

# IV Seminario: La biorremediación aplicada a los suelos tropicales

## Aplicación de enmiendas al suelo para reducir la acumulación de cadmio (Cd) en alimentos

Julián Esteban López Correa

Ing. Ambiental. MSc. Ingeniería. Doctor (c) Ingeniería  
Universidad de Medellín



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

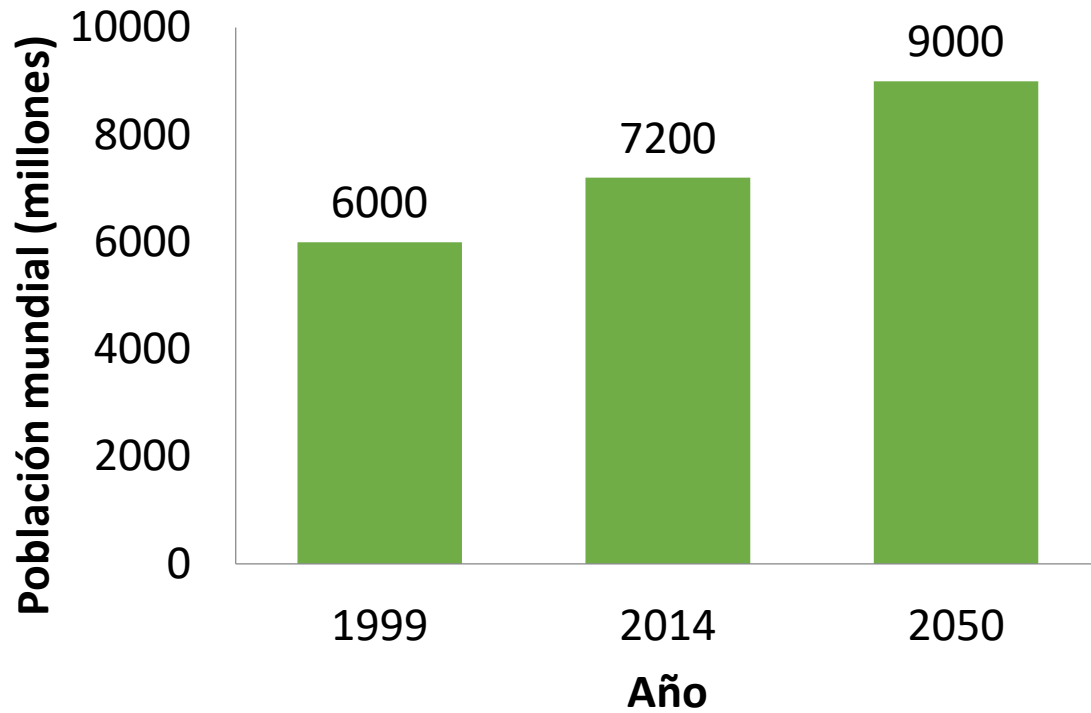
# Contenido

- ① Problemática
- ② Exposición humana al Cd
- ③ Dinámica del Cd en suelos
- ④ Alternativas para disminuir la transferencia de Cd desde el suelo a los alimentos – Enmiendas
- ⑤ Conclusiones generales

# Problemática



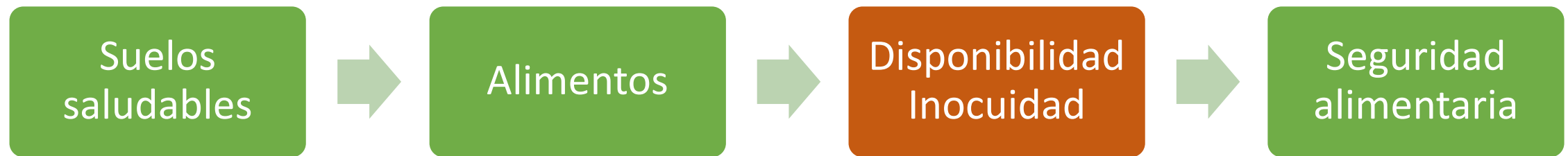
UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA



## ¿Seguridad alimentaria?

Incrementar en un 60% la producción de alimentos para el año 2050

(FAO, 2017).



FAO/WHO  
(CODEX 2006)



Hortalizas  
0,2 – 2,0 mg kg<sup>-1</sup>      0,1 - 0,2 mg kg<sup>-1</sup> Cd



Arroz (*Oryza sativa.*)  
7,0 mg kg<sup>-1</sup>      0,2 mg kg<sup>-1</sup> Cd



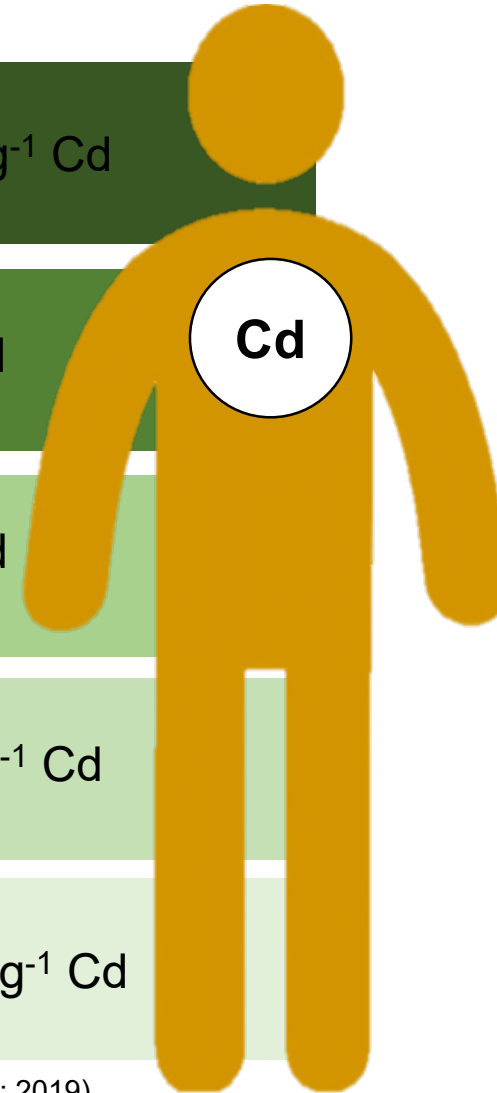
Trigo (*Triticum* spp.)  
2,0 mg kg<sup>-1</sup>      0,2 mg kg<sup>-1</sup> Cd



Papa (*Solanum tuberosum.*)  
3,0 mg kg<sup>-1</sup>      0,2 mg kg<sup>-1</sup> Cd



Cacao (*Theobroma cacao.*)  
2,5 mg kg<sup>-1</sup>      0,6 mg kg<sup>-1</sup> Cd

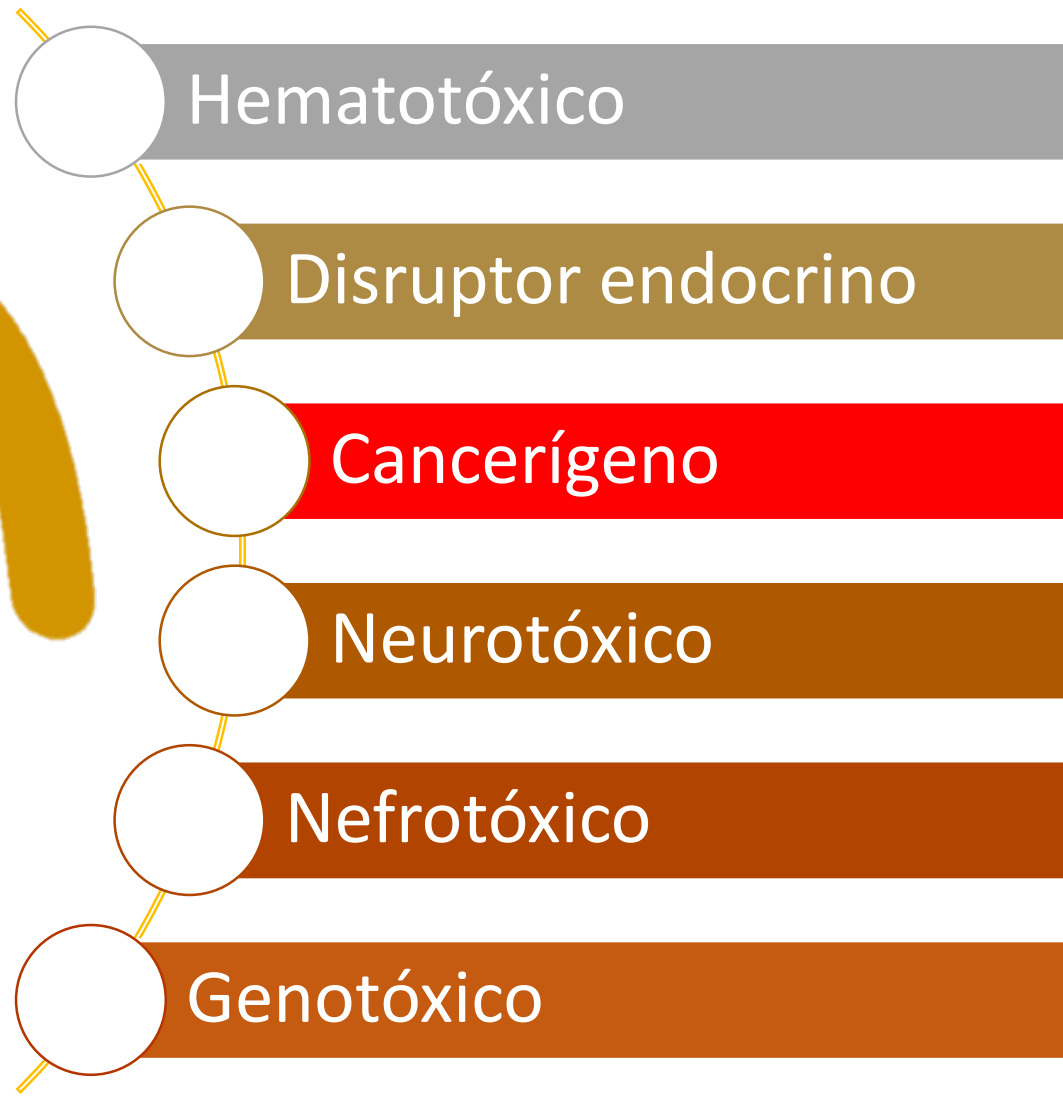
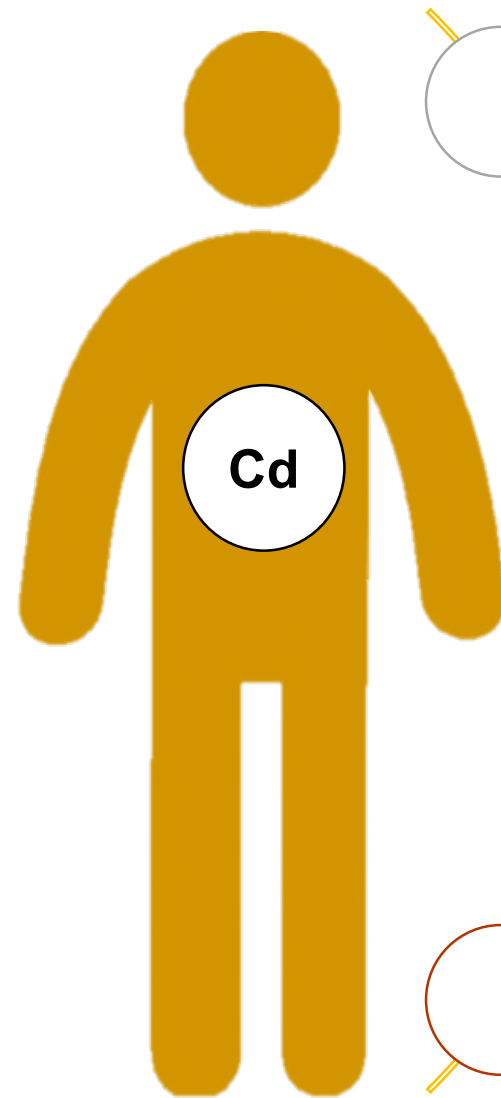


(Rehman et al., 2017; Shi et al., 2015; Arguella; 2019)

**Contaminantes  
Priorizados**

**Principal contaminante  
asociado a cáncer**

(WHO, 2010)



(Waalkes, 2000; Godt Johannes et al., 2006)

# ¿Cómo nos exponemos al Cd?



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

$$\text{CDI} = 1 \times 10^{-4} \text{ mg kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$$

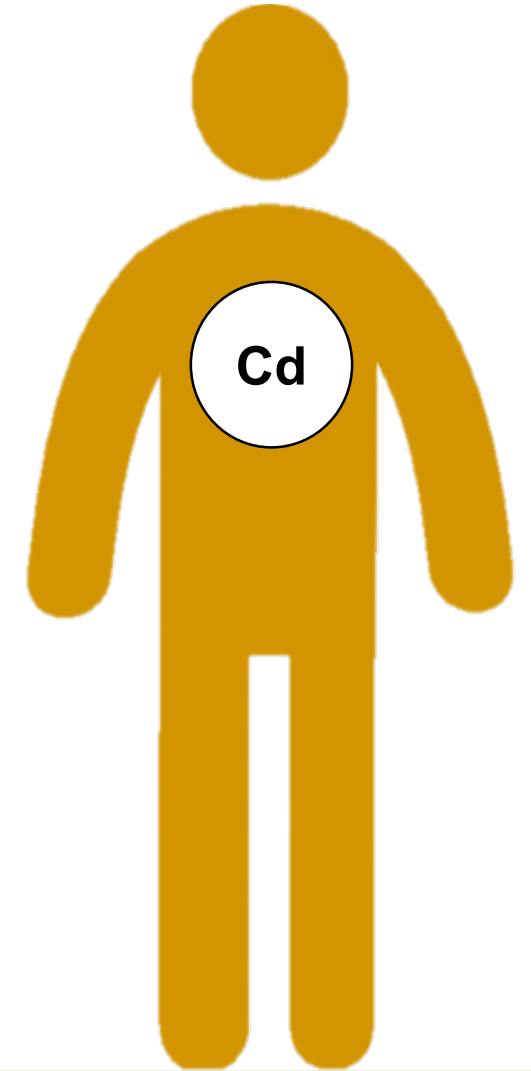
Riesgo cáncer

Dérmico

Respiratorio

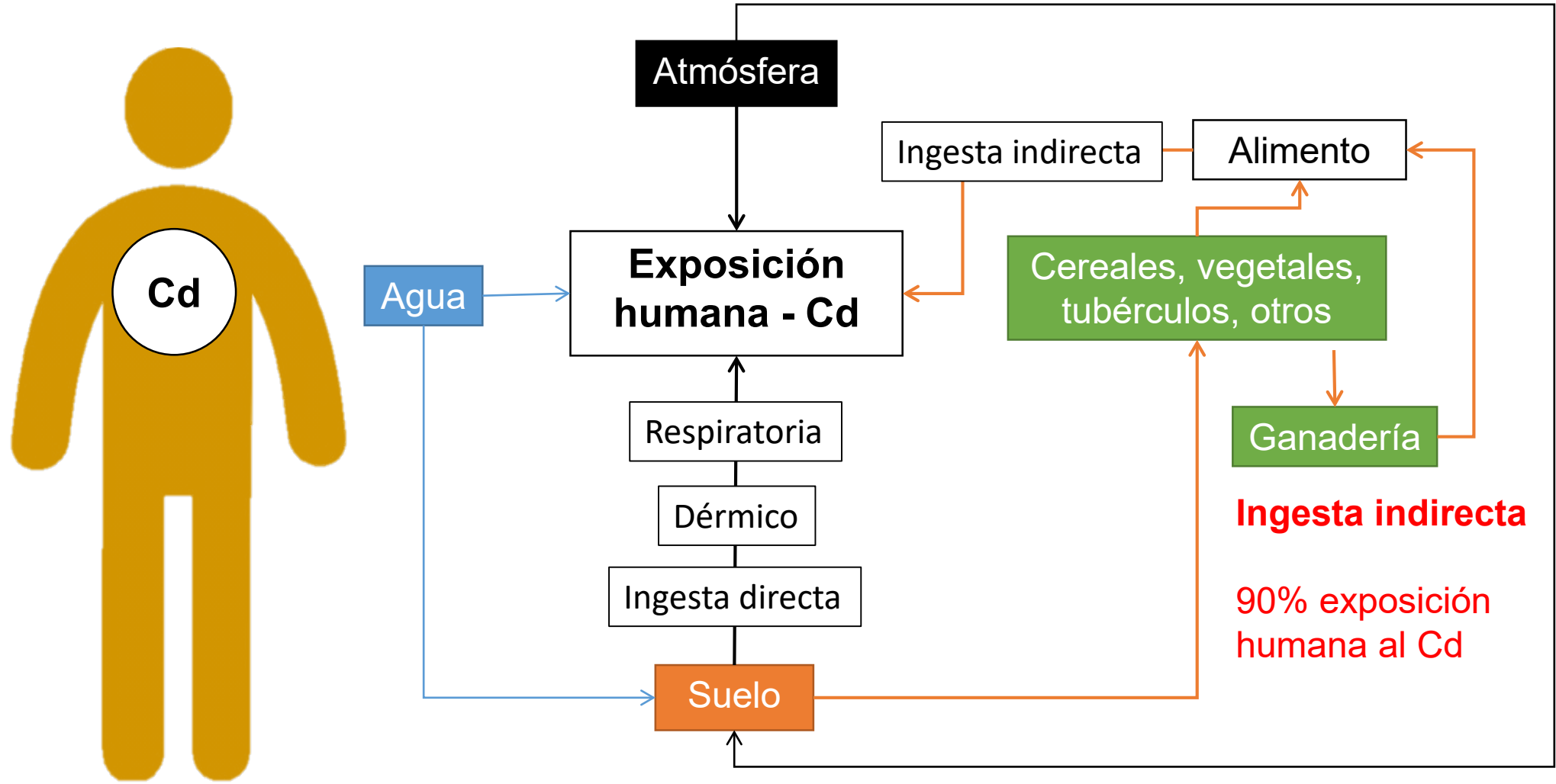
Ingesta

- Directa
- Indirecta



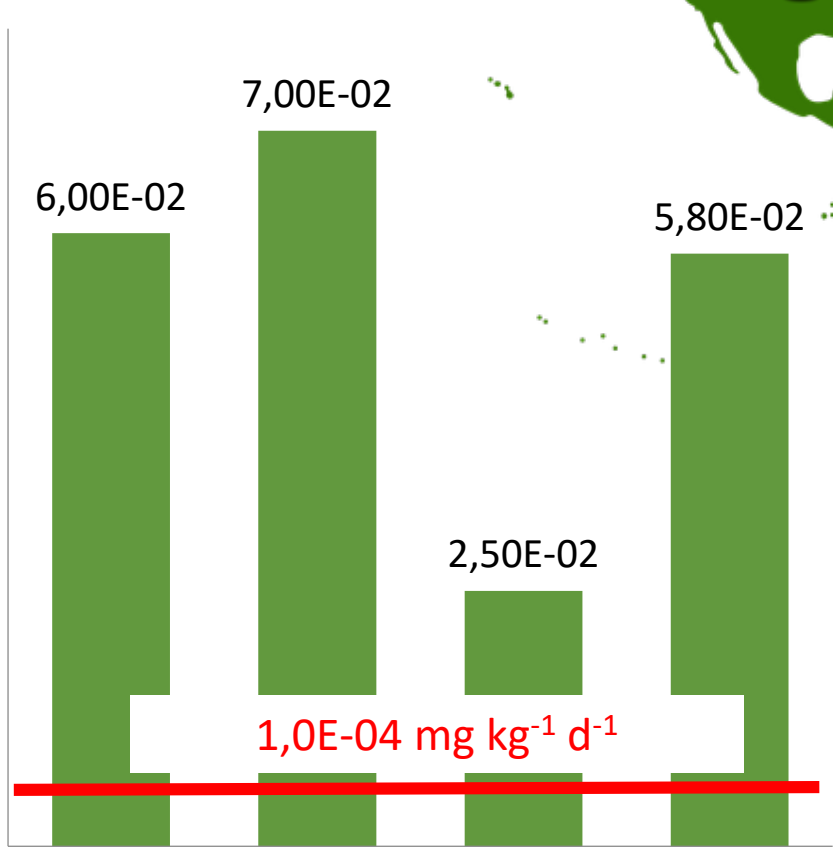
(USEPA, 2012)



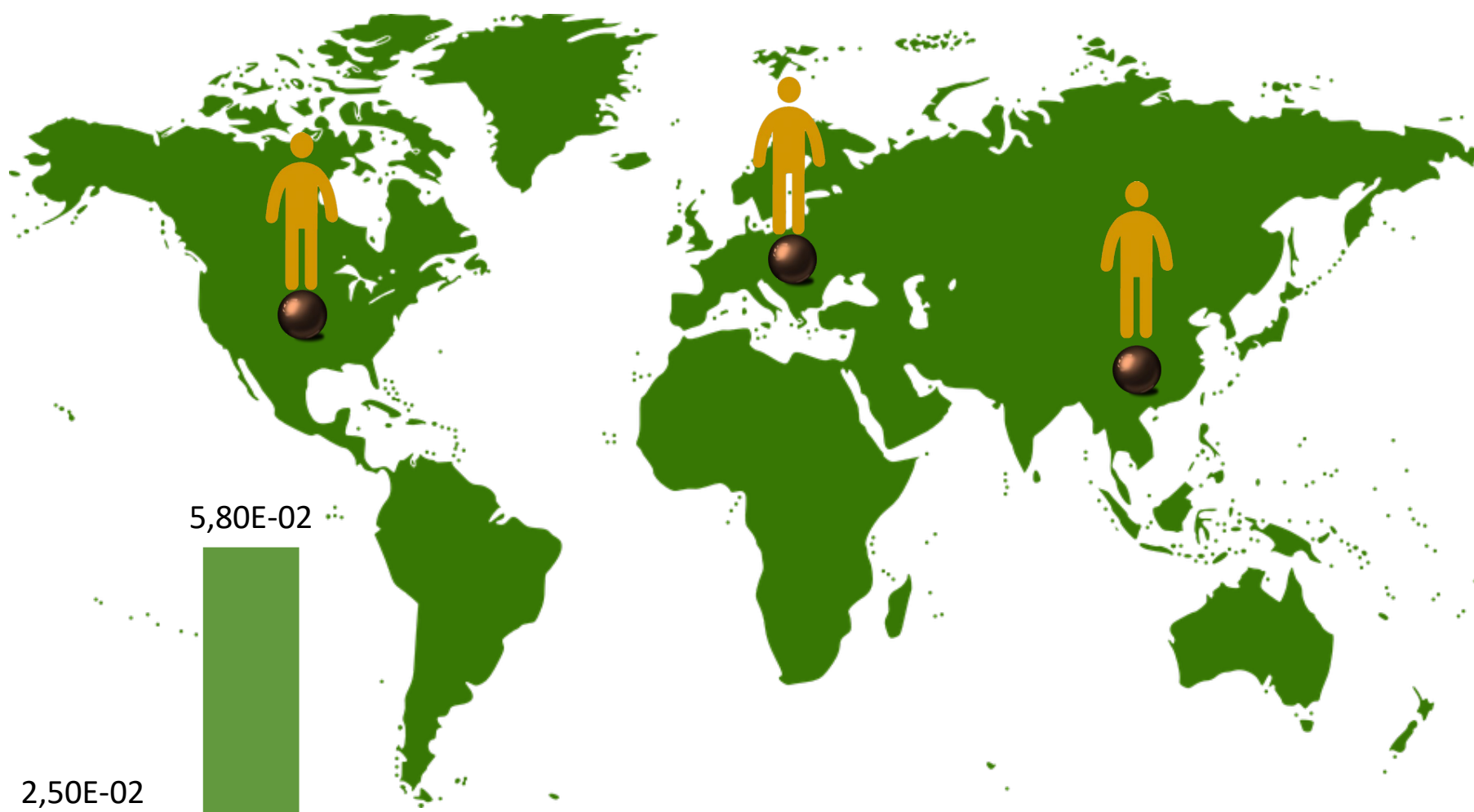


(Clemens et al., 2013; Smolders and Mertens, 2013; Khalid et al., 2016)

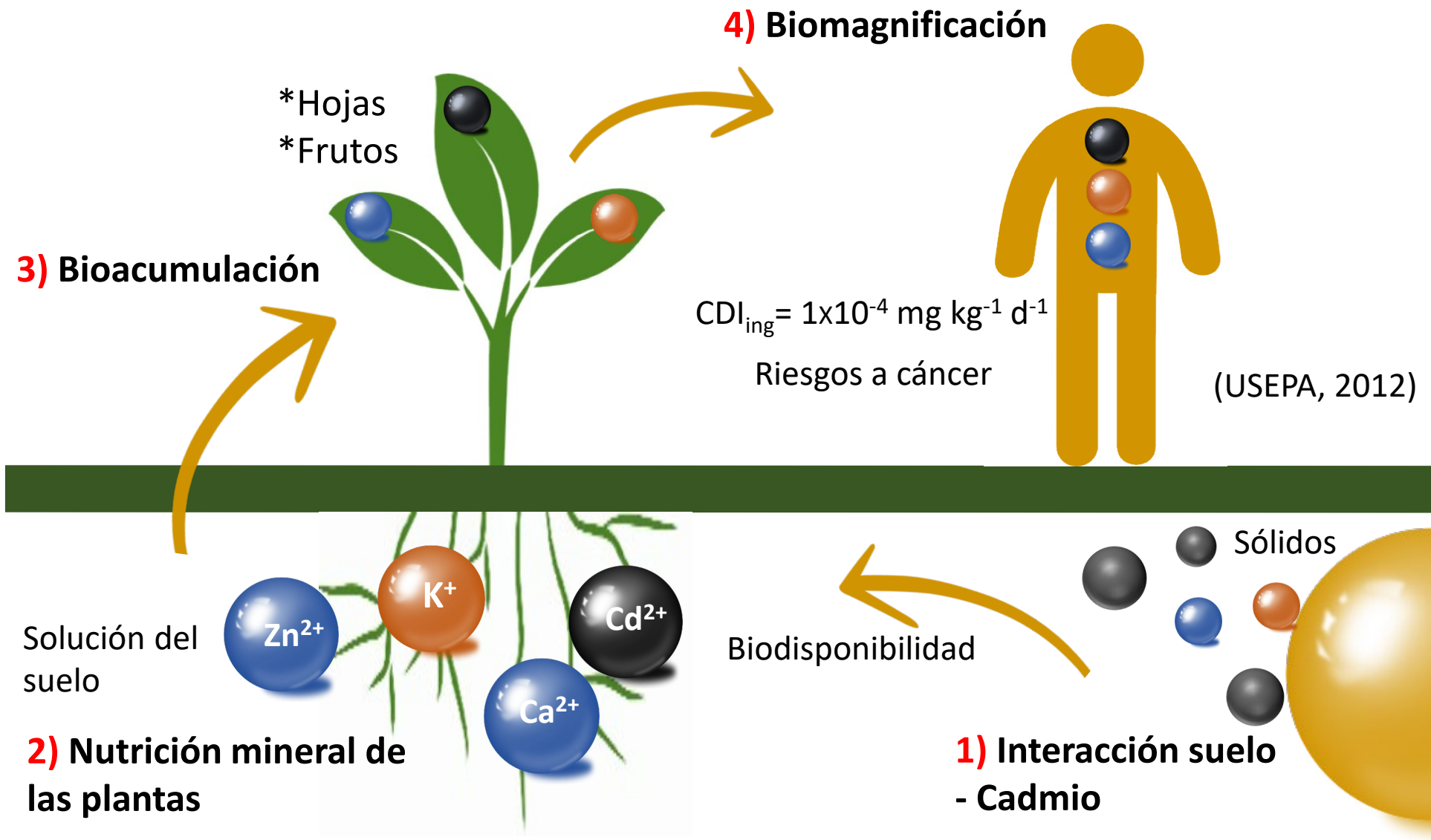
CDI ( $\text{mg kg}^{-1} \text{d}^{-1}$ )



1,0E-04  $\text{mg kg}^{-1} \text{d}^{-1}$



(CODEX, 2010; FAO, 2010; WHO, 2010; USEPA, 2012)



# Dinámica Cd-suelo



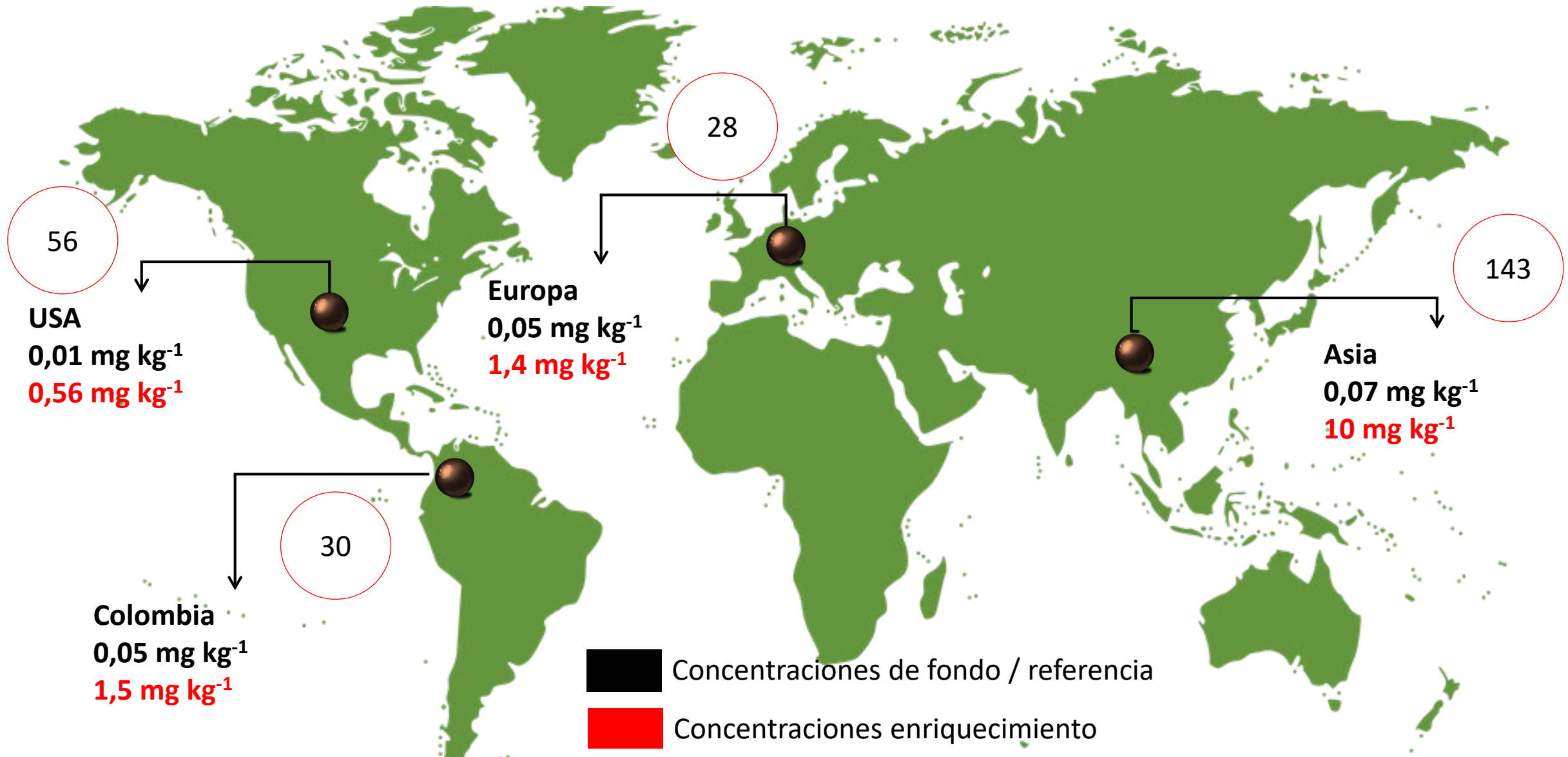
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA



SOBIOTECH



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA



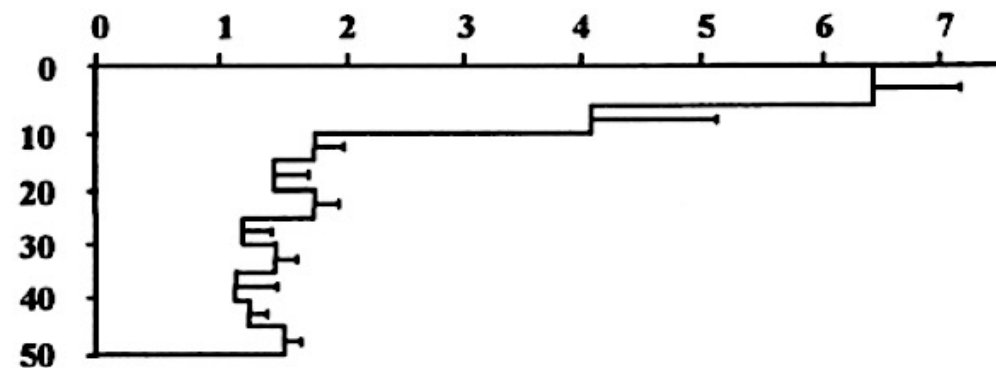
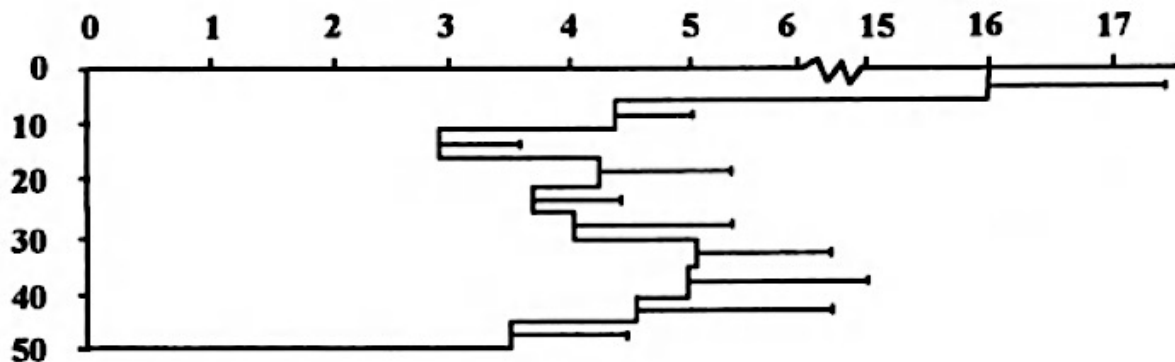
(Smolders and Mertens, 2013; Marrugo-Negrete et al., 2017)

# Enriquecimiento



\*Fuentes

Profundidad – Suelo (cm)



Material parental

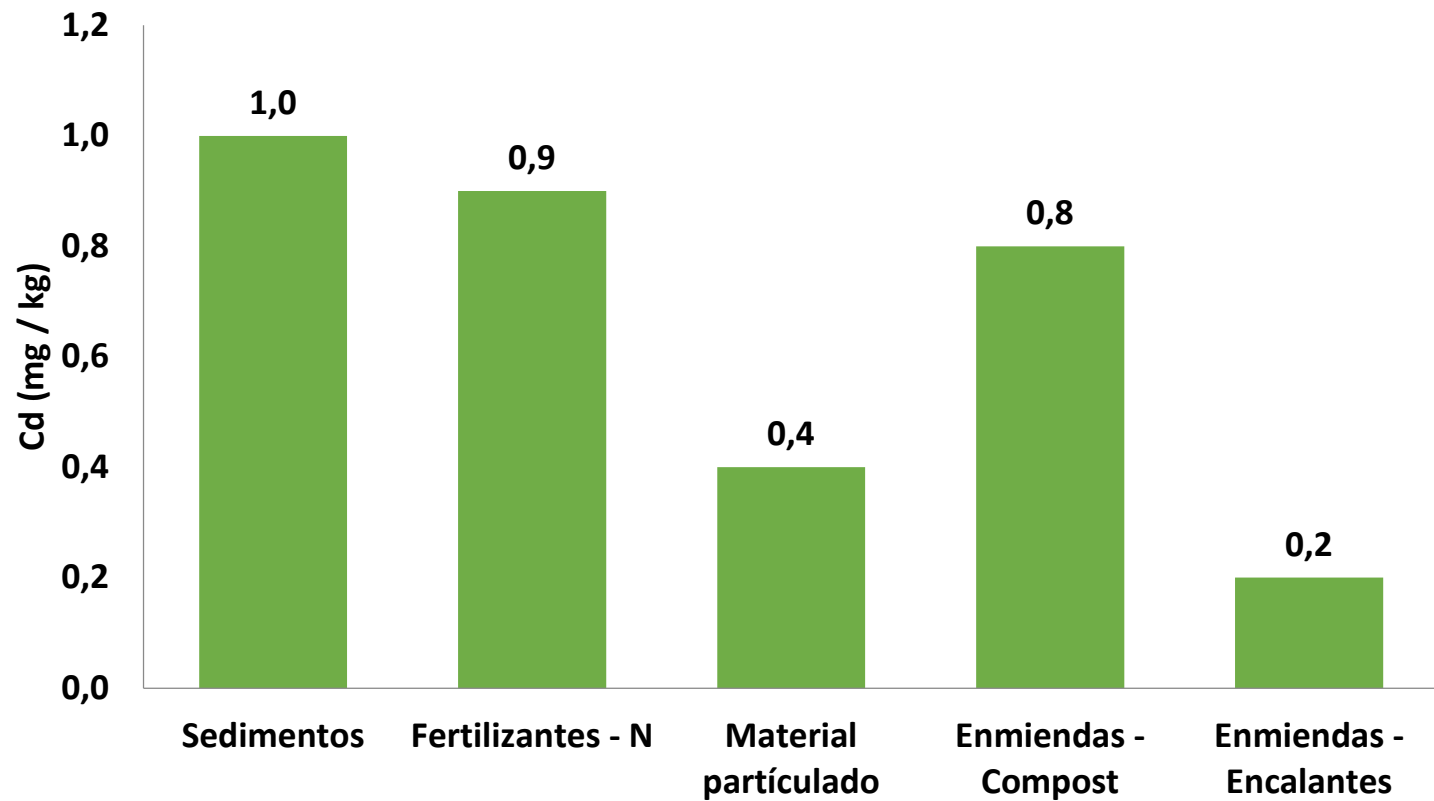
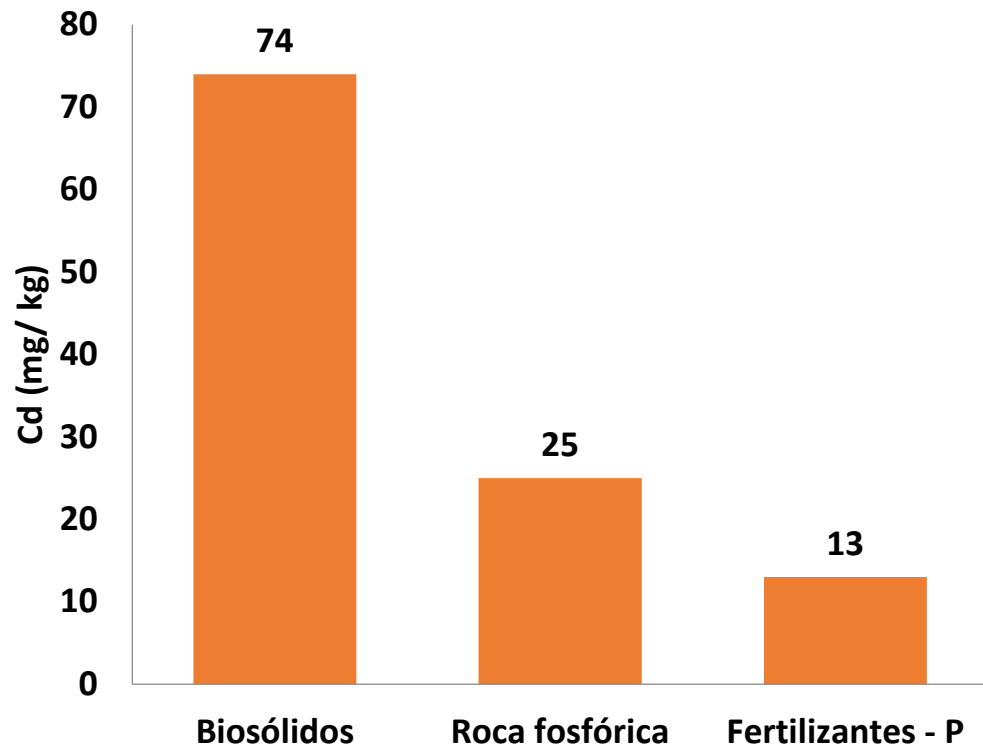
Deposiciones atmosféricas

Transporte sedimentos

Fertilizantes

Materia orgánica

(Adriano, 2001; Alloway, 2013)



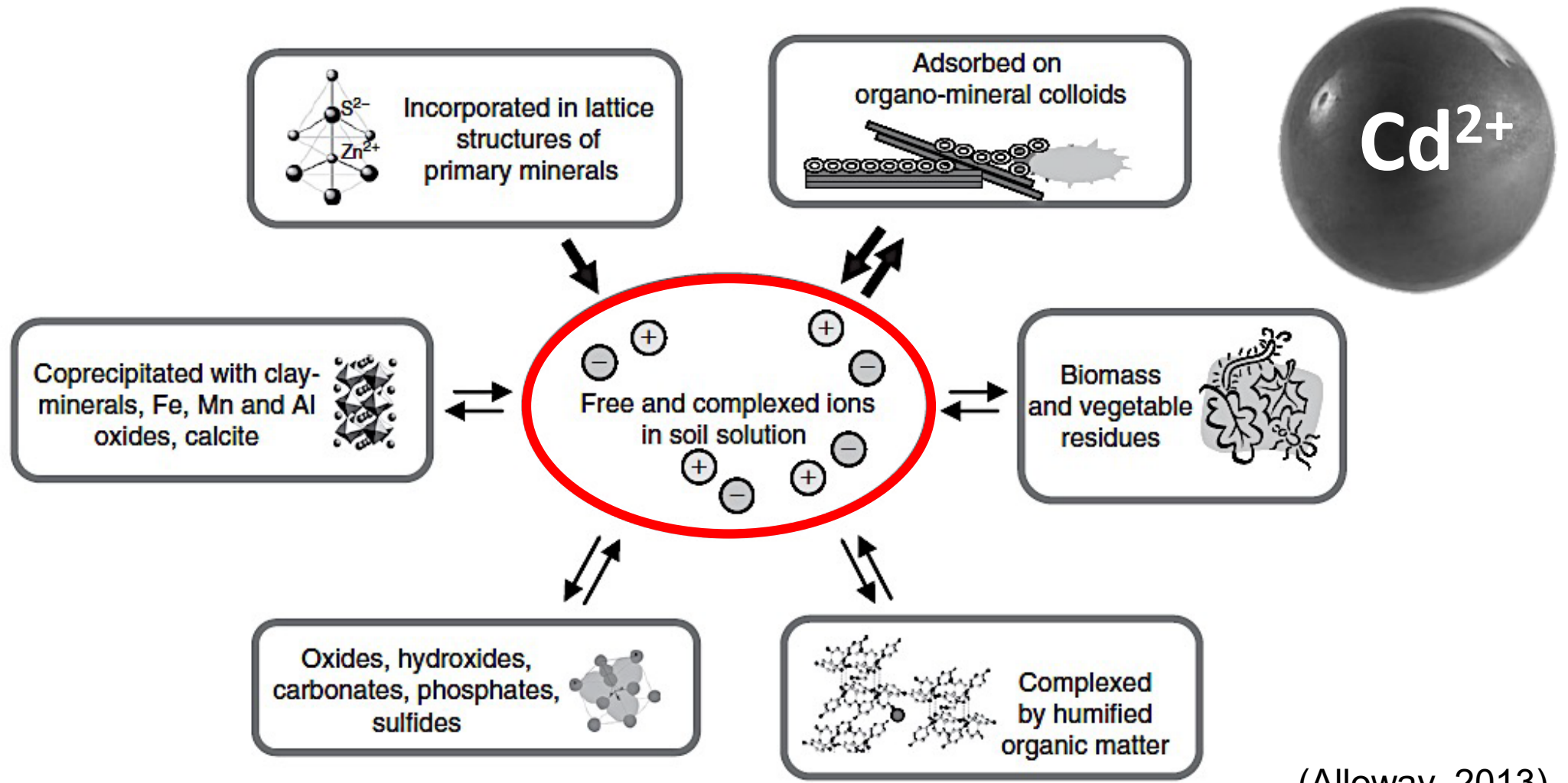
(Adriano, 2001)

# ¿Cd total?

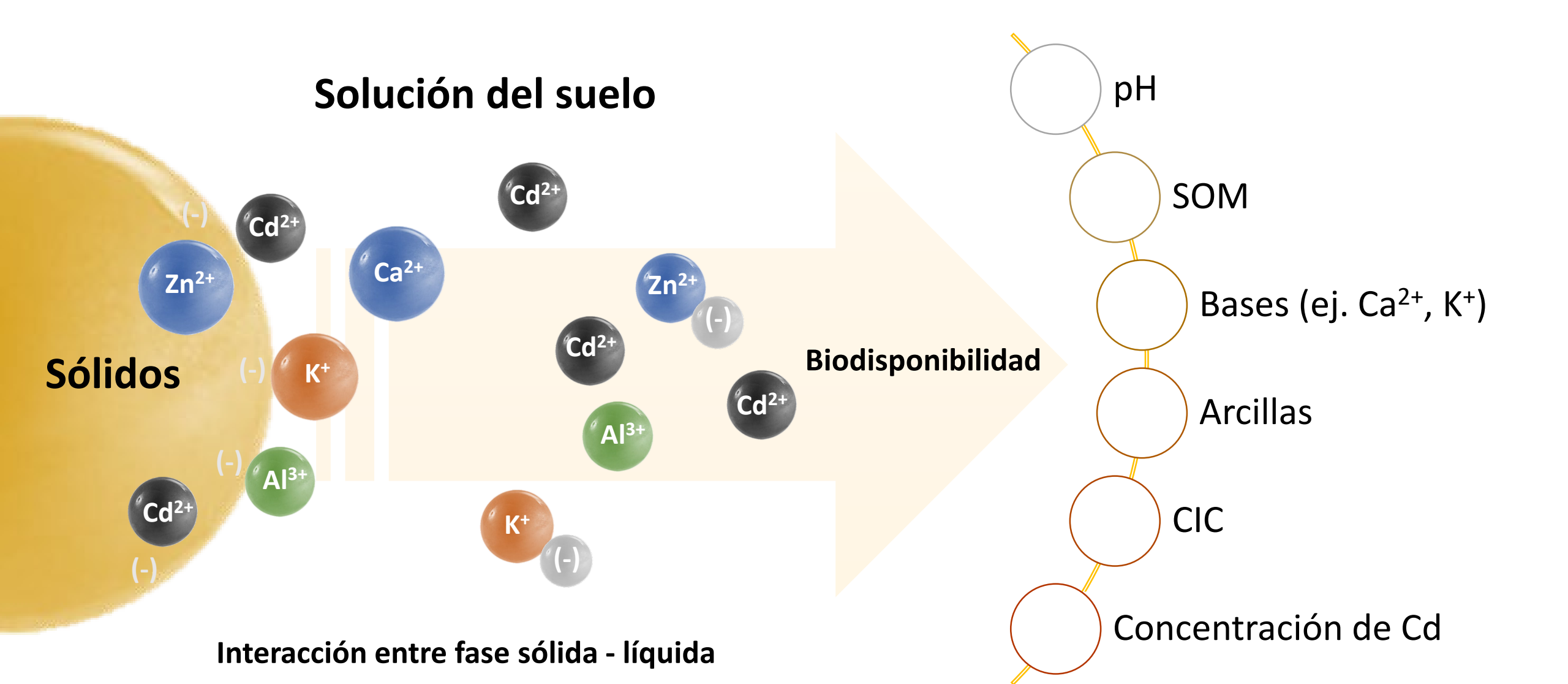
# ¿Cd biodisponible?

Fracción de Cd en suelo que puede interactuar fácilmente con un sistema biológico

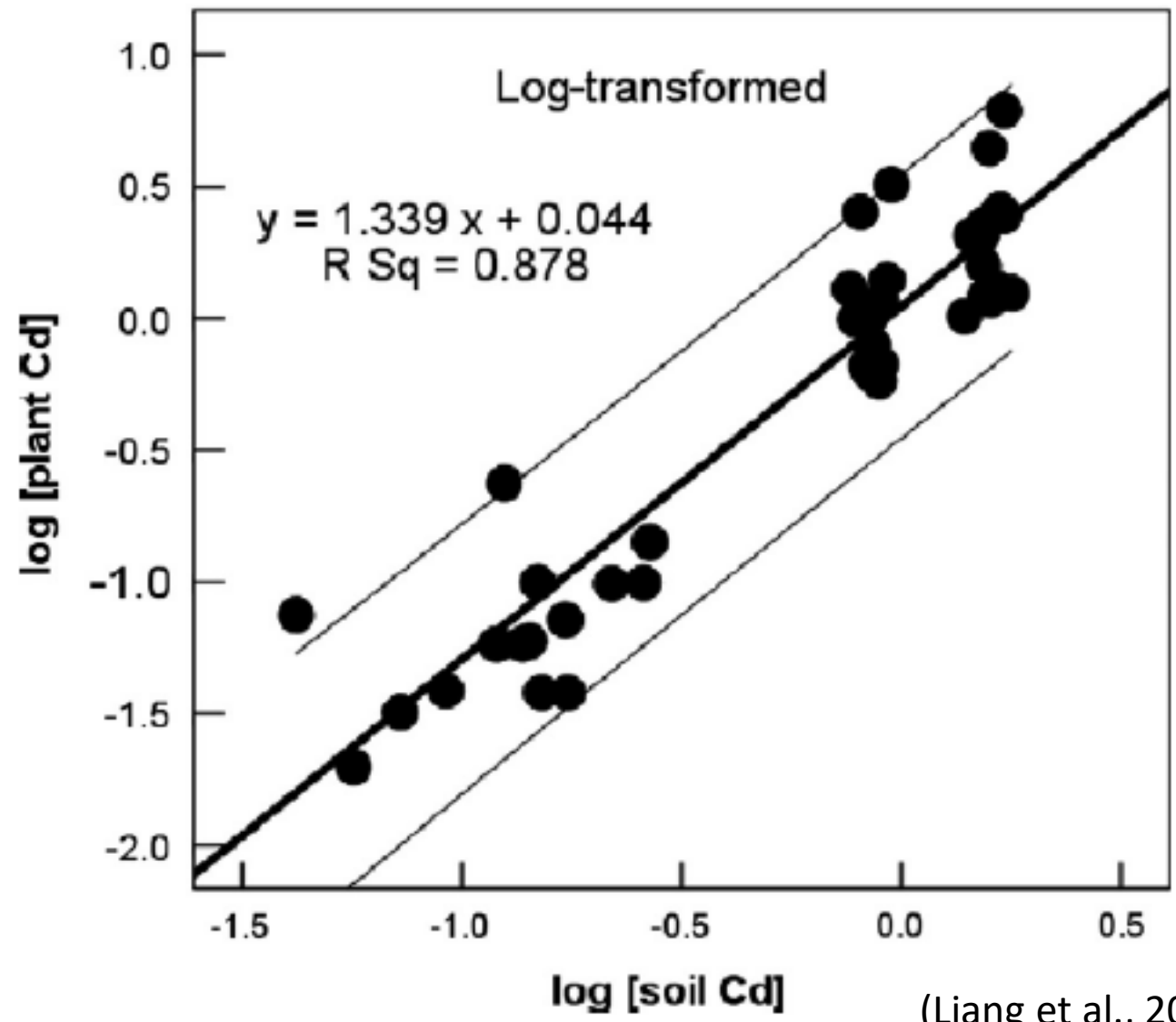




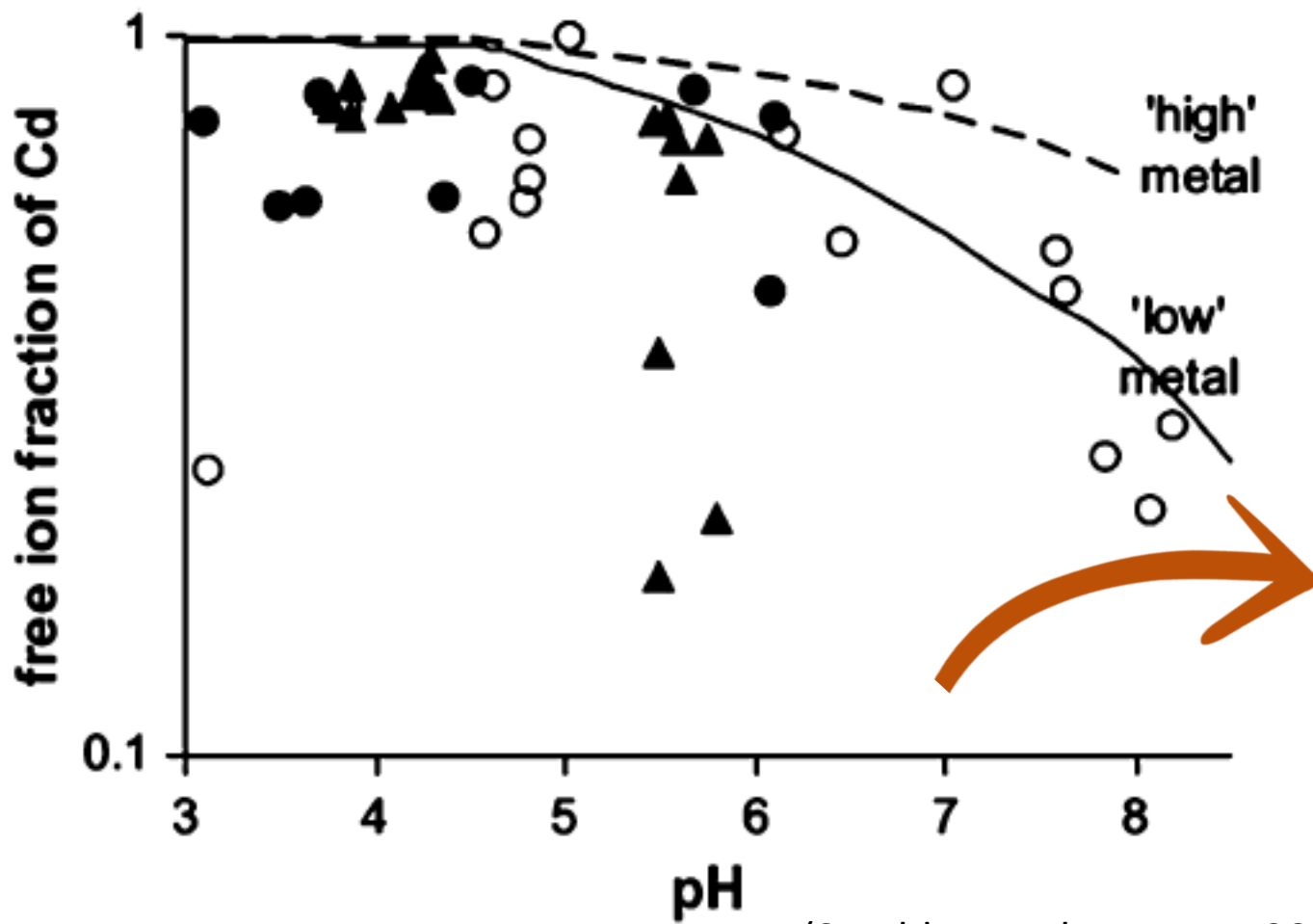
(Alloway, 2013)



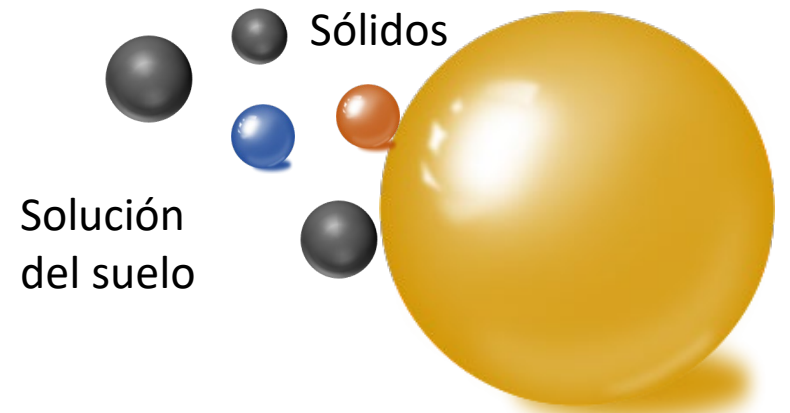
(Adriano, 2001; Sposito, 2008; Smolders and Mertens, 2013)



(Liang et al., 2013)

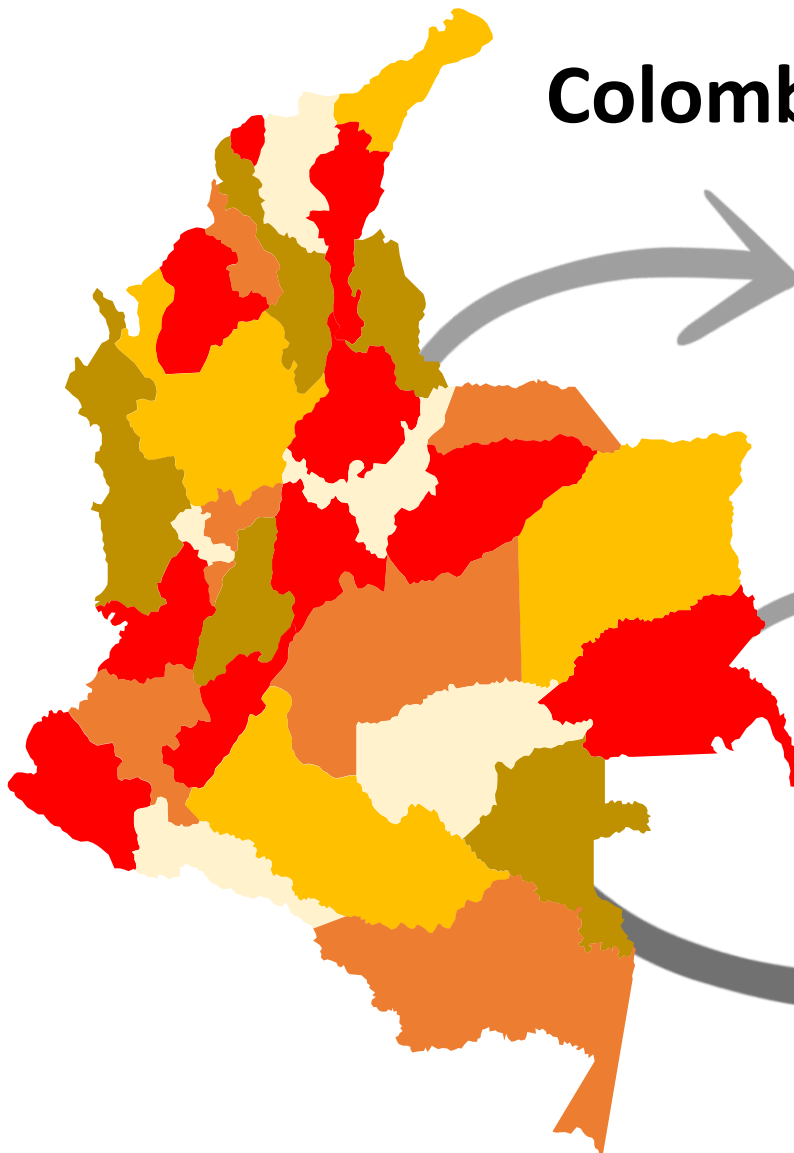


(Smolders and Mertens, 2013)



**pH menores a 7,0 – 50% Cd forma más biodisponible ( $\text{Cd}^{2+}$ )**

# Colombia, un país de suelos ácidos



80% de los suelos colombianos  
presentan condiciones de  
acidez

\* $pH < 5,5$

\*Acidez o Al intercambiable  $> 0.5 \text{ cmol}^{(+)} \text{ Kg}^{-1}$  de suelo

\*Suma de bases (Ca, Mg, K)  $< 5 \text{ cmol}^{(+)} \text{ Kg}^{-1}$  de suelo

\*Saturación de acidez ( $\text{Al}^{3+}$ )  $> 20\%$

Clima  
Material parental  
Organismos del suelo  
Relieve  
Tiempo

} Pedogénesis

(Malagón, 2003; Jaramillo, 2011)

Entisoles



Inceptisoles



Ultisoles



Oxisoles

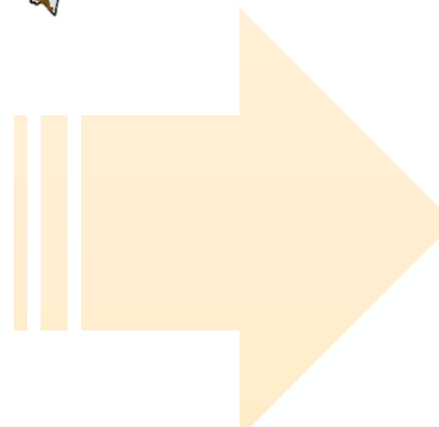


Pedogénesis – suelos tropicales

pH

% SOM

CIC  $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$



**Biodisponibilidad**

(Jaramillo, 2011; IGAC, 2016)



# Suelos ácidos presentan una mayor susceptibilidad a la transferencia de

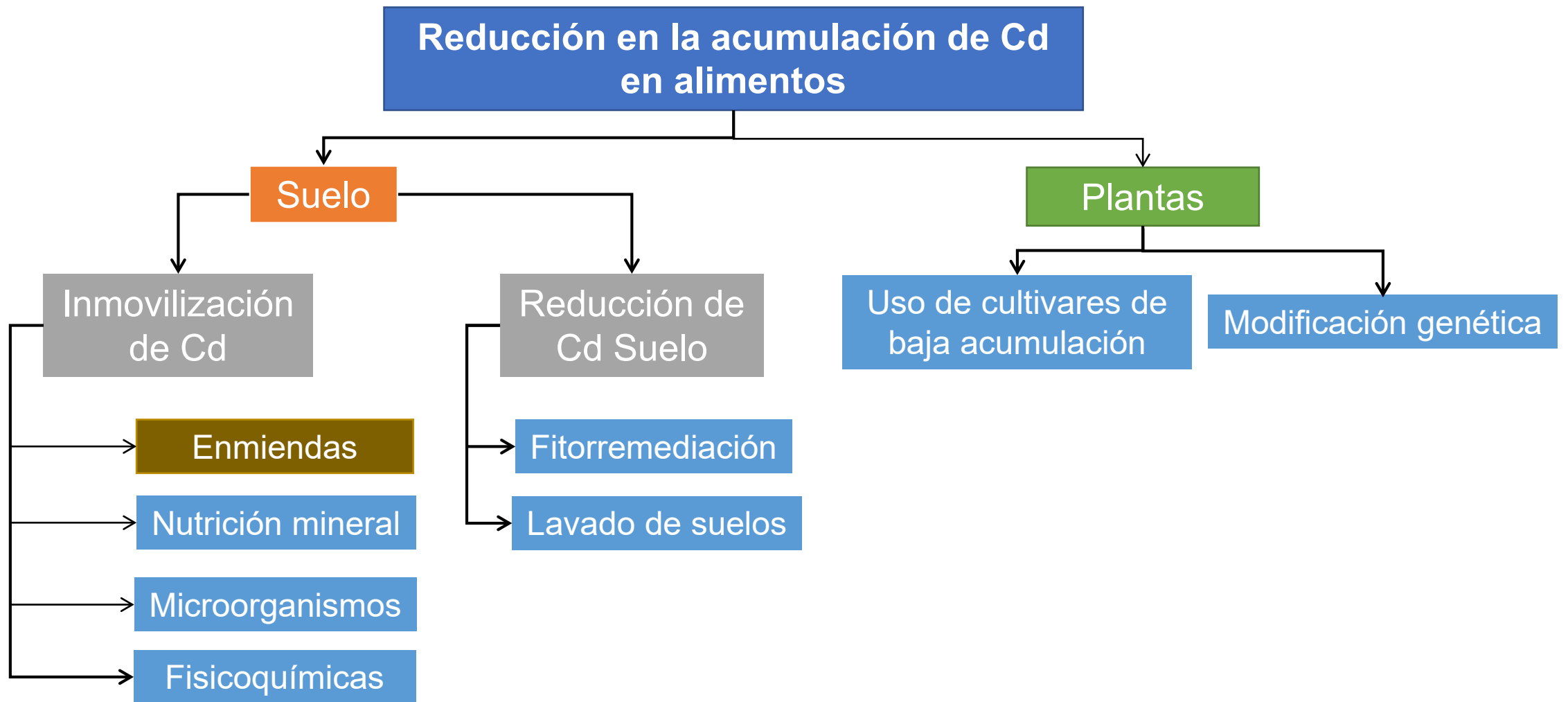
$$Cd_{\text{suelo}} - Cd_{\text{alimentos}}$$

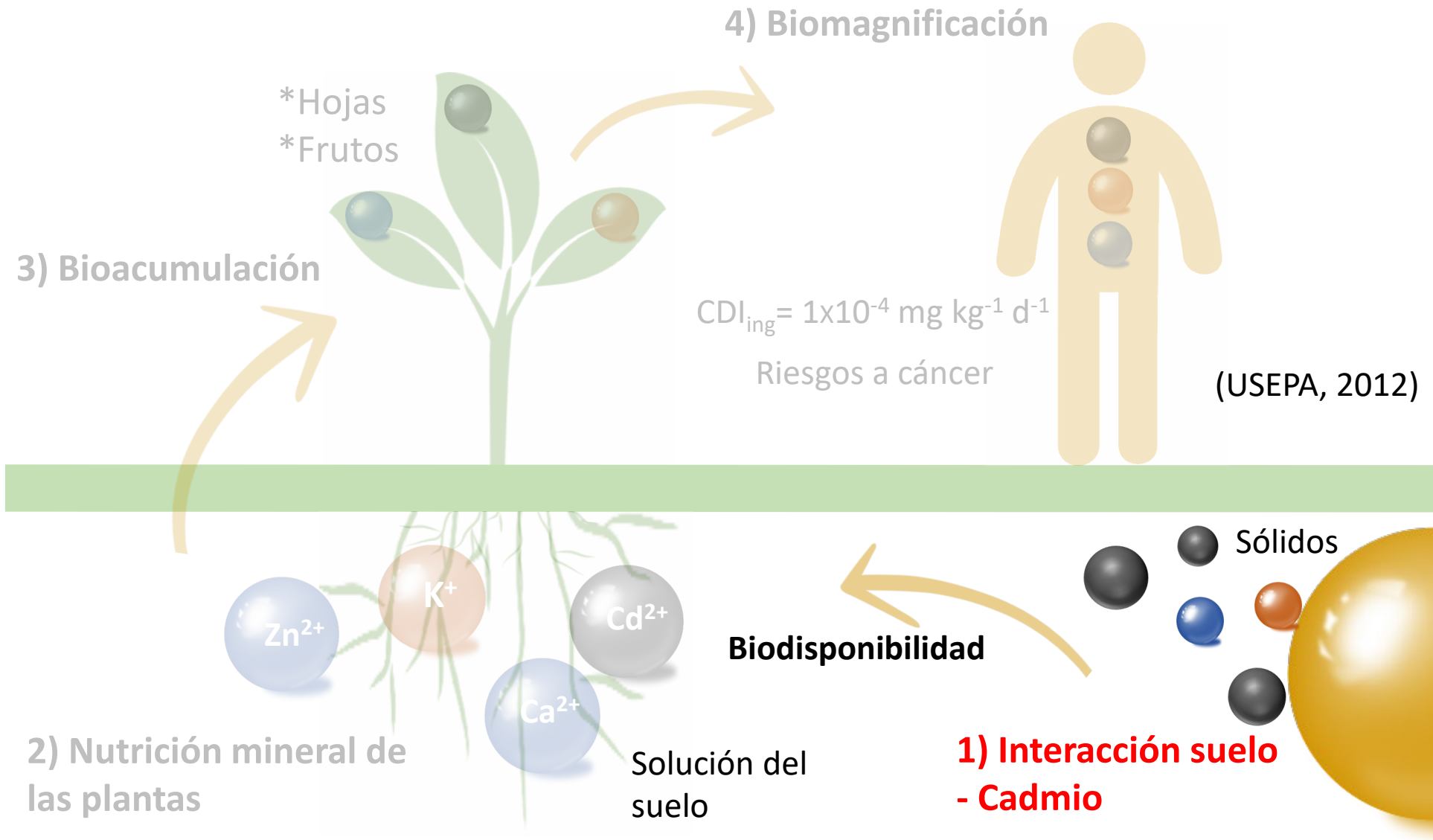
# ¿Cómo es tratar los suelos para reducir la acumulación de Cd en alimentos ?



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA





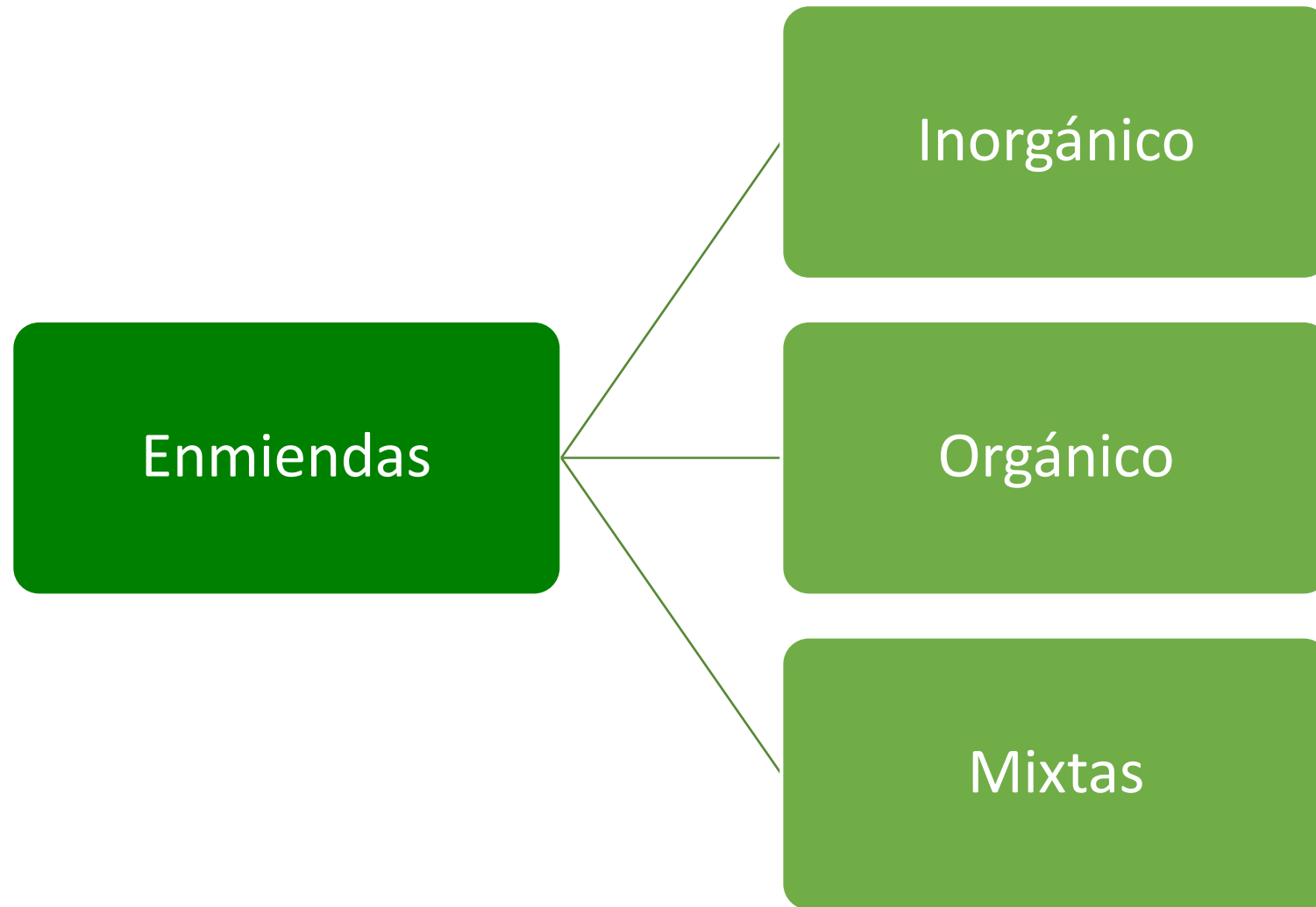


# ¿Qué es una enmienda?



*“Toda sustancia cuya acción fundamental consiste en el mejoramiento de por lo menos una característica física, química o biológica del suelo”*

Instituto Colombiano de Normas Técnicas – ICONTEC (NTC 1927)



(Hamid et al., 2019)



<https://www.elespectador.com/noticias/economia/argos-llantas-sus-hornos-articulo-527545>



# Explotación minerales

Ej.  
Encalantes  
Rocas fosfóricas  
Yesos  
Bentonita



# Biomassas

Ej.

Gallinaza

Estiércol de ganado





# Biosólidos

Ej.  
PTAR

<http://urquijoing.com/projects/digestores-anaerobicos-san-fernando-epm-medellin/>







## Transformación de biomásas - Compostaje

Ej.  
Compost



Madera



Biosólidos

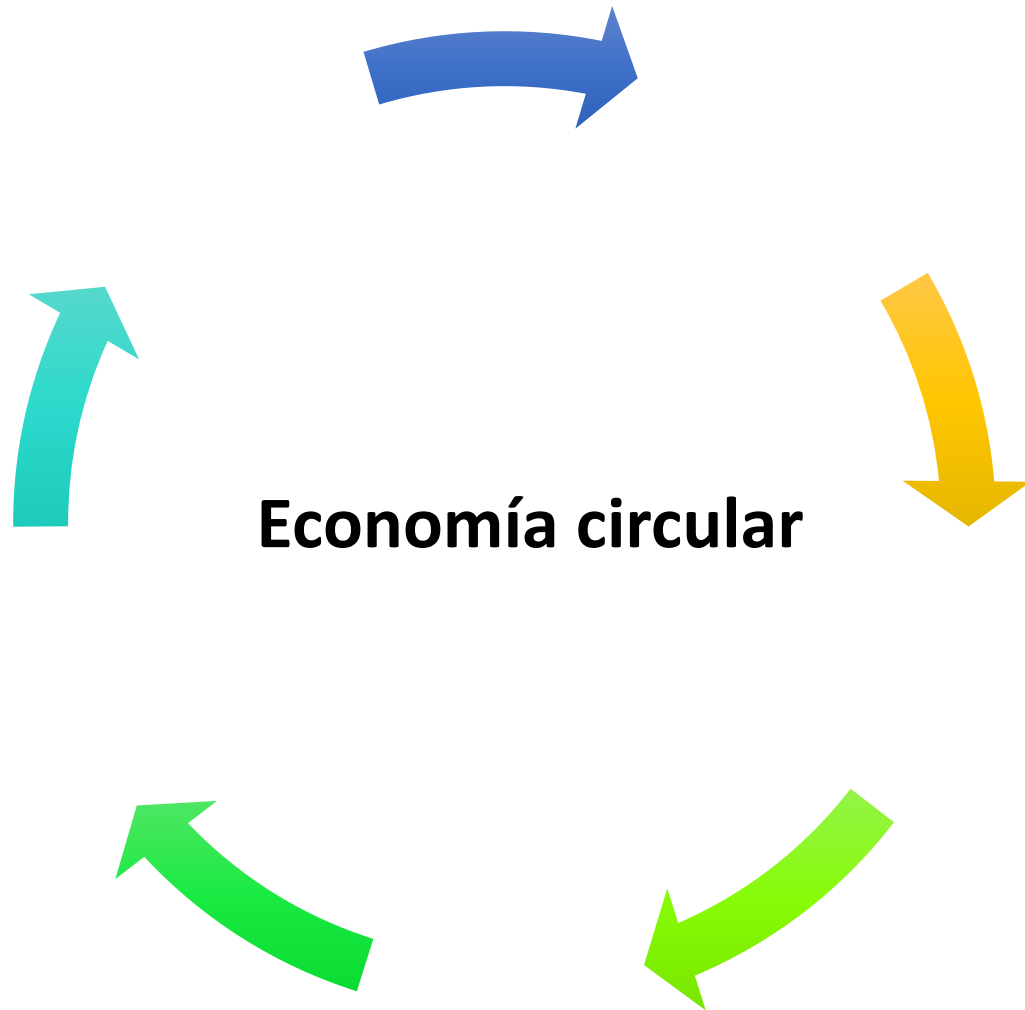


Residuos de  
cultivos



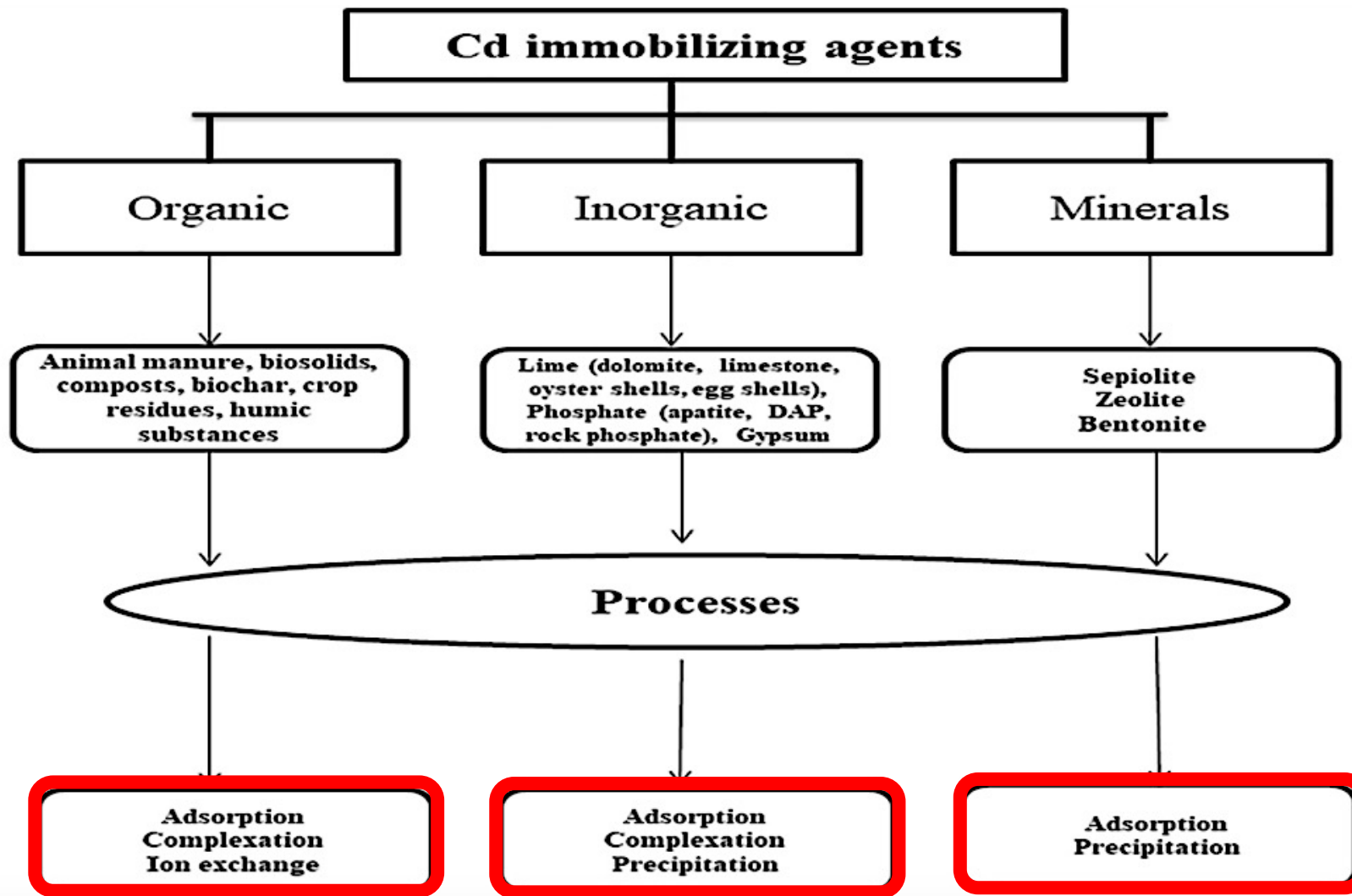
## Transformación de biomasa - Pirolisis

Ej.  
Biochar

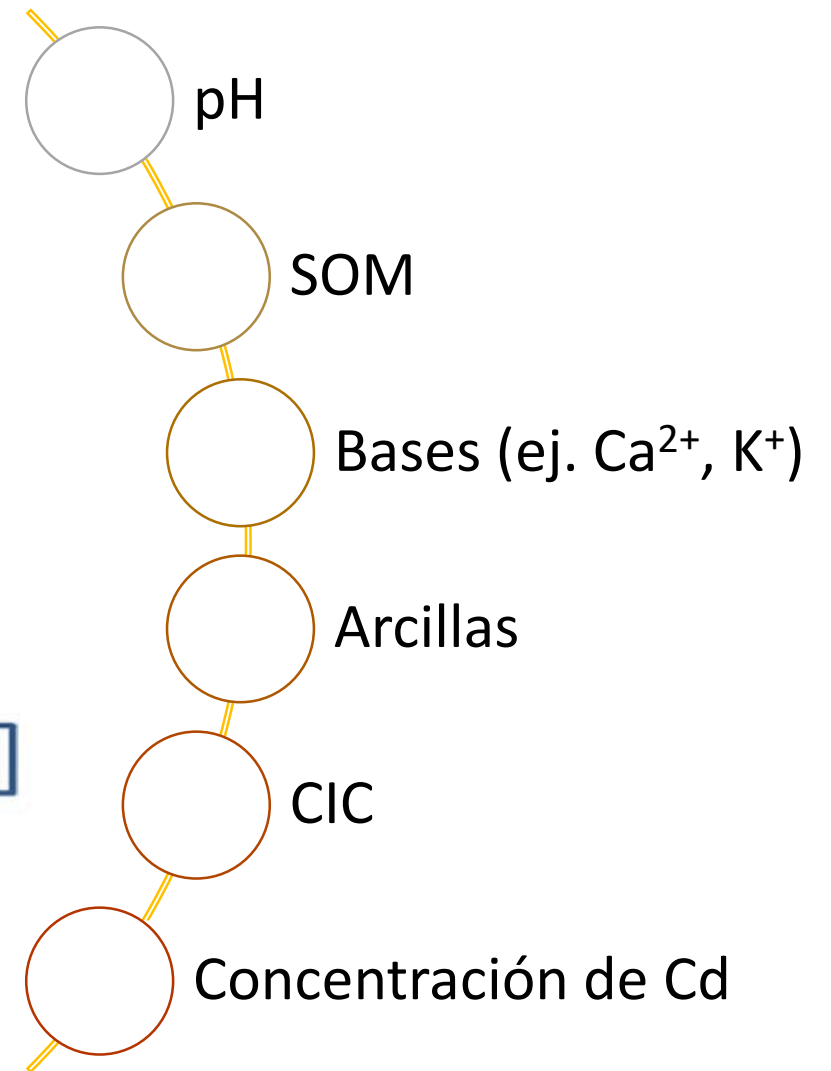
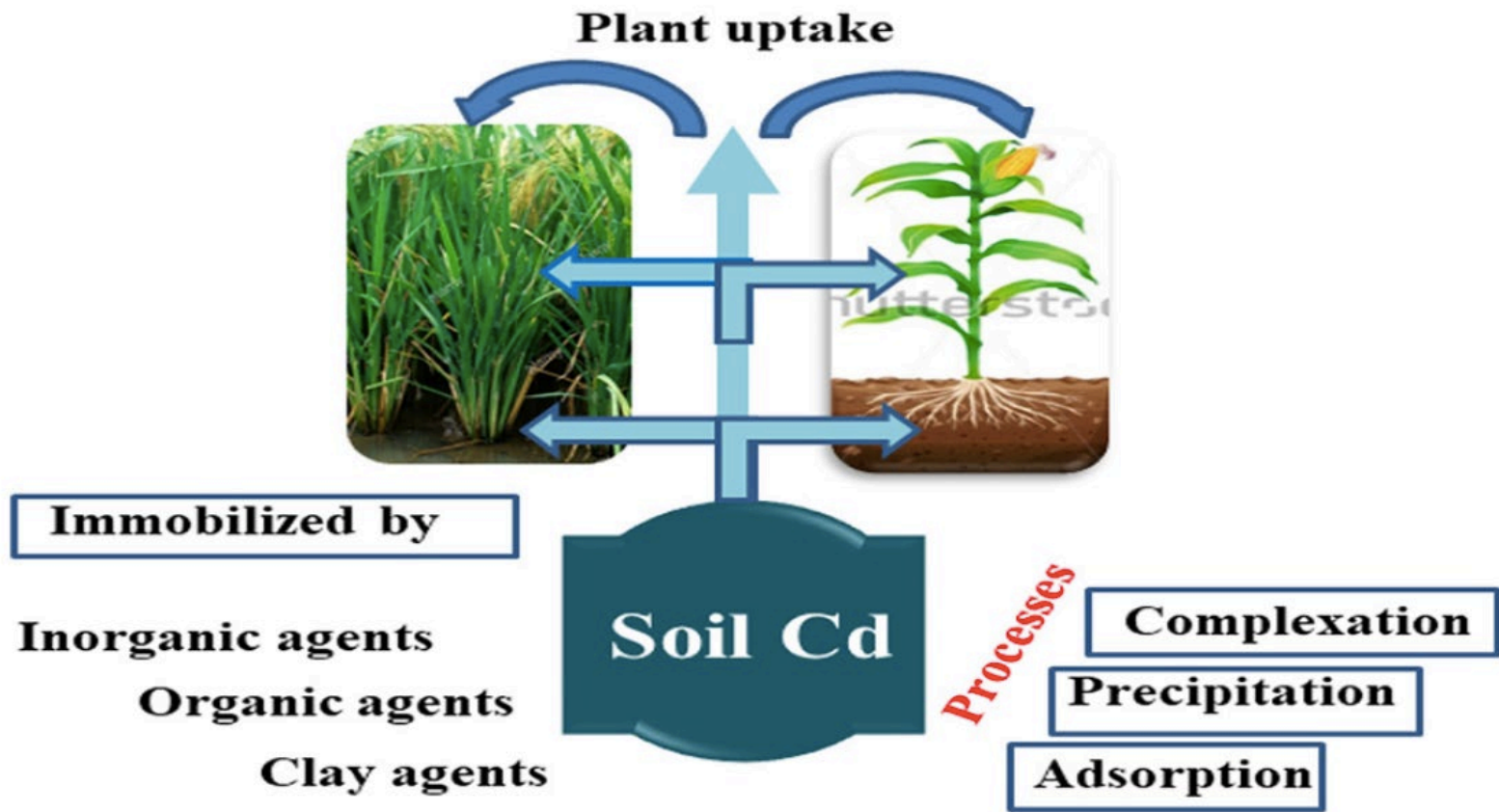


- ① Origen de las enmiendas – sostenible
- ② Reincorporación de materiales al suelo
- ③ Mejorar otros aspectos del suelo. Ej. Fertilidad

**Residuos agroindustriales**



(Hamid et al., 2019)



(Hamid et al., 2019)

# Casos de estudio

## Suelos Colombianos

- Inorgánicas
- Orgánicas

# Orgánicas



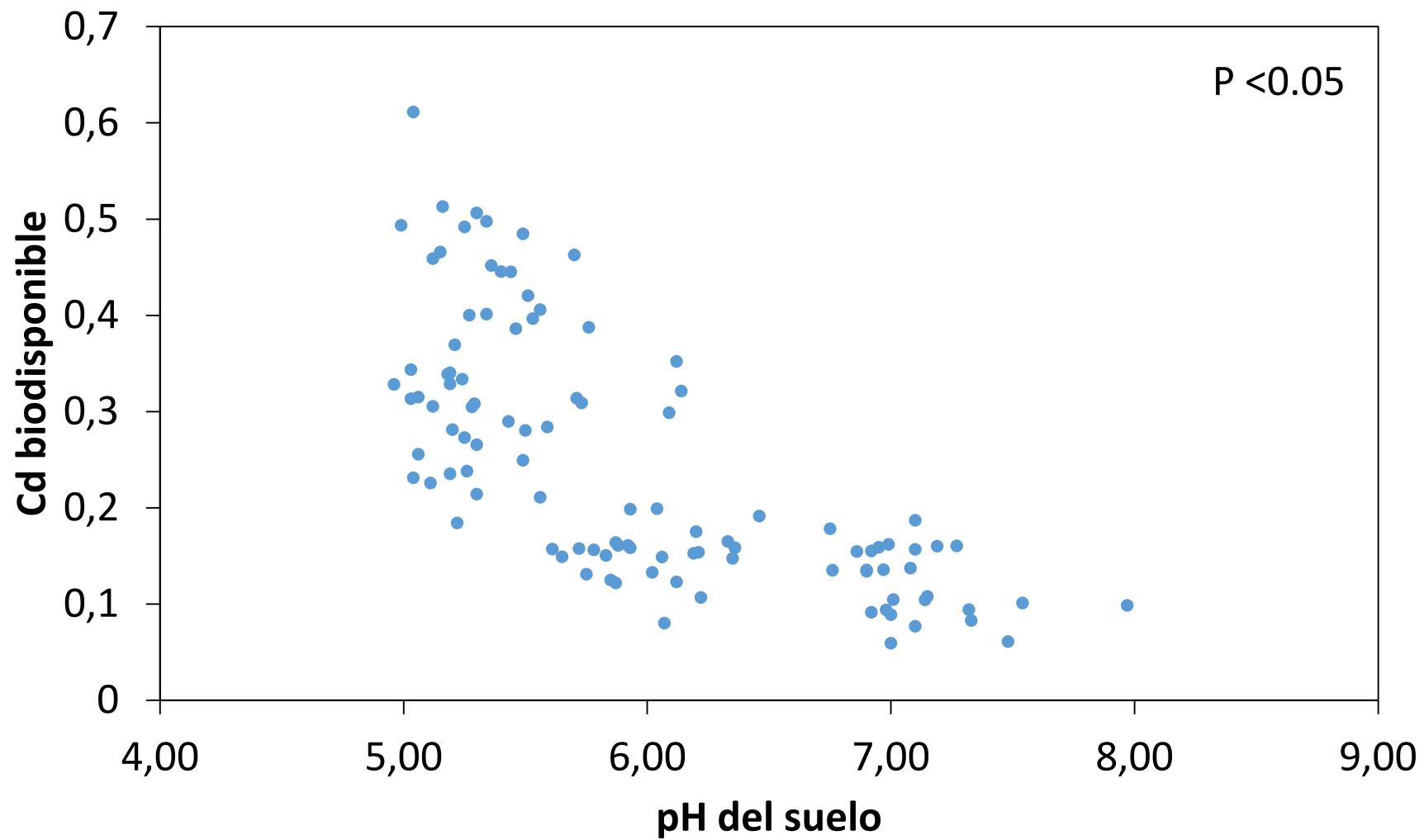
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA



SOBIOTECH



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

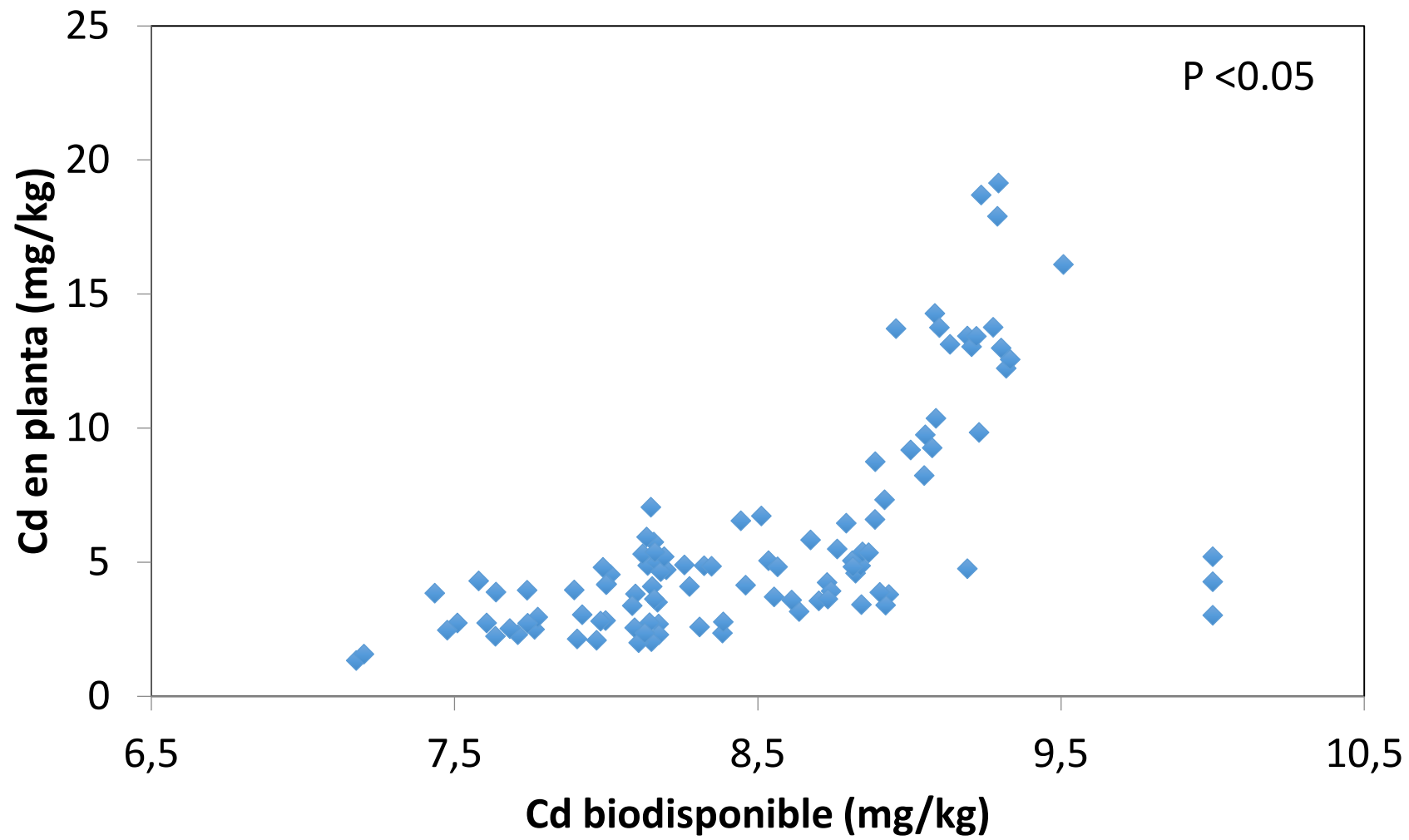


Fuente: autor



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA



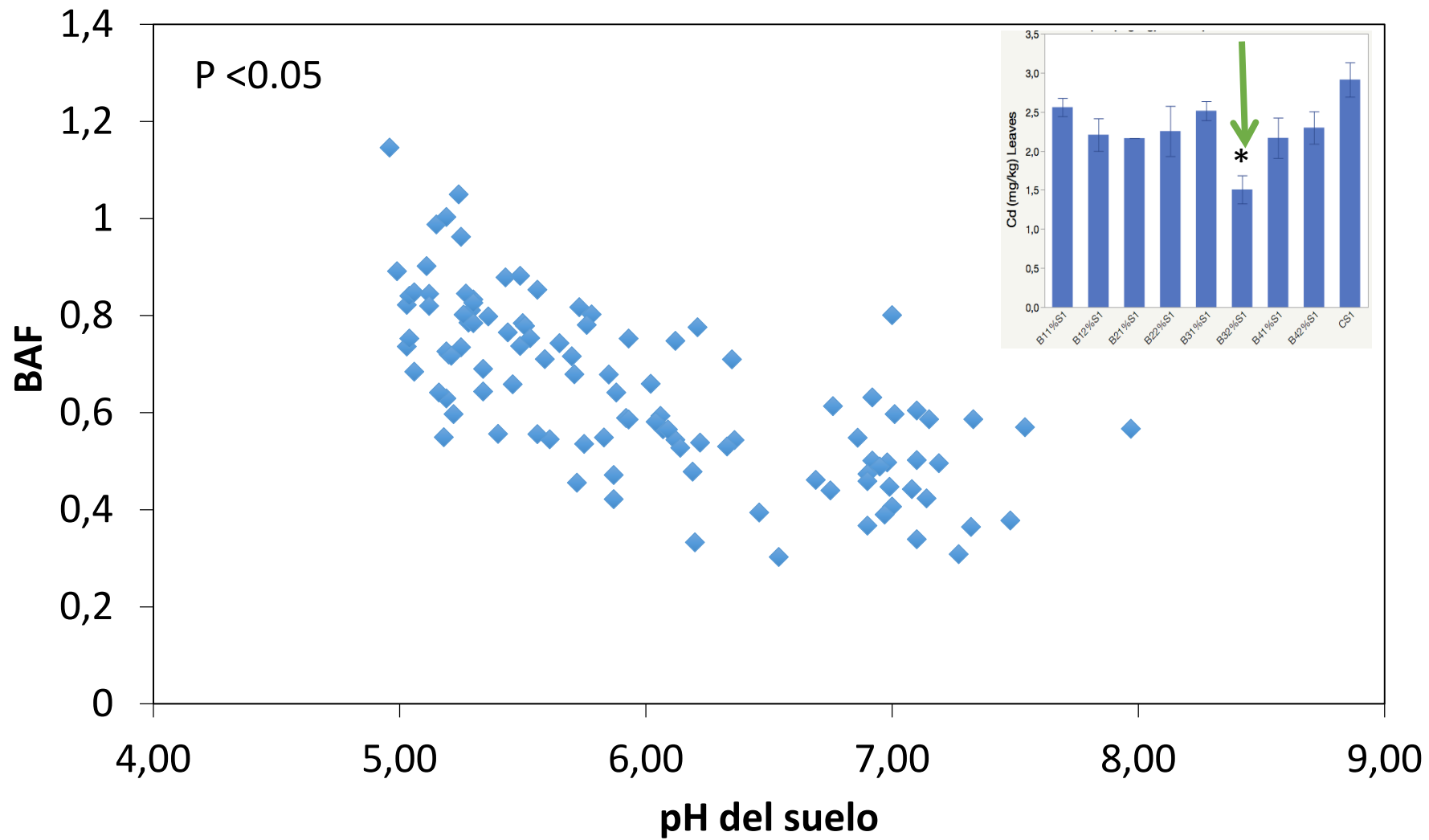


Fuente: autor

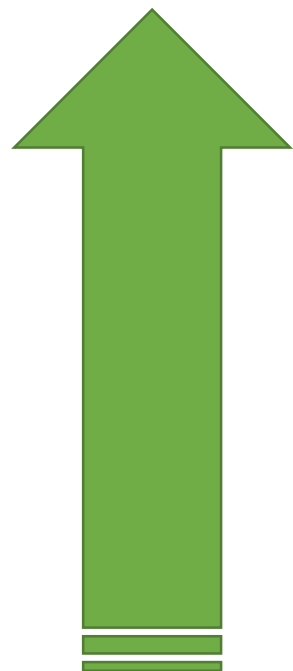


UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA





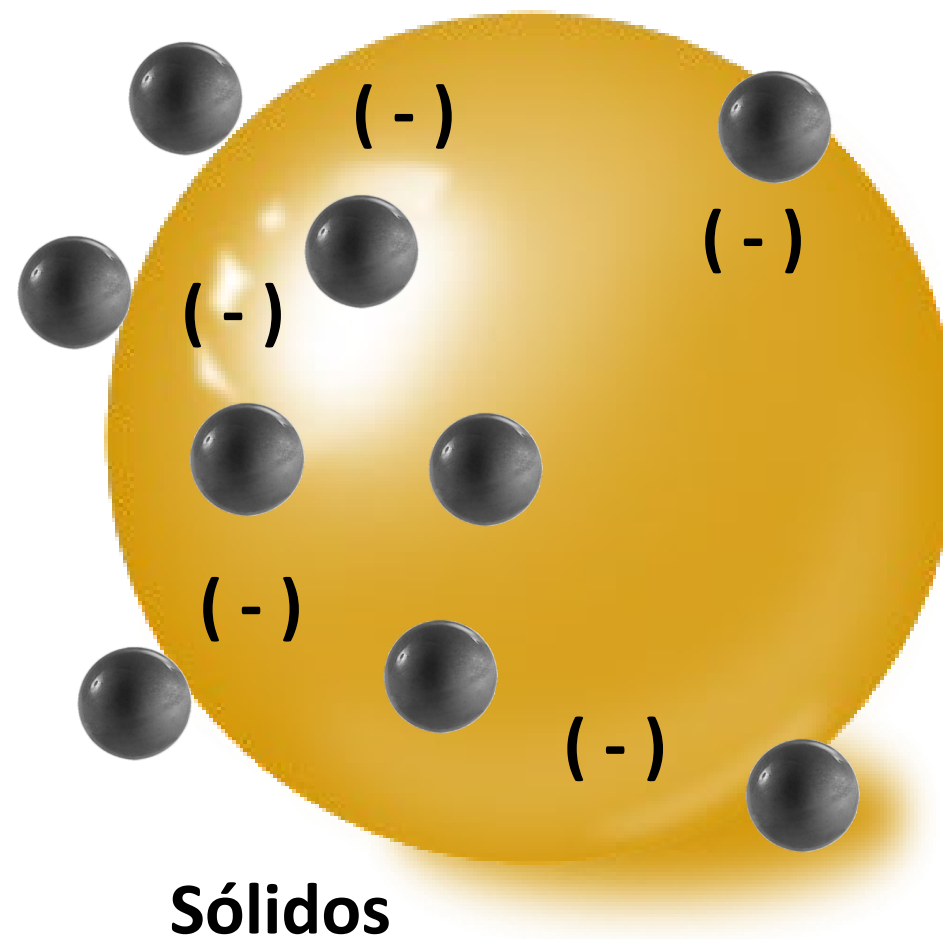
Fuente: autor



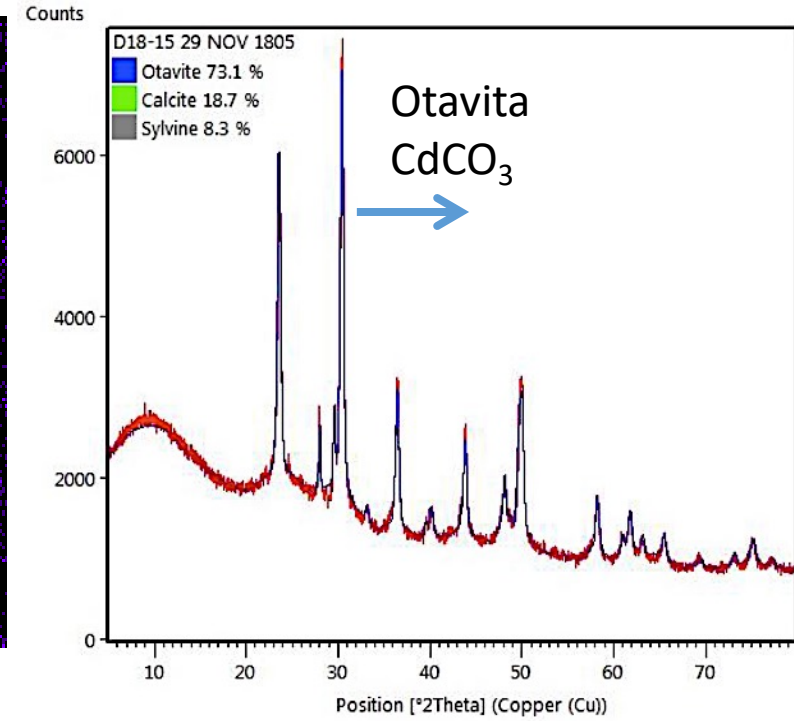
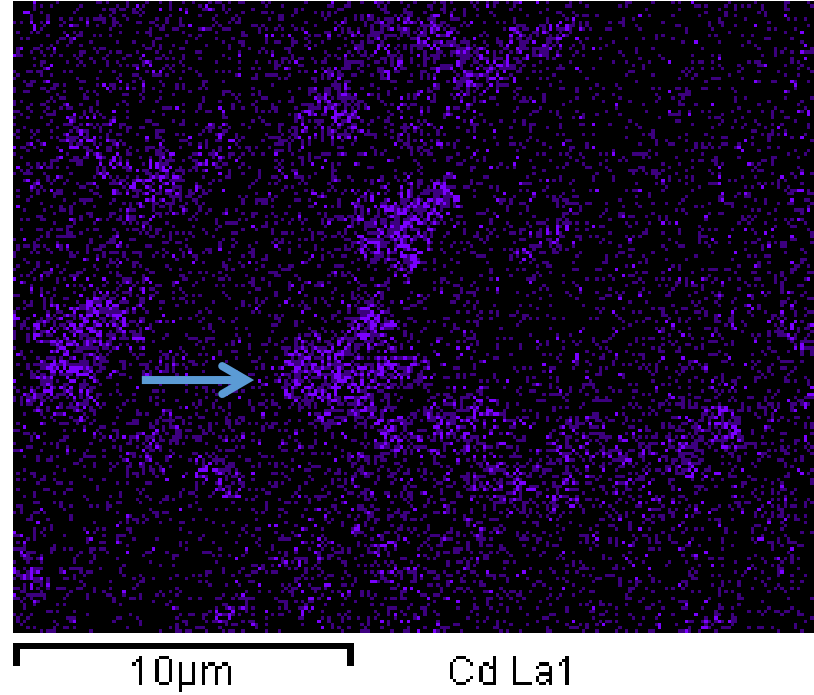
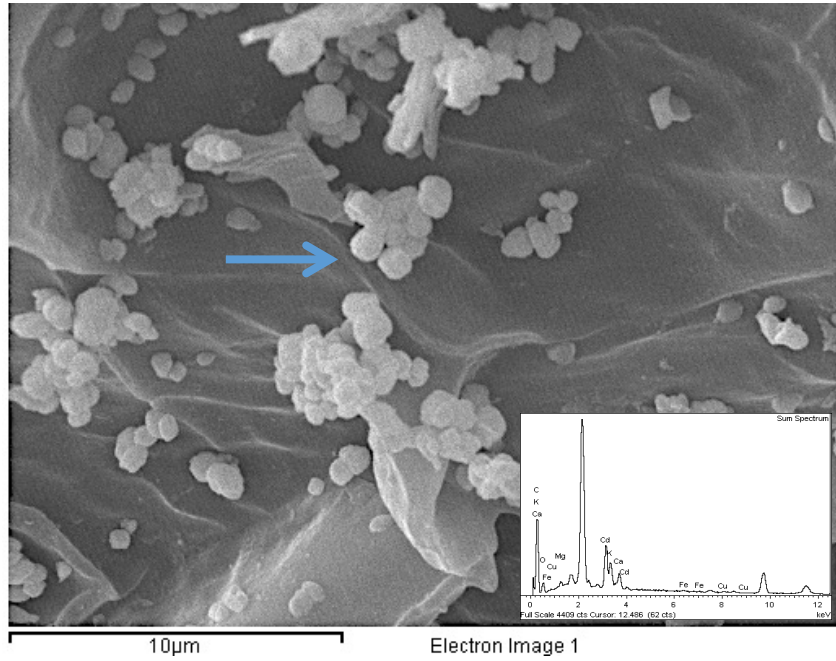
pH  
5,5 – 7,6

CIC  
SOM

Solución del suelo



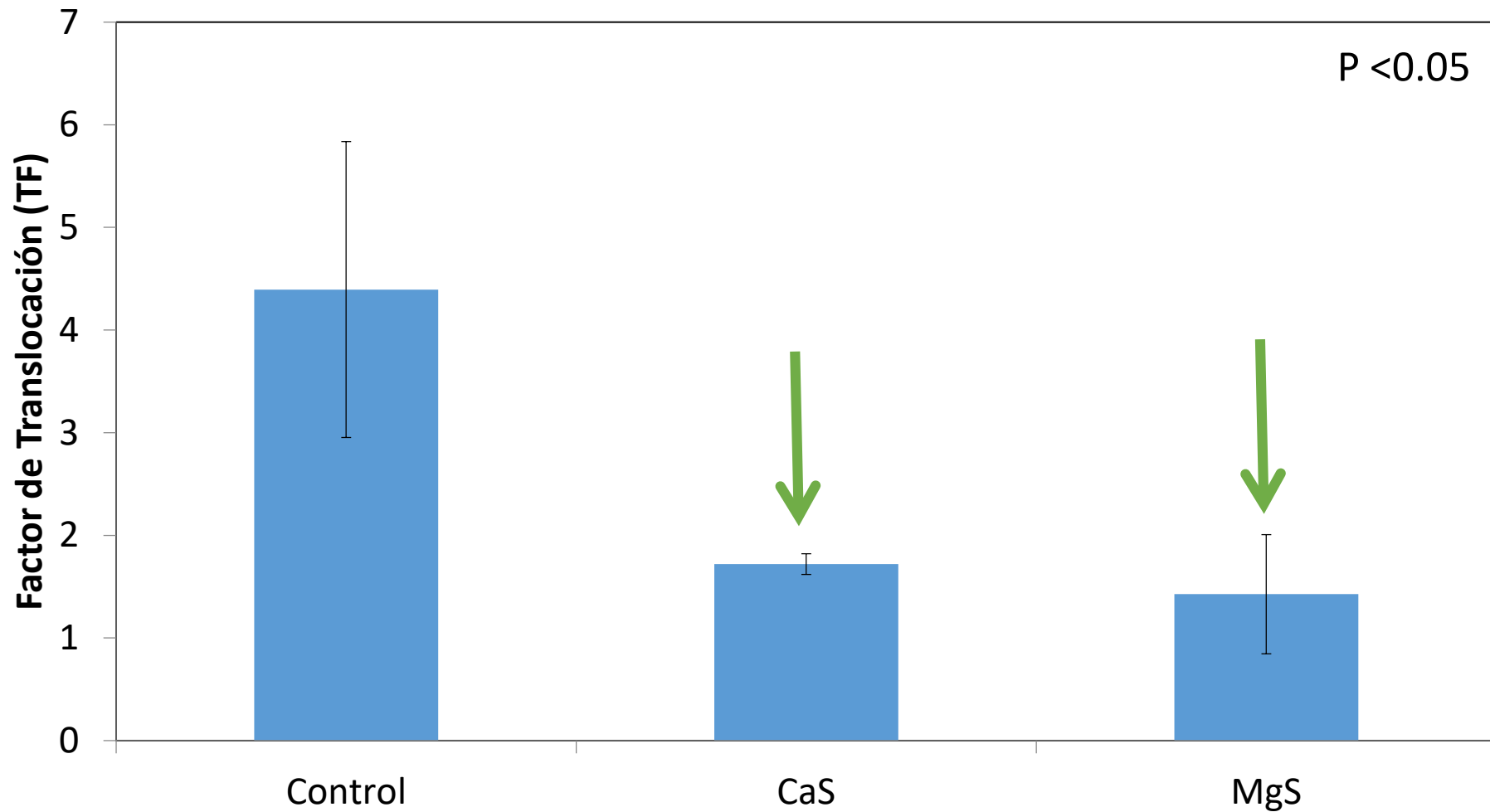
Fuente: autor



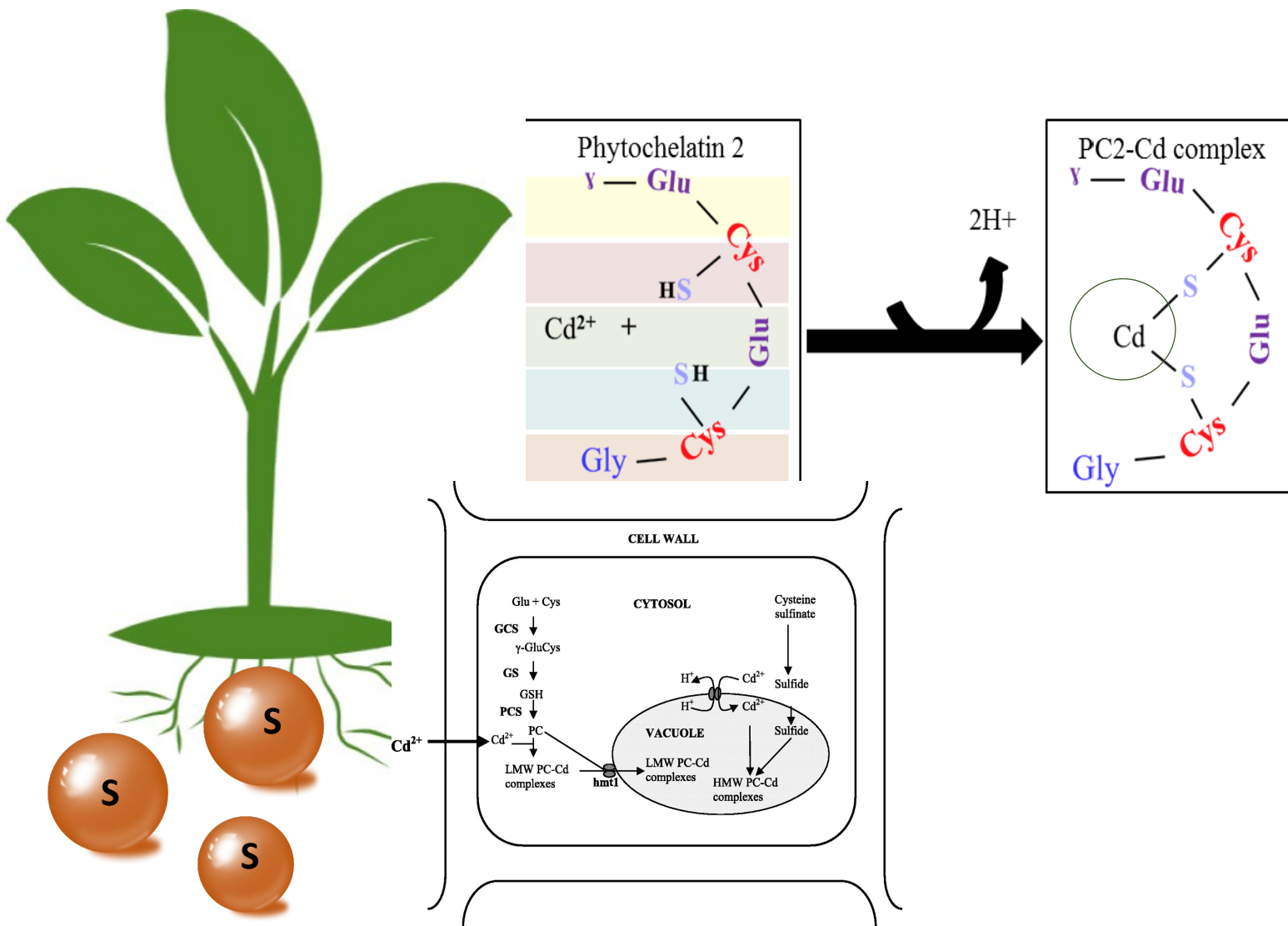
# Inorgánicas



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA



Fuente: autor

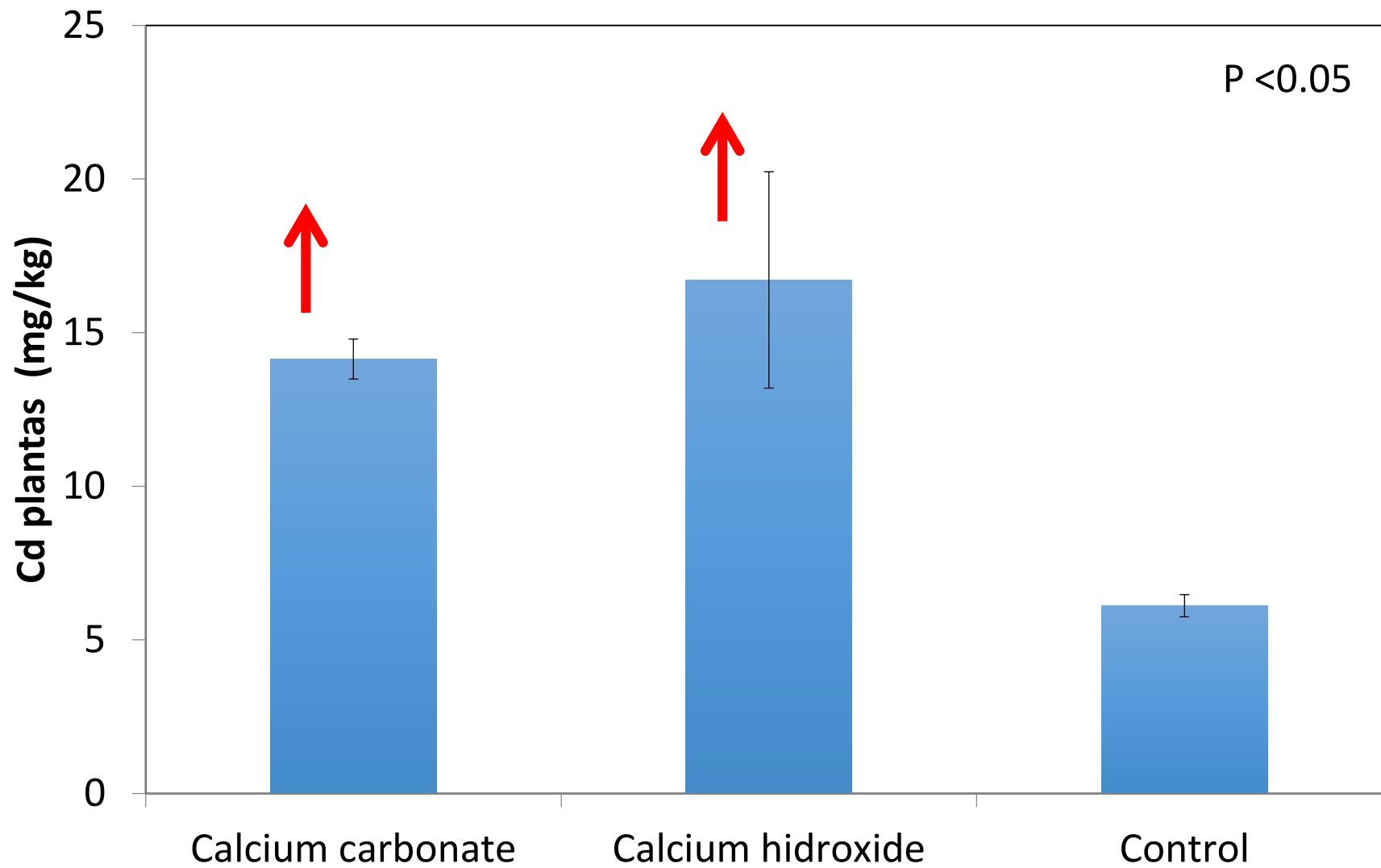


# Fitoquelatinas

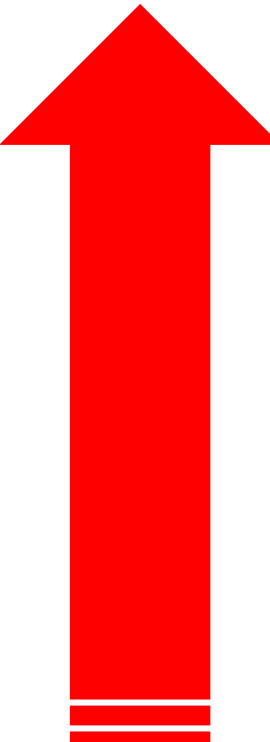
Secuestro de Cd –  
grupos Tiol (-SH)

Disminuye el TF

(Szarka et al., 2013)



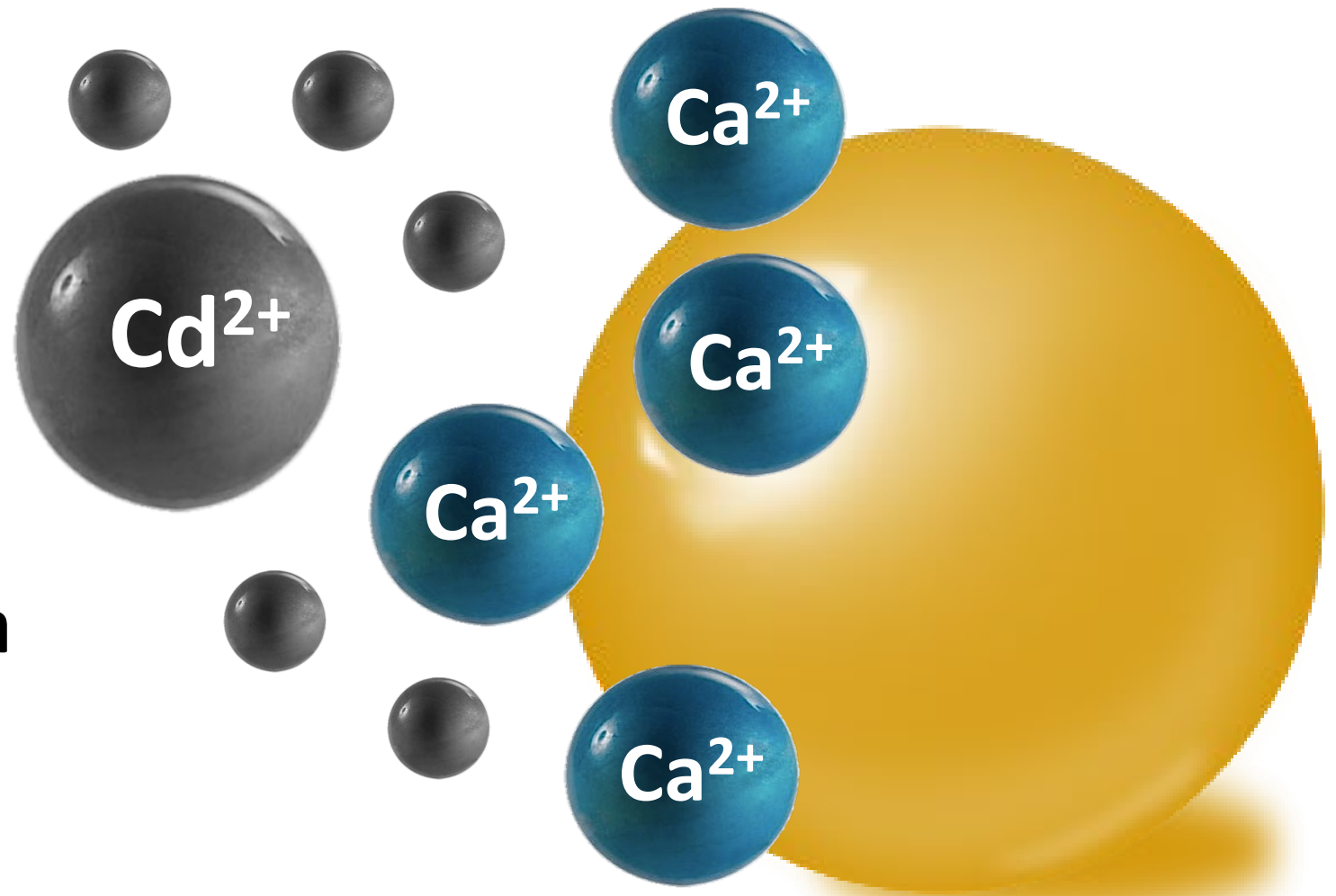




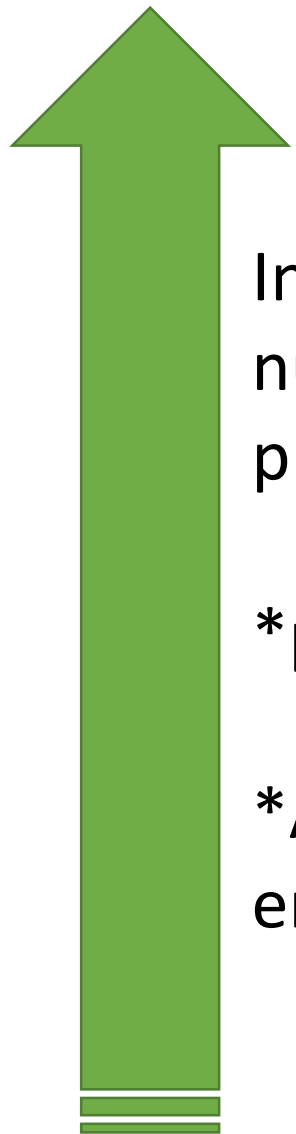
**pH**  
4,5 - 6,0

**%Saturación Ca**

**Incremento  
biodisponibilidad**



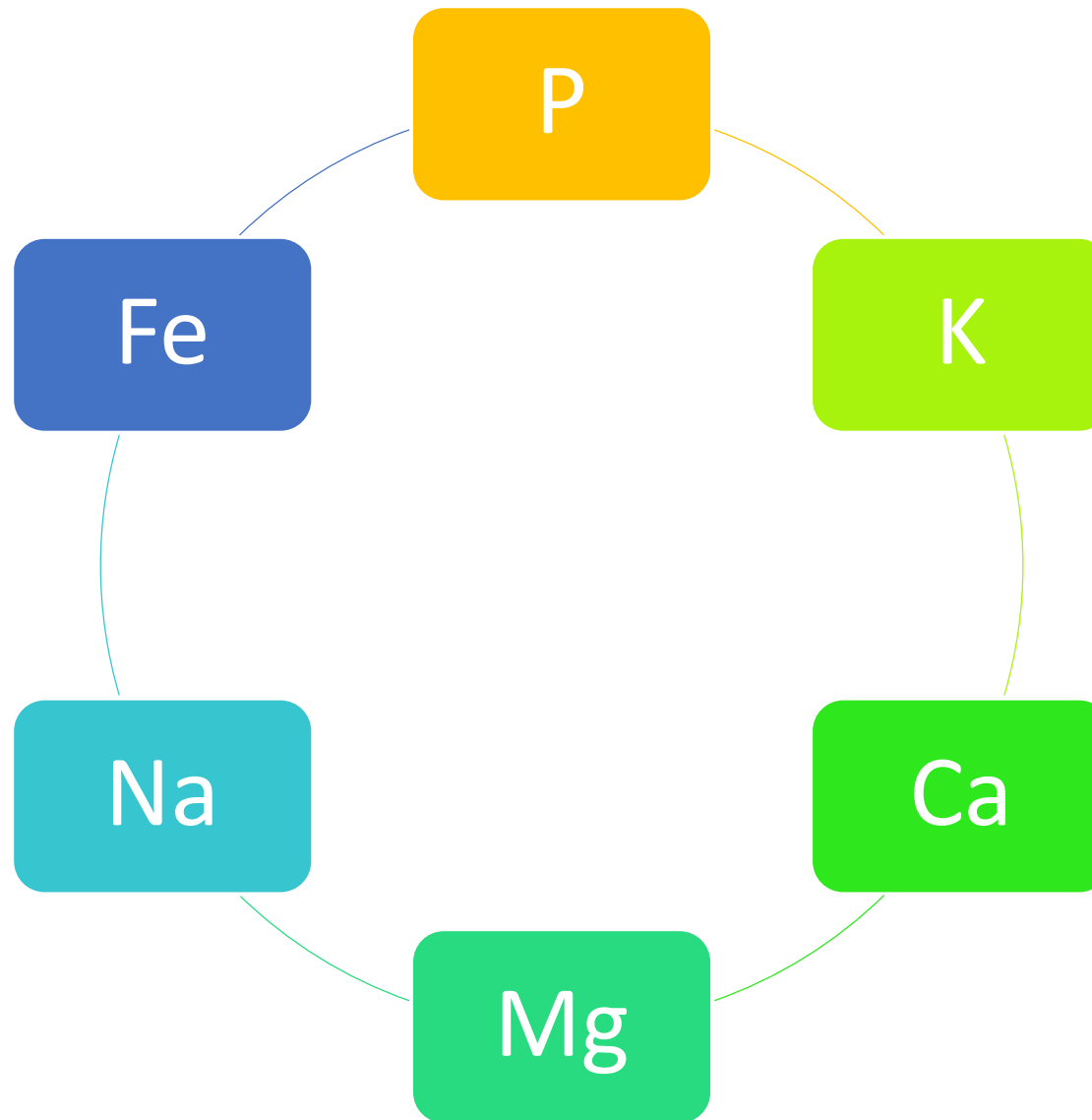
(Bolan et al; 2003; Mortensen et al., 2018)



Incrementos en la nutrición mineral de plantas. 20 – 40%

\*pH

\*Aportes de las enmiendas



Fuente: autor

# Conclusiones

- ① Los suelos tropicales por sus condiciones de acidez presentan mayor concentración de Cd biodisponible.
- ② El uso de enmiendas es una alternativa con potencialidades para disminuir la acumulación de Cd en alimentos.
- ③ Debe ajustarse la alterativa de tratamiento al tipo de enmienda – suelo – planta.
- ④ Es posible mejorar la nutrición mineral de las plantas de manera paralela al tratamiento de suelos.

# Gracias

[jelopez@udem.edu.co](mailto:jelopez@udem.edu.co)



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA