimento

Desorción de P en medios acuosos

Aguas superficiales

1:10000

Aguas esorrentia

1:1000

Aguas drenaje

1:100



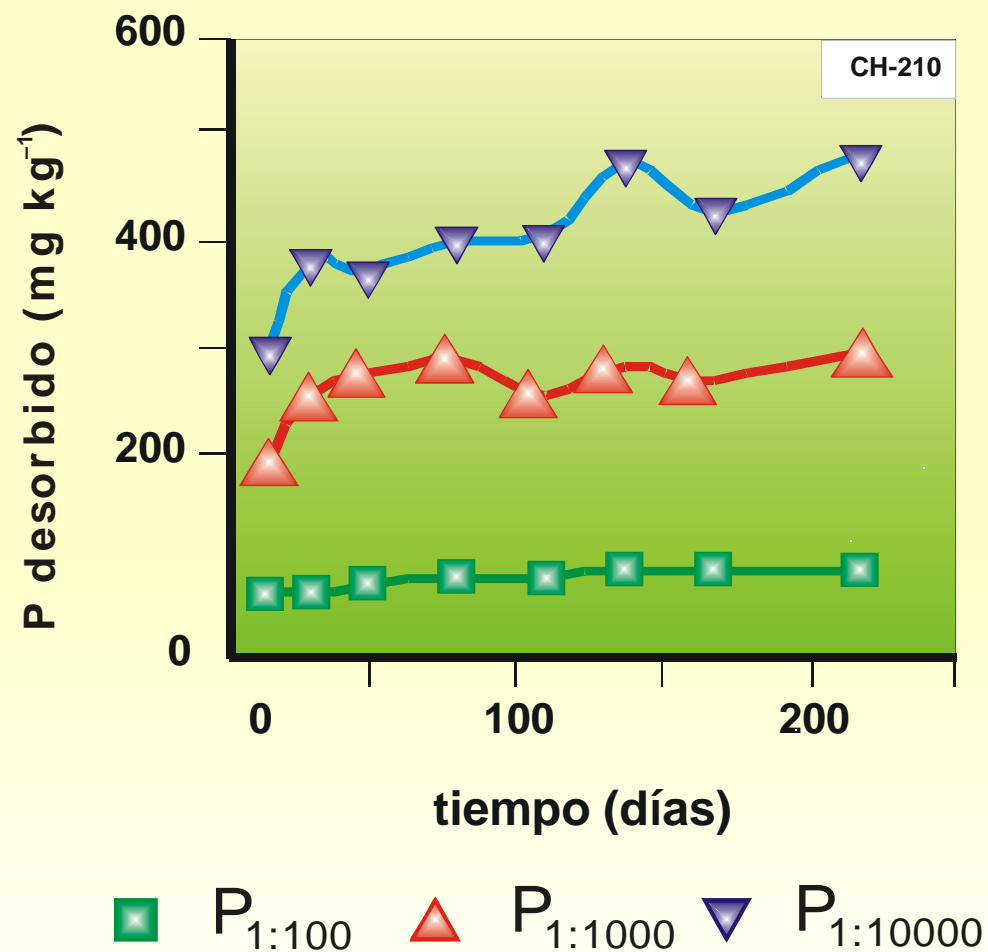
Desde los 14 hasta los 218 días se tomaron muestras de la suspensión y tras centrifugación se determinó el P en disolución.



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

Resultados

Desorción de P en medios acuosos

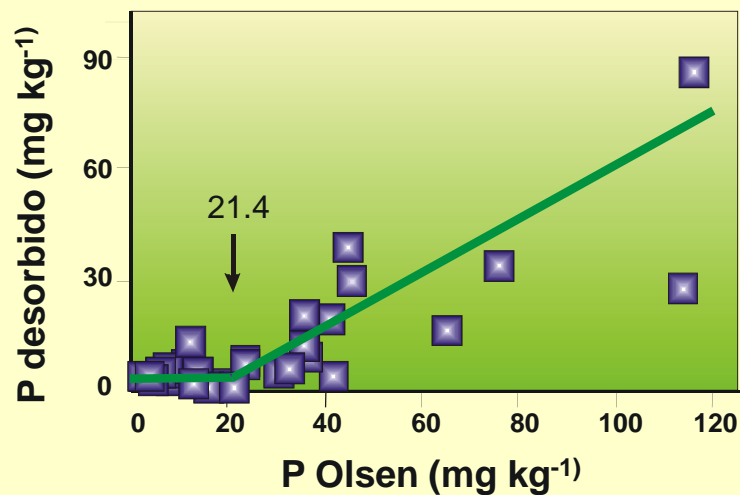




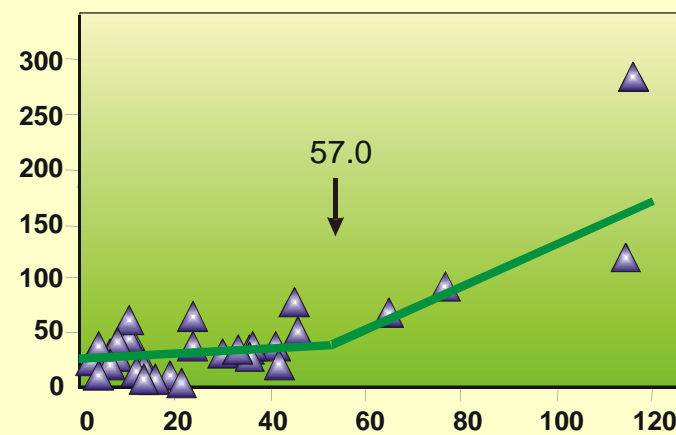
Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

Resultados

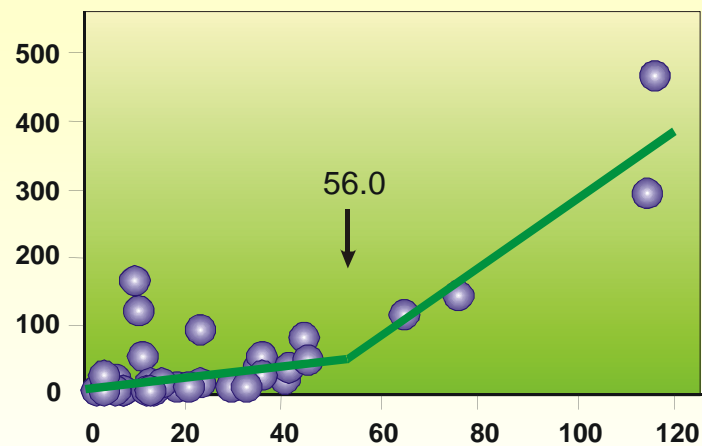
■ 1:100_i



▲ 1:1000_i

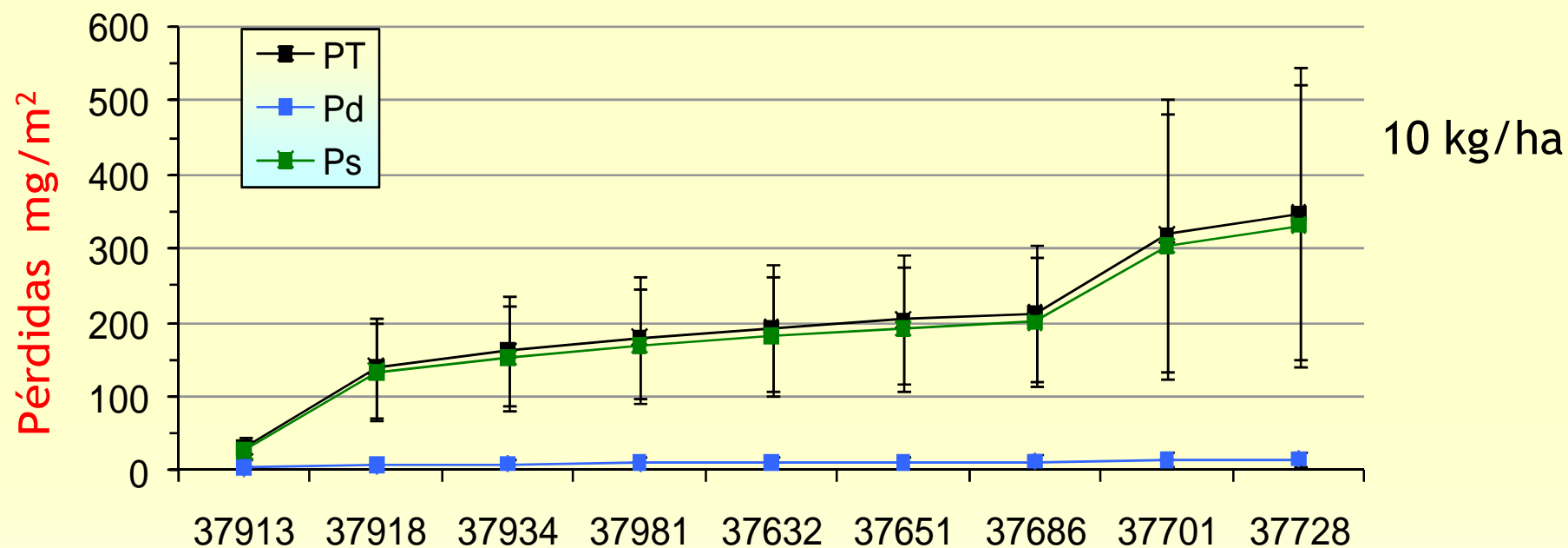


● 1:10000_i





Perdidas de P en un vertisol



(Jodar, 2003)

P_d - P en solución o en partículas $\varnothing < 0,45 \mu\text{m}$



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

Ensayo de campo

Ganadería Porcina y Ambiente



Unidade de Demonstración de Ganadería Porcina

Aguas de drenaje

Características del agua lixiviada en 2007 (n=3)

	P_t (mg L ⁻¹)	P_d (mg L ⁻¹)
Media (± dp)	0.08 (± 0.09)	0.08 (± 0.08)
Mínimo	Vest.	Vest.
Máximo	0.36	0.34

Ambiente:

$P_t < 0.1$ mg L⁻¹

Fuente de Polución difusa

$$r (P\text{-Olsen} \times P_d) = 0.548^*$$

Transferencia de P del suelo para las aguas

Niveles críticos de P-Olsen en el suelo

Aguas de Drenaje: 21; 23; 36; 60; 10-120 mg kg⁻¹.

Aguas de Escorrentía: 57 mg kg⁻¹; 33 mg kg⁻¹

Aguas Superficiales: 56 mg kg⁻¹



Perdidas en el perfil

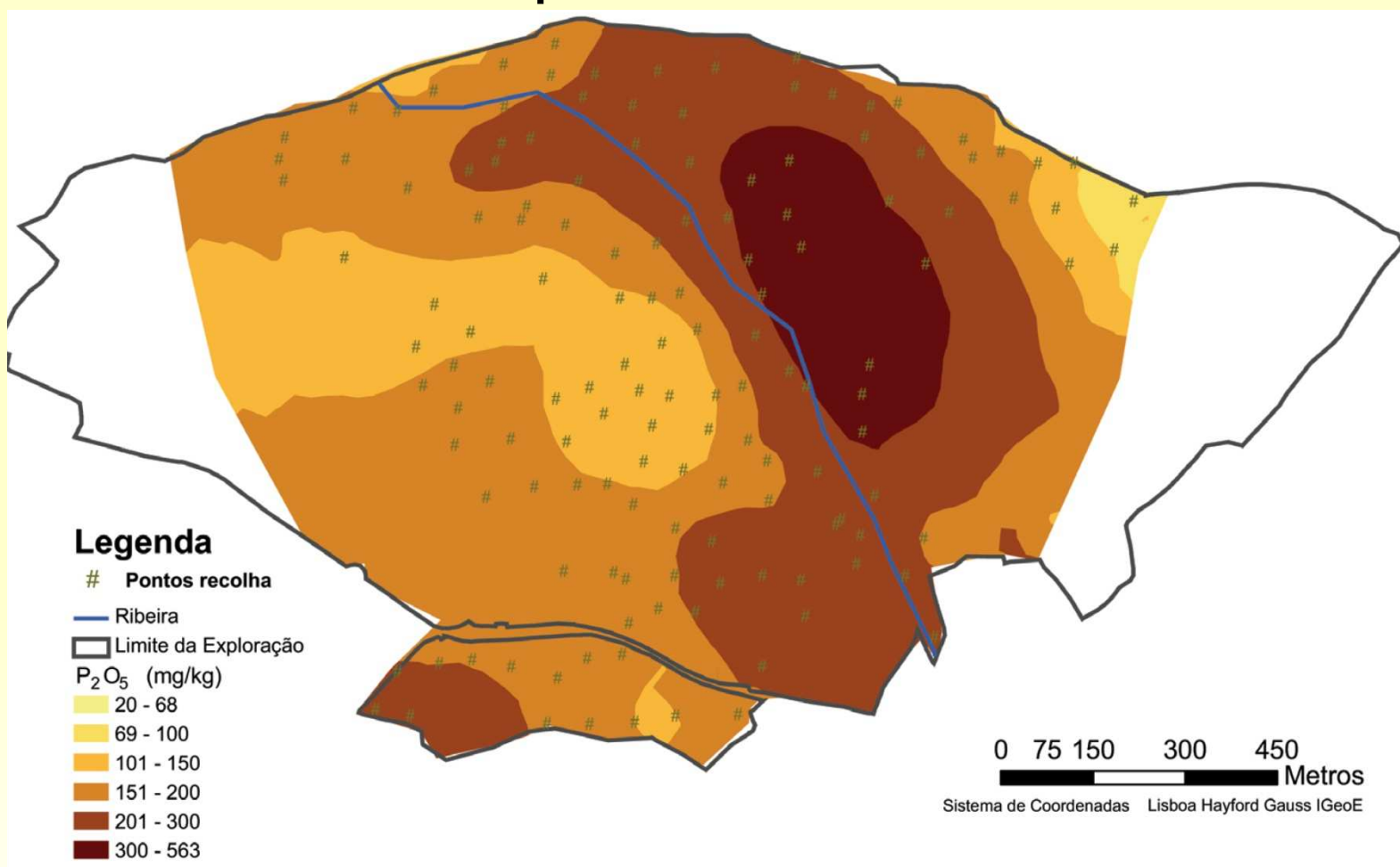
Parâmetro/camada ou horizonte	Ap 0.0 - 0.40m	C 0.40 - 0.75m	C 0.75 - 1.0m
Clase Textural	Franco-Arenoso	Franco	Franco-Arenoso
Arcilla (%)	19.4	17.3	19.2
Limo (%)	14.0	18.6	18.0
Arena (%)	66.7	70.2	62.7
pH (H ₂ O)	5.8 (Pouco Ácido)	4.8 (Ácido)	5.0 (Ácido)
P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	347 (Muy Alto)	140 (Alto)	166 (Alto)



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

Resultados

Distribución espacial del P



(Batista M. S., 2009)



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

Resultados

Ecuación de regresión

$$P\text{-Olsen} = 2.35 + 0.45 P\text{-AL}$$

$$R^2 = 0.908^{***}$$

(Horta et al., 2010)



Clases de fertilidad en P del suelo

P₂O₅ mg kg⁻¹ (Égner et al, 1960)	P mg kg⁻¹ (Égner et al, 1960)	Classe de Fertilidade	P mg kg⁻¹ (Olsen et al 1954)
< = 25	11	Muito Baixa	≤ 8
26-50	11-22	Baixa	9-13
51-100	22-44	Média	14-23
101-200	44-87	Alta	24-41
> 200	> 87	Muito Alta	> 41

Clase fertilidad média:

Producción relativa sin adiccionar P entre 75 a 95%

(Horta et al., 2010)

Clases de fertilidad en suelos con melocotoneros en Beira Interior

Área total 1 500 ha	< 50 mg kg ⁻¹ (MB e B)	50-100 mg kg ⁻¹ (M)	> 100 mg kg ⁻¹ (A)	> 200 mg kg ⁻¹ (MA)
Parcelas (500 ha)	9 %	21 %	30 %	40%

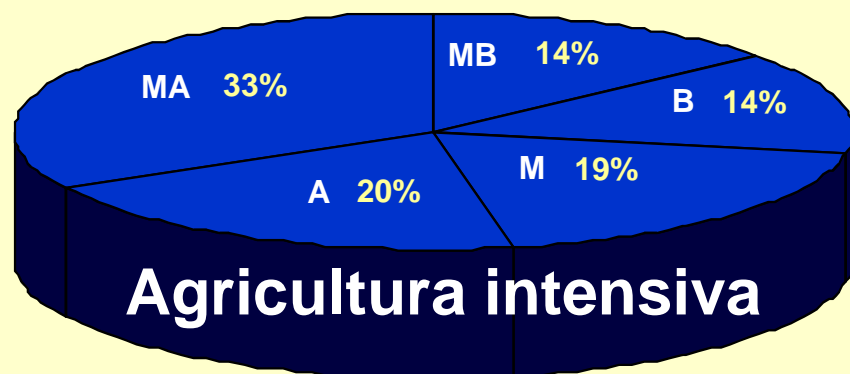


Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

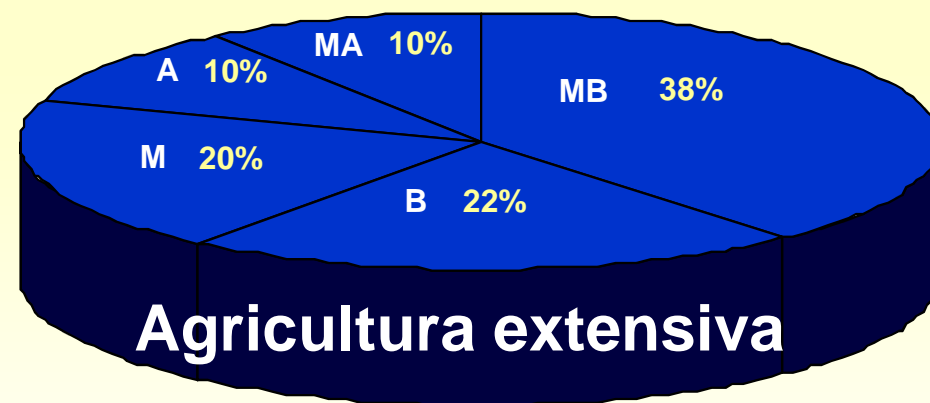
Gestão agronómica do Fósforo

P biodisponível

Beira Litoral **53 % A y MA**



Alentejo **60 % B y MB**



LQARS – 1980-1988

Fertilización de pastaje X Clase de fertilidad del suelo

Extracción P₂O₅ kg/ha	PN	PNF	PSF	Clase fertilidad
Año1	8	15	33	Muy Baja
Año 2	4	10	16	
Año 1	42	57	74	Media
Año 2	27	37	20	
Año 1	31	29	74	Alta
Año 2	21	23	48	

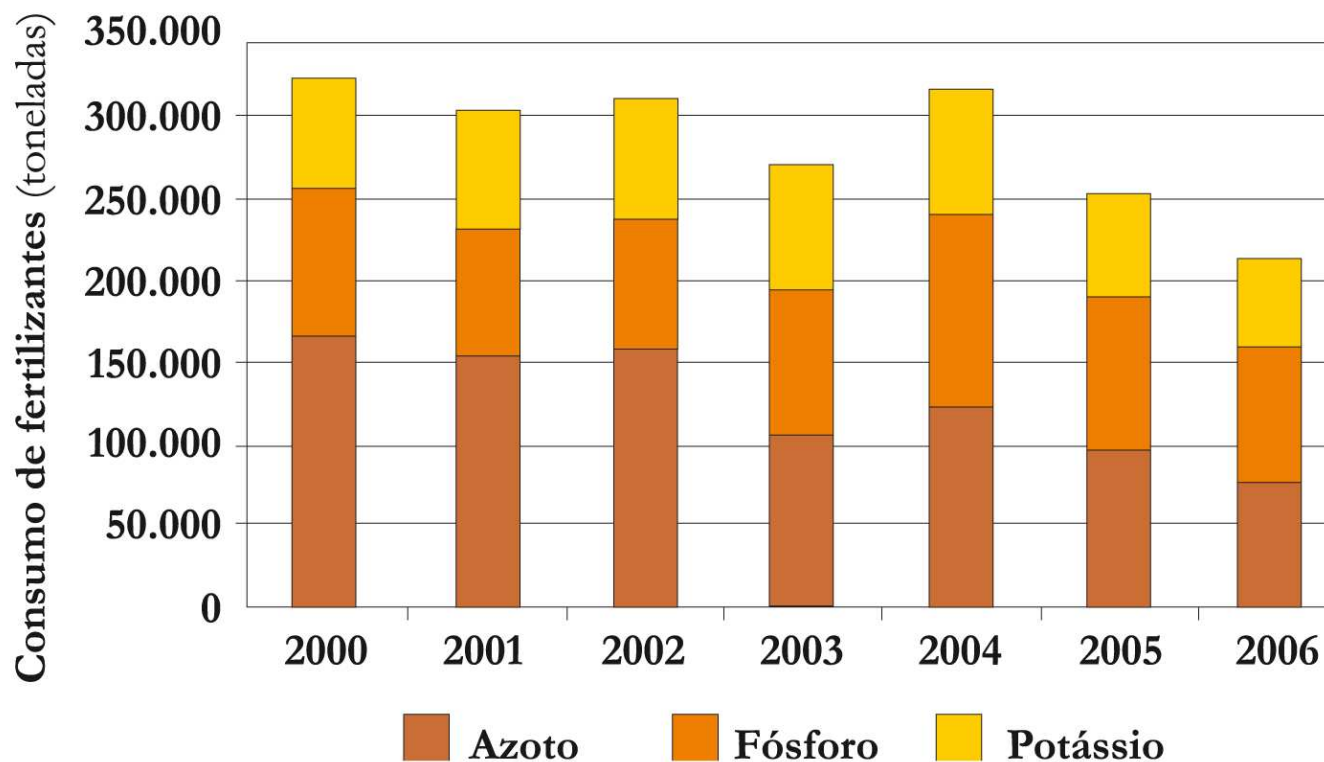
Clase Baja: P limitante

Clase Média: Respuesta no significativa

Clase Alta: No hay aumento significativo en la producción



Consumo de Fertilizantes en Portugal





Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

Gestión agronómica del Fósforo

Produtividad

Eutrofización

Recurso natural

Suelo tiene una capacidad limitada de sorción de fosfato

Grado de saturación

Index / Níveis críticos

Clases de fertilidad

....

Níveis críticos + clases de fertilidad



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

Gestión agronómica del Fósforo

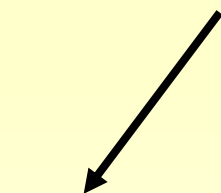
Produtividad

Eutrofización

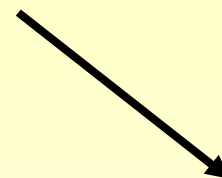
Recurso natural

Suelo tiene una capacidad limitada de sorción de fosfato

Níveis críticos + clases de fertilidad



Suelo



Nutrición



Clases de fertilidad en P del suelo

P₂O₅ mg kg⁻¹ (Égner et al, 1960)	P mg kg⁻¹ (Égner et al, 1960)	Classe de Fertilidade	P mg kg⁻¹ (Olsen et al 1954)
< = 25	11	Muito Baixa	≤ 8
26-50	11-22	Baixa	9-13
51-100	22-44	Média	14-23
101-200	44-87	Alta	24-41
> 200	> 87	Muito Alta	> 41

Clase fertilidad média:

Producción relativa sin adiccionar P entre 75 a 95%

(Horta et al., 2010)

✓ **Buenas prácticas agrícolas**

- Ajuste de la fertilización a las necesidades de la planta;
- Posición topográfica y clima;
- Medidas de conservación del suelo;
- ...

- **Nuevos productos;**
- **Semillas revestidas con fosfatases;**
- **Inoculo de micorrizas;**
- **Mescla de microorganismos;**
- **Cultivos mejorados para elevada exsudación radical;**
- **...**



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

Nota final

Dinâmica do Fósforo no Solo Perspectiva Agronómica e Ambiental

Maria do Carmo Horta e José Torrent



Horta M.C. e J. Torrent. (2010). *Dinâmica do fósforo no solo. Perspectiva agronómica e ambiental.*
Edições IPCB, Castelo Branco, 97 pp. ISBN:978-989-8196-10-1

E-Mail: biblioteca@esa.ipcb.pt