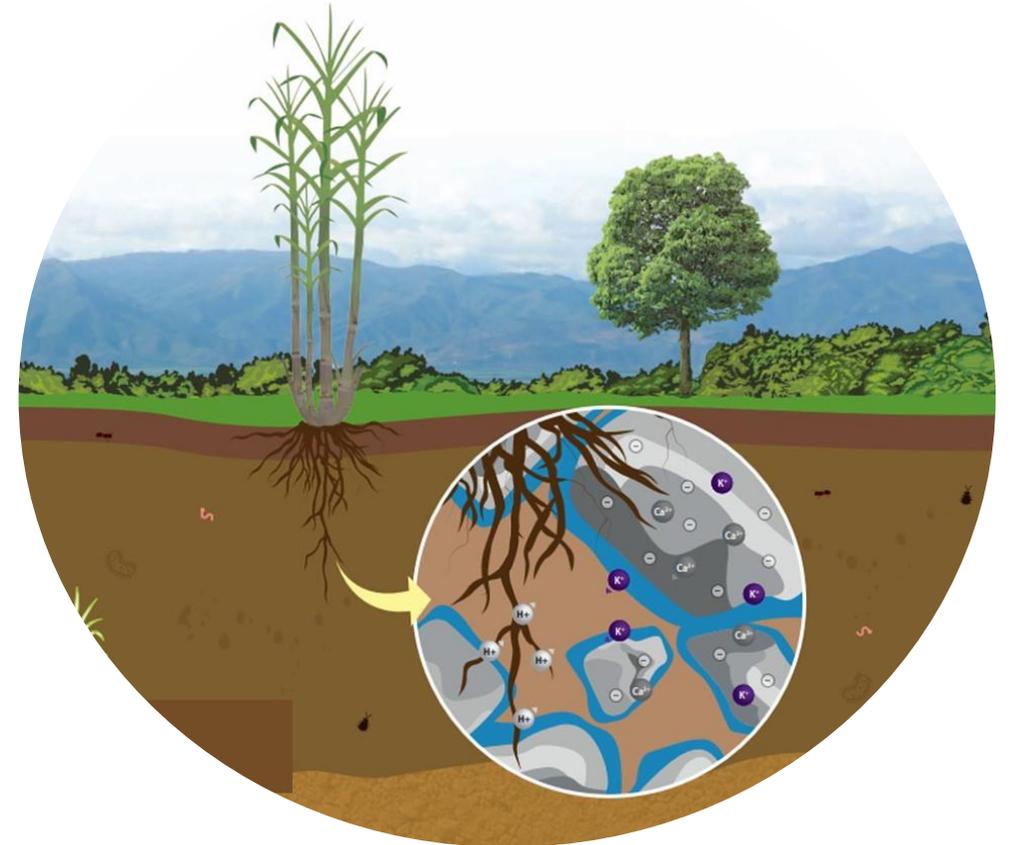


Conceptos básicos del suelo para la nutrición del cultivo de la caña

Edgar Hincapié Gómez
Ingeniero Agrónomo, PhD.

Cenicaña
Programa Agronomía
Suelos y Aguas



Conceptos básicos del suelo para la nutrición del cultivo de la caña



- Tipos de suelo, clasificación, propiedades físicas y químicas, zonificación agroecológica
- Requerimiento de nutrientes y de agua del cultivo de la caña
- Muestreo de suelos para análisis químico (fertilidad)



El Suelo

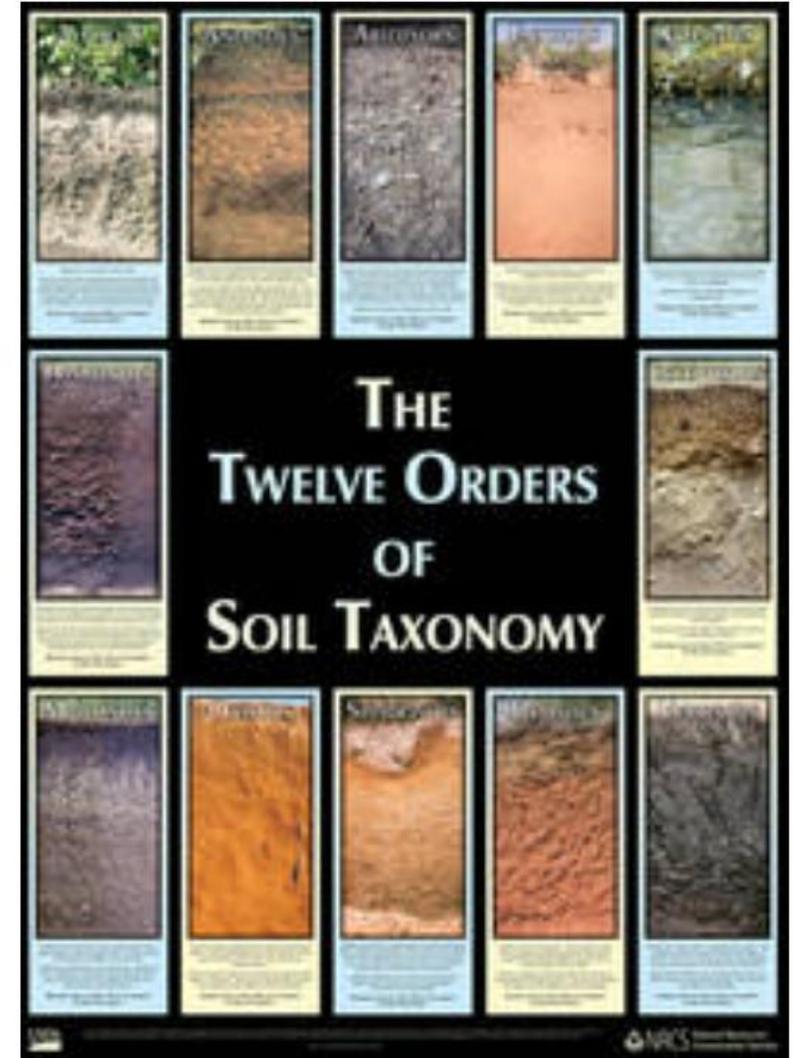
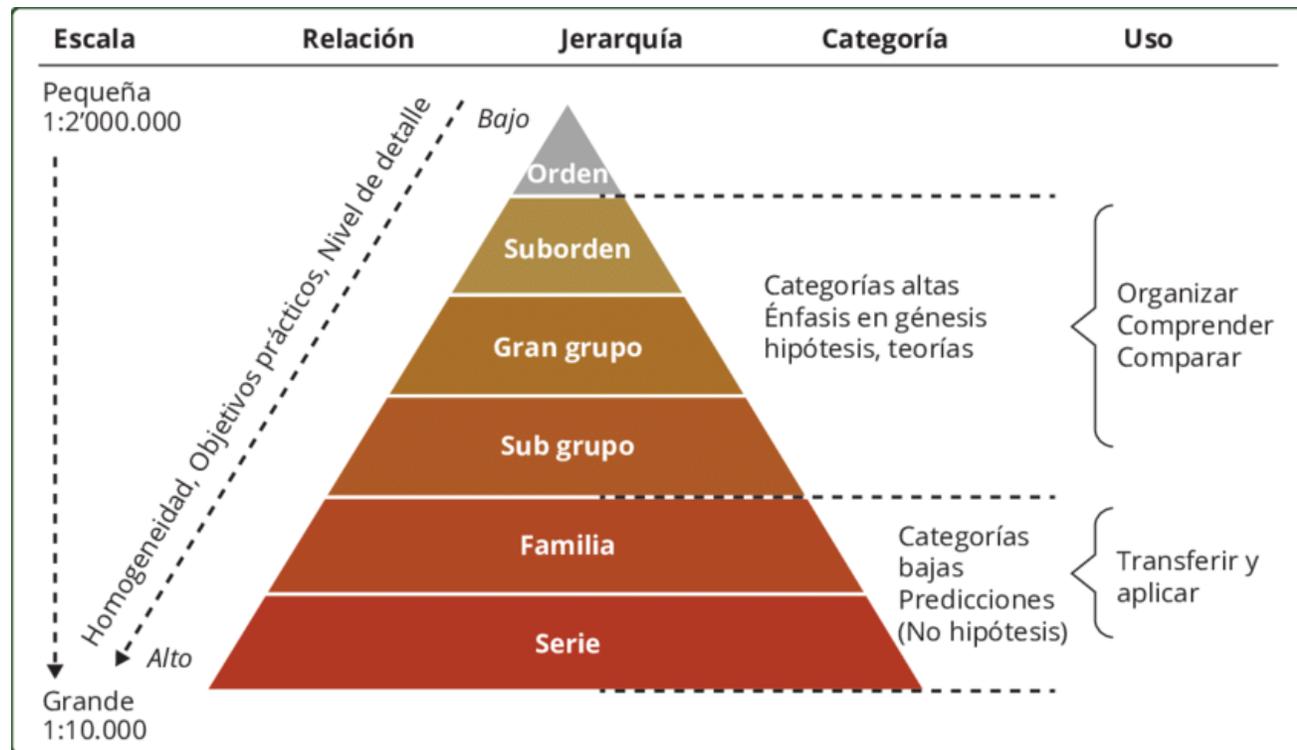
Sistema de gran complejidad y muy heterogéneo conformado por materiales sólidos (minerales y orgánicos), líquidos y gaseosos.

La composición, organización y proporción como estos materiales se encuentren, determinan sus propiedades, las cuales le confieren la capacidad para satisfacer en mayor o menor grado, algunas de las necesidades vitales de las plantas durante su crecimiento y desarrollo.

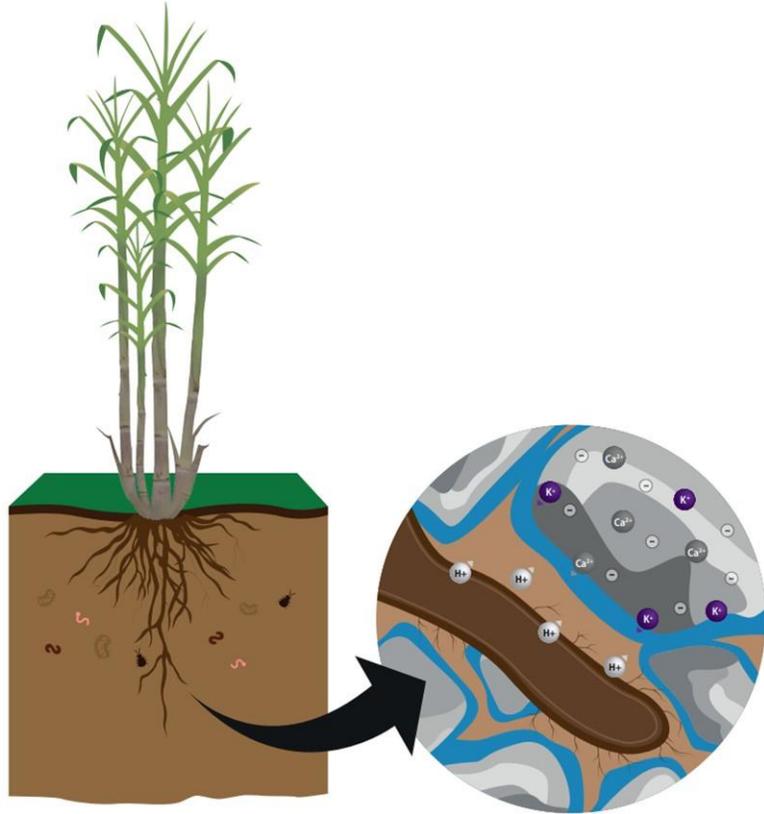


Clasificación de los suelos

Sistema de clasificación sigue un modelo jerárquico con el fin de agrupar suelos similares en categorías muy generales



Propiedades físicas de los suelos



Entre las propiedades físicas más importantes que caracterizan a los suelos y su relación con el agua se encuentran

- La textura
- Estructura
- Porosidad
- Densidad aparente
- Conductividad hidráulica
- Capacidad de almacenamiento y retención de agua

Estas propiedades determinan la eficiencia de las prácticas de riego y drenaje.

Textura del suelo

Fracción granulométrica de las partículas del suelo según su diámetro.

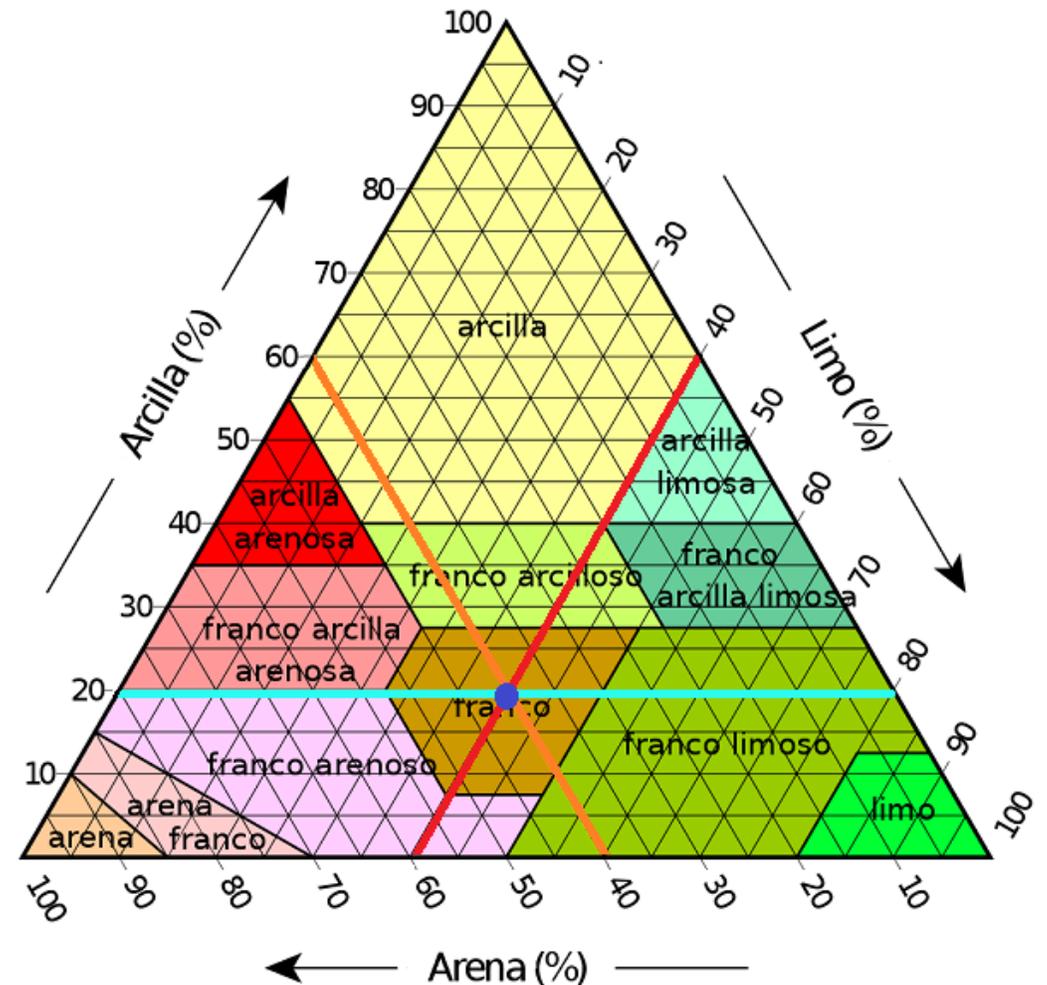
Nombre convencional	Diámetro de las partículas en mm	
	USDA*	ISSS**
Arena muy gruesa	2 – 1	--
Arena gruesa	1 – 0.5	2 – 0.2
Arena media	0.5 – 0.25	--
Arena fina	0.25 – 0.1	0.2 – 0.02
Arena muy fina	0.1 – 0.05	--
Limo	0.05 – 0.002	0.02 – 0.002
Arcilla	< 0.002	< 0.002



*USDA (Departamento de Agricultura de Estados Unidos), ** ISSS (Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo)

Textura del suelo

Está determinada por el contenido mineral del suelo e indica la proporción de partículas sólidas de diferente tamaño como arenas, limos y arcillas

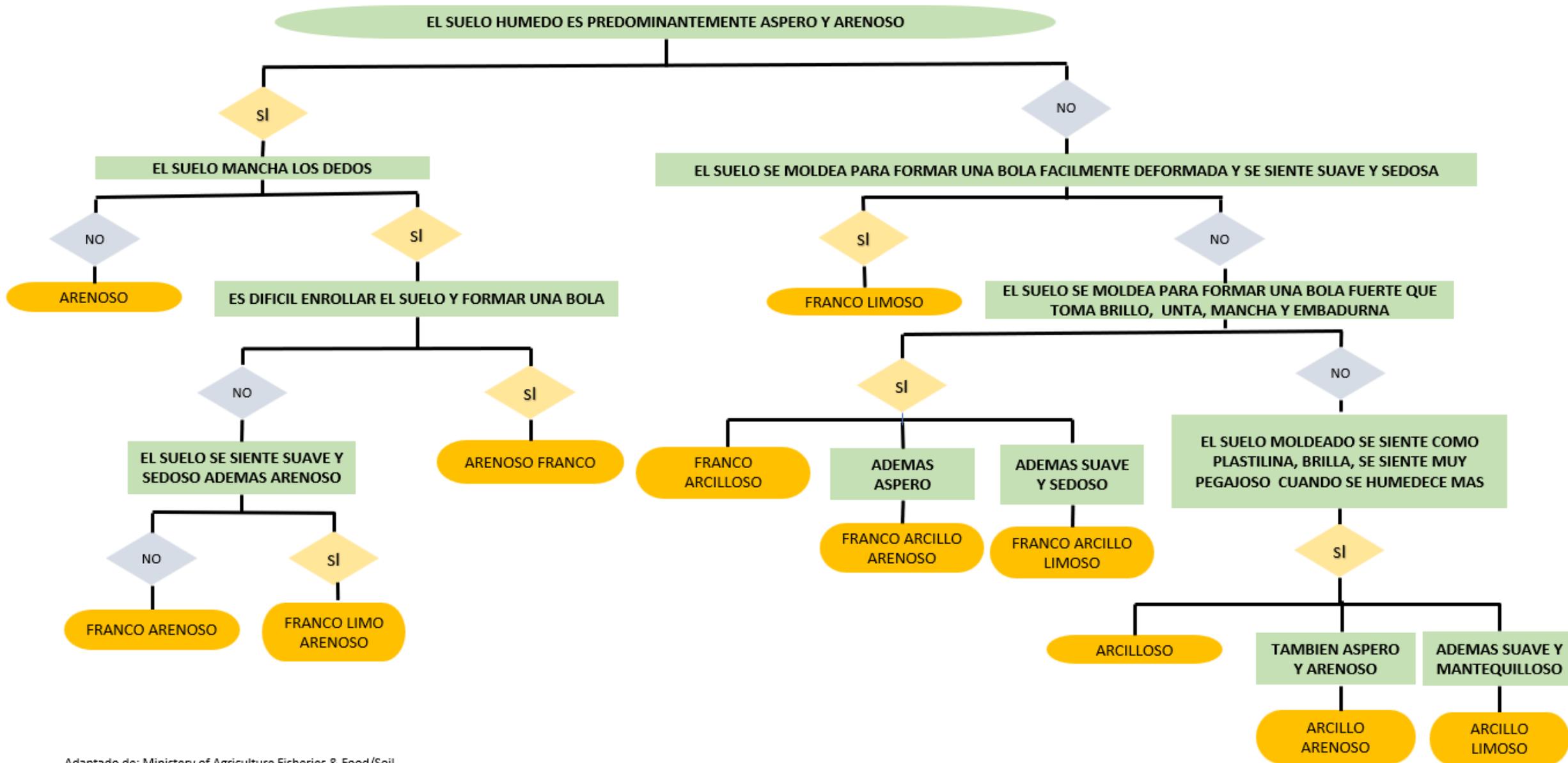


Textura del suelo

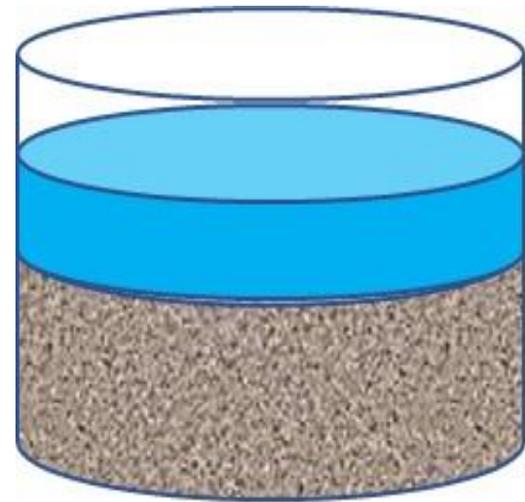
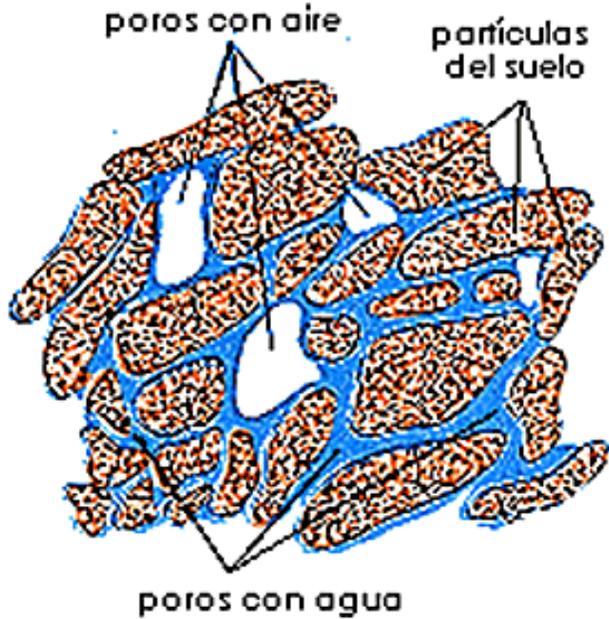
Clasificación textural según USDA.

Nombre general	Arena	Limo	Arcilla	Clase textural	
	%				
Textura gruesa	86-100	0-14	0-10	Arenoso	Arenosos
	70-86	0-30	0-15	Arenoso franco	
Textura moderadamente gruesa	50-70	0-50	0-20	Franco arenoso	Francos
Textura mediana	23-52	28-50	7-27	Franco	
	20-50	74-88	0-27	Franco limoso	
	0-20	88-100	0-12	Limoso	
Textura Moderadamente fina	20-45	15-52	27-40	Franco arcilloso	
	45-80	0-28	20-35	Franco areno arcilloso	
	0-20	40-73	27-40	Franco limo arcilloso	
Textura fina	45-65	0-20	35-55	Arcillo arenoso	Arcillosos
	0-20	40-60	40-60	Arcillo limoso	
	0-45	0-40	40-100	Arcilloso	

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA CLASIFICACION TEXTURAL DE UN SUELO



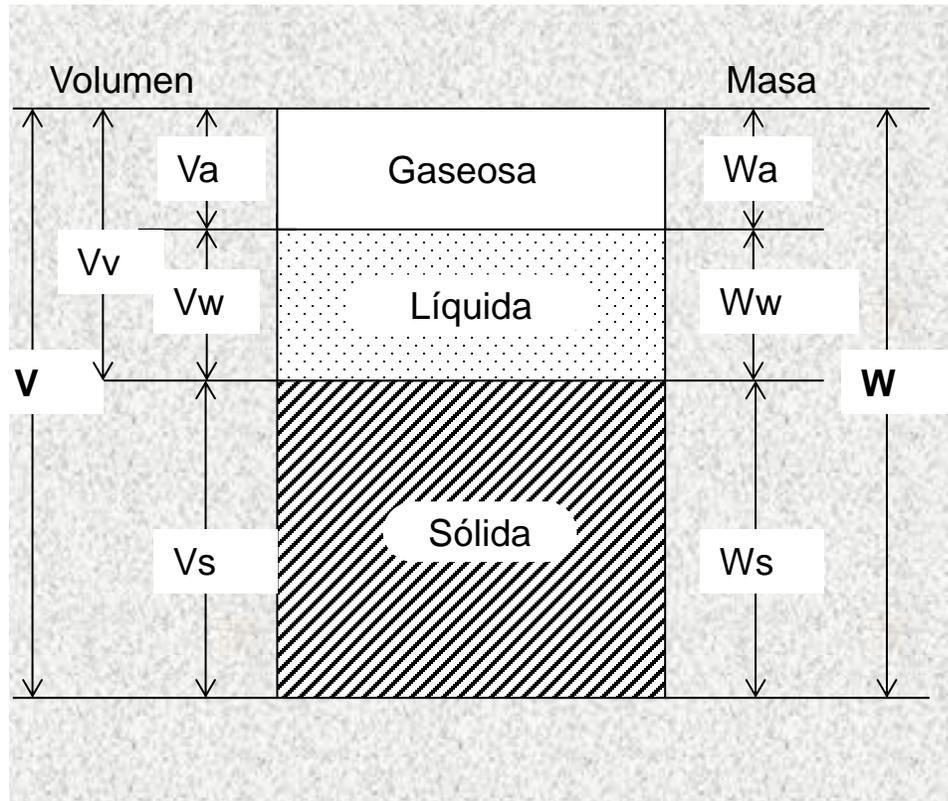
Constituyentes del suelo



Agua + espacio poroso = 50 %

Fracción mineral + Materia orgánica = 50 %

Cantidad relativa de agua en el suelo



$$\theta = \frac{V_w}{V}$$

(Contenido volumétrico de agua, %, $\text{m}^3.\text{m}^{-3}$)

$$w = \frac{W_w}{W_s}$$

(Contenido gravimétrico de agua, %, $\text{kg}.\text{kg}^{-1}$)

$$S_a = \frac{V_w}{V_v}$$

(Grado de saturación, $\text{m}^3.\text{m}^{-3}$)

$$\rho_a = \frac{W_s}{V}$$

(Densidad aparente, $\text{g}.\text{cm}^{-3}$, $\text{Mg}.\text{m}^{-3}$)

$$\rho_s = \frac{W_s}{V_s}$$

(Densidad de partículas, $\text{g}.\text{cm}^{-3}$, $\text{Mg}.\text{m}^{-3}$)

$$\eta = \frac{V_v}{V}$$

(Cantidad relativa de poros, $\text{m}^3.\text{m}^{-3}$)

Humedad del suelo

Indicador de la cantidad de agua almacenada en el suelo

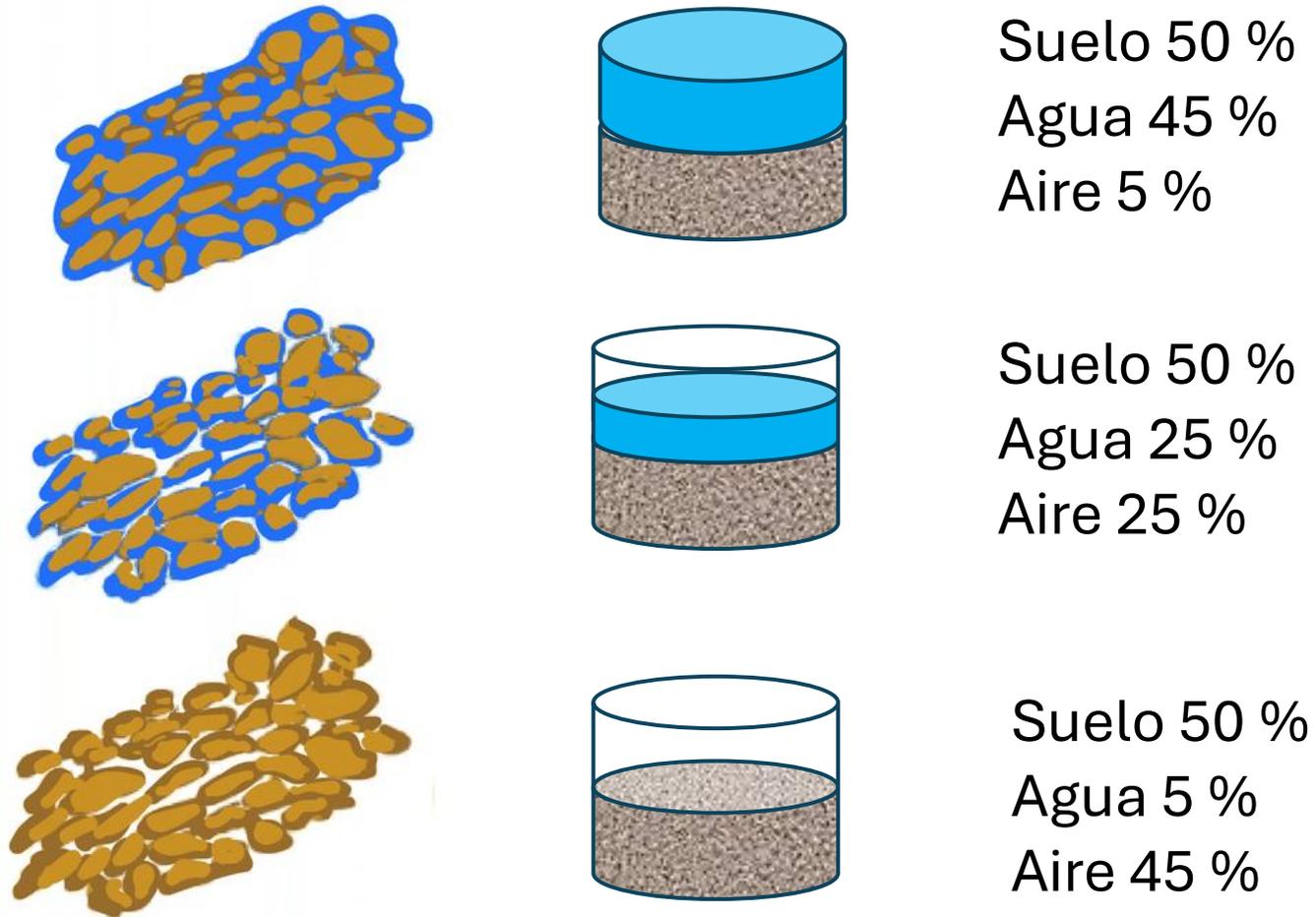
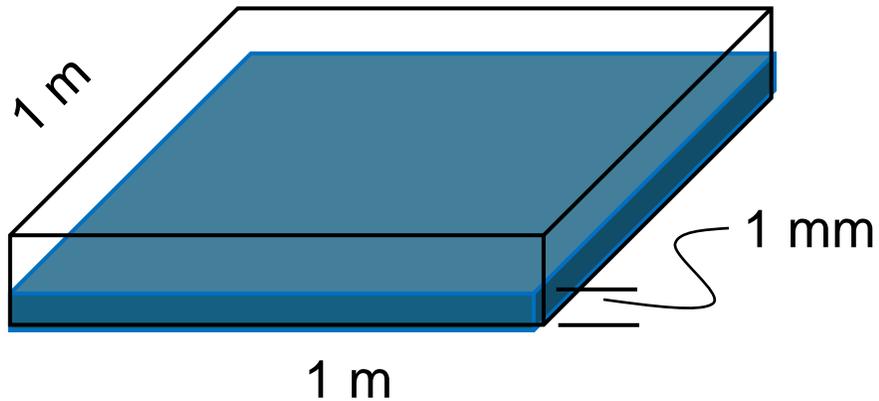


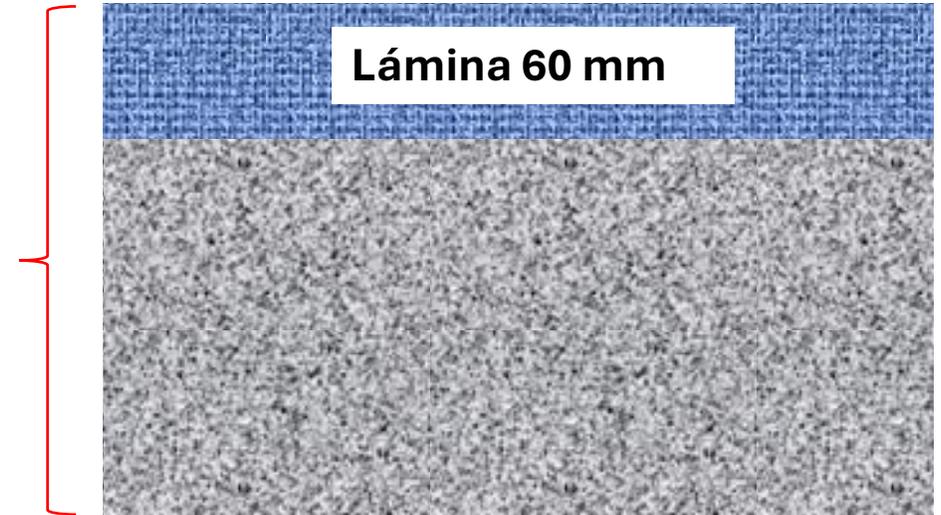
Lámina de agua

Es una medida de cantidad de agua

**1 mm de agua equivale
a 1 litro en 1 m²**



Suelo
60 cm de
profundidad



Estructura del suelo

La estructura se caracteriza en función del grado de agregación, la clase (tamaño) y el tipo de agregación (forma).

El grado de estructura = Intensidad de la agregación, esta es afectada por el contenido de humedad del suelo, por lo cual debe determinarse cuando el suelo no esté muy húmedo o muy seco

Existen cuatro grados de estructura entre 0 y 3, donde 0 corresponde a un suelo sin estructura (similar a la arena) y 3 a una estructura fuerte (agregados bien formados).

Estructura del suelo

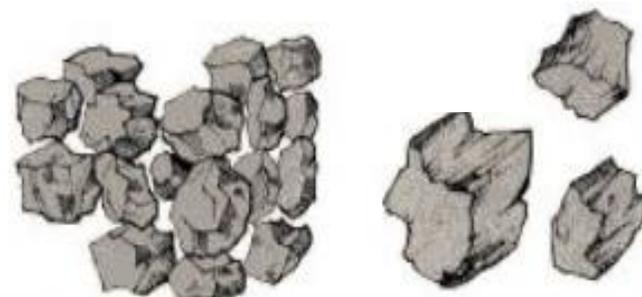
La clase de estructura define el tamaño medio de los agregados individuales en cinco clases: Muy fina o muy delgada, fina o delgada, mediana, gruesa o espesa y muy gruesa o muy espesa.

El tipo de estructura describe la forma o configuración de los agregados individuales así: Estructura granular, en bloques angulares y subangulares, prismática, columnar y laminar.

Estructura del suelo



Granular y migajosa



Bloques y bloques subangulares



Prismática y columnar

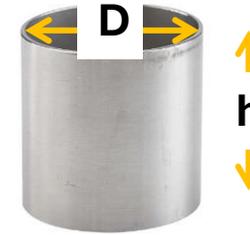


Laminar

Densidad aparente y real

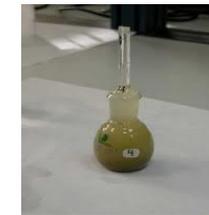
Densidad aparente (DA) = Relación entre el peso de los sólidos (P_s) y su volumen (V) en una muestra no disturbada

$$DA = \frac{P_s (g)}{V (cm^3)}$$



Densidad real = Relación peso (masa) sólidos y volumen que ocupan en estado compacto (sin considerar poros)

$$DR = \frac{P_s (g)}{V_p (cm^3)}$$

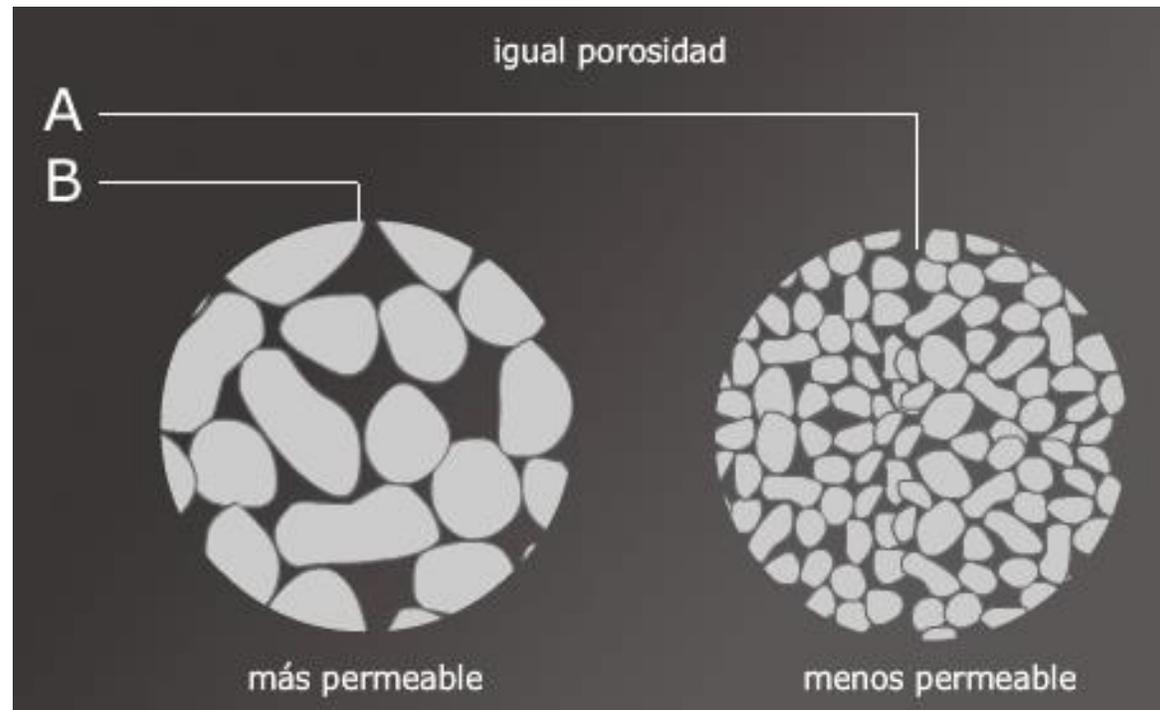


Picnómetro

Clase textural	DA (g.cm ³)
Arenoso	1,5 – 1,7
Franco	1,3 – 1,5
Arcilloso	1,0 – 1,3
Suelo volcánico	< 1,0

$$DR = 2,5 \text{ a } 2,7 \text{ g/cm}^3$$

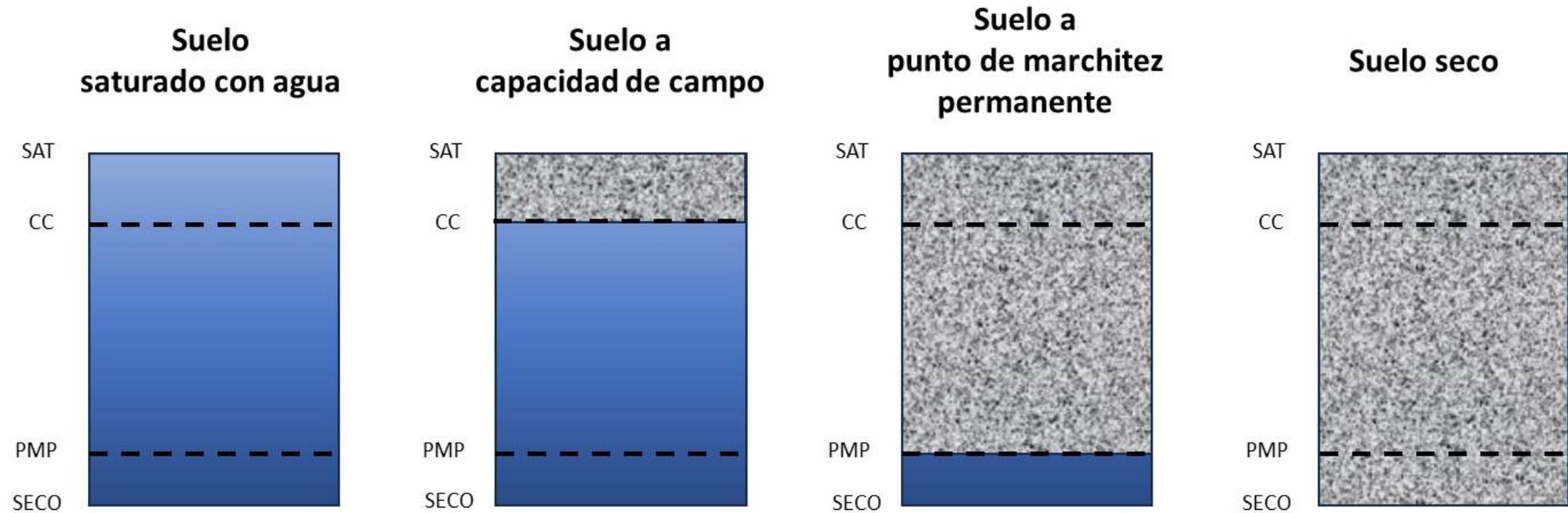
Porosidad total



Porosidad total: Relación entre volumen de vacíos (V_v) y el volumen total (V_t)

$$P_t = \frac{V_v}{V_t}$$

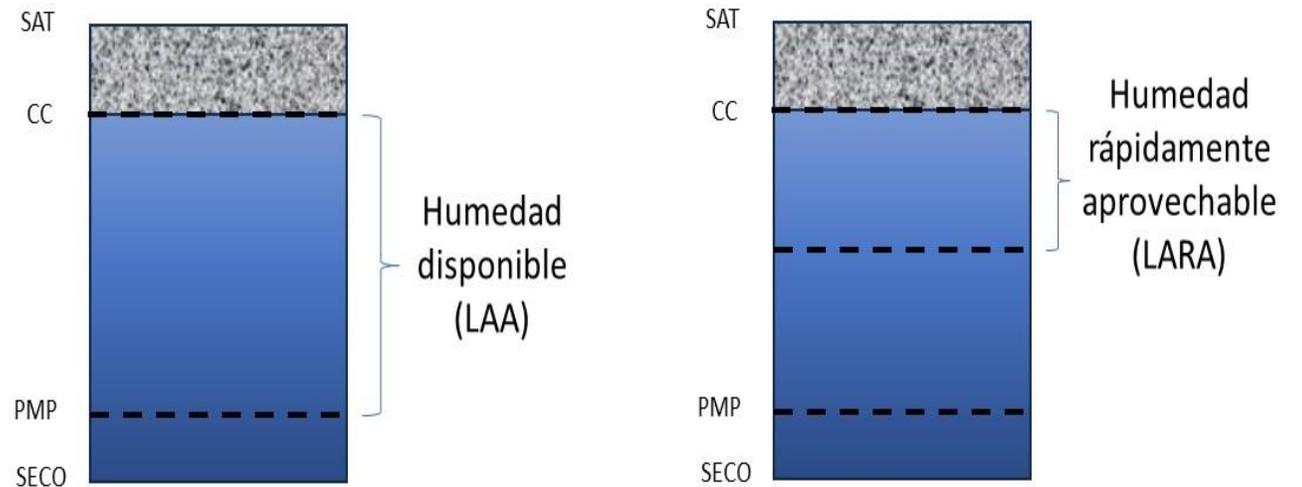
¿Cómo saber cuánta agua se puede almacenar en el suelo ?



¿Cómo saber cuánta agua se puede almacenar en el suelo ?

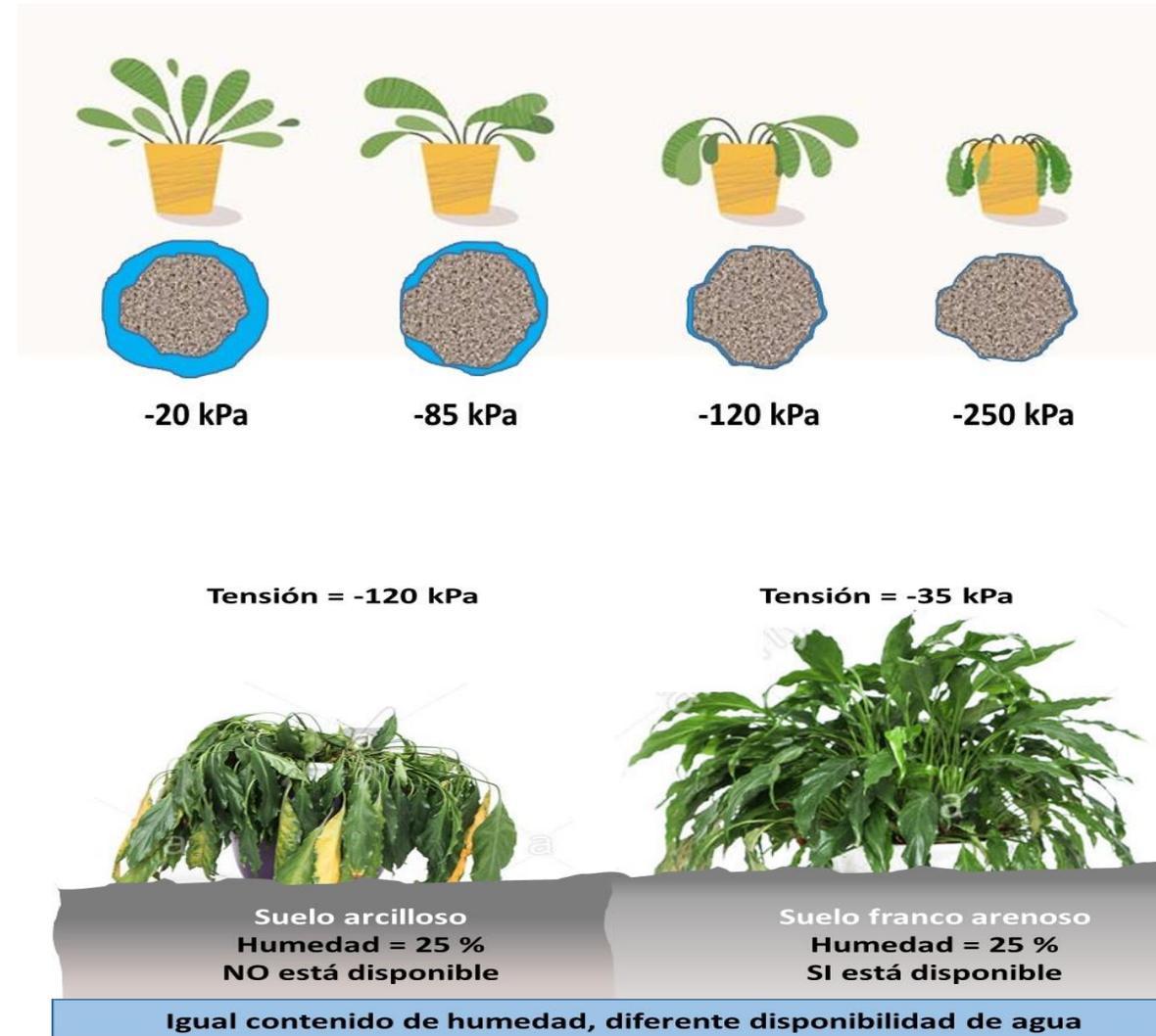
Teóricamente, las plantas pueden extraer el agua del suelo desde la condición de humedad a capacidad de campo, hasta la humedad a punto de marchitez permanente. **Esta variable se conoce como lámina de agua aprovechable (LAA).**

En la práctica, las plantas pueden extraer fácilmente una fracción de la LAA. Esta variable se conoce como lámina de agua rápidamente aprovechable (LARA)



Tensión del agua del suelo

Es una medida de la fuerza o succión con la cual la matriz del suelo retiene el agua, esta variable determina la disponibilidad de agua para los cultivos y equivale a la fuerza que deben hacer las plantas para poder extraer el agua del suelo

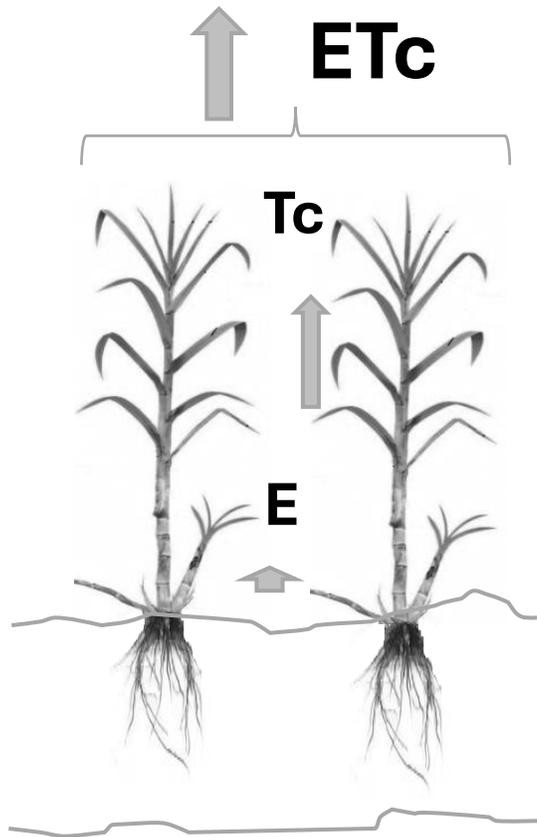


Requerimientos de agua y de nutrientes del cultivo de caña



Requerimientos de agua del cultivo de caña

Consumo de agua = Evaporación + Transpiración



La evaporación (E) y la transpiración (Tc) ocurren simultáneamente. No hay una manera sencilla de distinguir entre estos dos procesos

El clima, las características del cultivo, el manejo y el medio de desarrollo son factores que afectan la evaporación y la transpiración

¿ Cuánta agua consume el cultivo de la caña ?

- Consumo de agua por evapotranspiración (ETc) y en una pequeña fracción (1 a 2%) para formación de tejidos
- A escala mundial en un ciclo de 13 meses: **1400 a 1650 mm**
- En el valle del río Cauca: **1050 a 1300 mm**
 - ✓ Etapa de macollamiento (2-4 meses): **2.1 mm.día⁻¹**
 - ✓ Rápido crecimiento (4-10 meses): **3.1 mm.día⁻¹**

Fertilización del cultivo de caña

La nutrición de las plantas es un proceso fisiológico que se relaciona con las condiciones del clima, las propiedades del suelo y el manejo del cultivo

Factores climáticos	Factores del suelo	Factores del cultivo
Precipitación	Materia orgánica	Especie y variedad de cultivo
Cantidad	Textura	Calidad de la semilla
Distribución	Estructura	Época de la siembra
Temperatura del aire	Capacidad de intercambio catiónico	Densidad de siembra
Humedad relativa	pH y saturación de bases	Arreglo espacial de plantas
Luz	Pendiente y topografía	Evapotranspiración
Cantidad	Temperatura del suelo	Disponibilidad de agua
Intensidad	Factores de manejo del suelo	Nutrición
Duración	Labranza	Problemas fitosanitarios
Altitud/latitud	Drenaje	Insectos
Viento	Otros	Enfermedades
Velocidad	Profundidad efectiva (zona de raíces)	Arvenses
Distribución	Suministro de nutrientes	Eficiencia de cosecha
Concentración de CO ₂	Elementos tóxicos	Rotación de cultivos

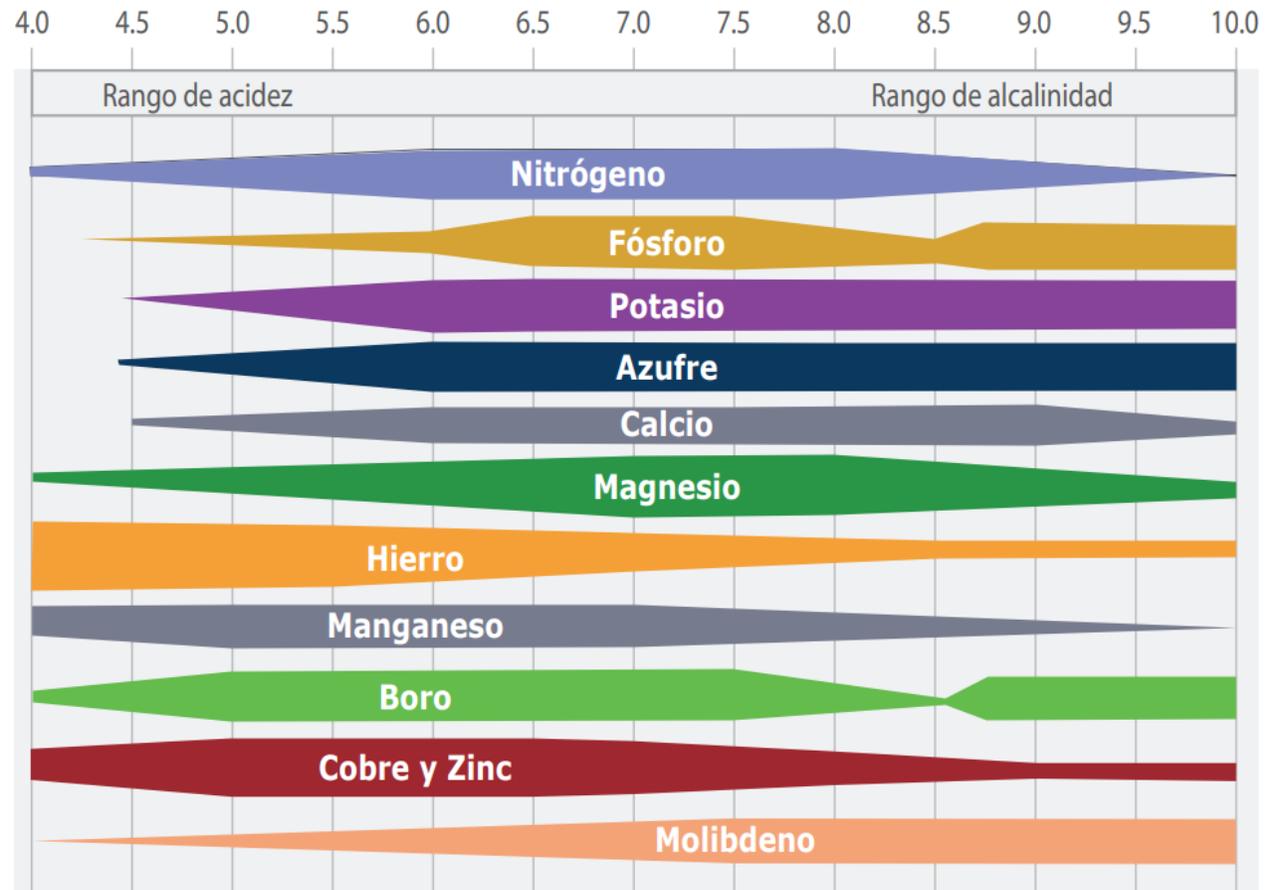
Tomado de: Nutrición del café. Sadeghian S., 2022 (Havlin et al., 2017).

Fertilización del cultivo de caña

Factores que se deben tener en cuenta para la fertilización del cultivo de caña

- Aplicar la dosis de fertilizante(s) adecuada
- Utilizar la fuente fertilizante adecuada
- Aplicar el fertilizante en el momento oportuno
- Aplicar el fertilizante en el sitio adecuado

Relación entre el pH del suelo y la disponibilidad de los principales nutrientes esenciales



Dosis de fertilizantes recomendadas por Cenicaña para La fertilización del cultivo de la caña en el valle del río Cauca

Nitrógeno

M.O. ¹ (%)	Drenaje del suelo					
	Bueno		Pobre		Muy pobre	
	Plantilla	Soca	Plantilla	Soca	Plantilla	Soca
<2	80-100 ²	125-150	100-120	150-175	120-140	175-200
2-4	60-80	100-125	80-100	125-150	100-120	150-175
>4	40-60	75-100	60-80	100-125	80-100	125-150

¹ Materia orgánica determinada por Walkley Black.

² kg ha⁻¹ (en suelos superficiales agregar 20 o 25 Kg ha⁻¹ a la dosis recomendada para soca o plantilla respectivamente).

Dosis de fertilizantes recomendadas por Cenicaña para La fertilización del cultivo de la caña en el valle del río Cauca

Fósforo	Contenido	P disponible (ppm)	Dosis P₂O₅ kg ha⁻¹
	Bajo	<5	50
	Mediano	5-10	25-50
	Alto	>10	0-25

Potasio	Contenido	K disponible meq/100g	Dosis K₂O (kg ha⁻¹)	
			Baja ³	Alta
	Bajo	<0.2	60-90	90-120
	Mediano	0.2-0.4	30-60	45-90
Alto	>0.4	0-30	0-45	

¹ P disponible extraído por Bray 2.

² K extraído con acetato de amonio normal y neutro.

³ Dosis altas aplican para las variedades PR 61-632, RD 75-11, V 71-51, CC 84-56, CC 84-75 y CC 85-92. Dosis bajas el resto de variedades

Dosis de fertilizantes recomendadas por Cenicaña para La fertilización del cultivo de la caña en el valle del río Cauca

Calcio

Contenido	Ca Intercambiable meq 100 g	Saturación %
Baja	<3	<30
Mediana	3-6	30-50
Alta	>6	>50

Magnesio

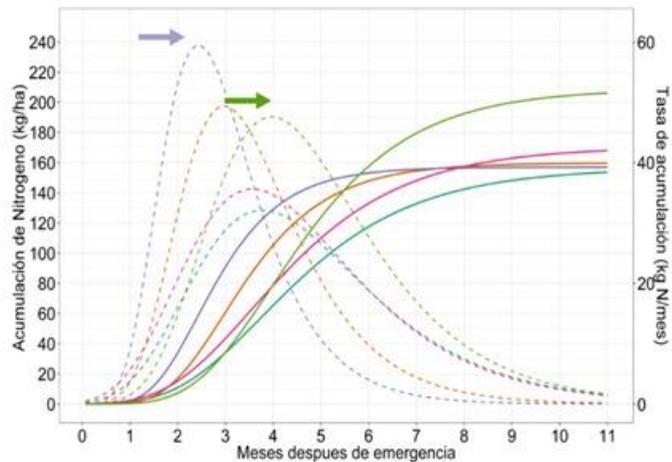
Contenido	Mg Intercambiable meq 100 g	Saturación %
Baja	<1.5	<15
Mediana	1.5-2.5	15-25
Alta	>1.5	>50

* pH < 5.5 aplicar 1,5 ton de cal por cada cmol kg⁻¹ de Al > 2

Curvas de absorción de nutrientes para las variedades

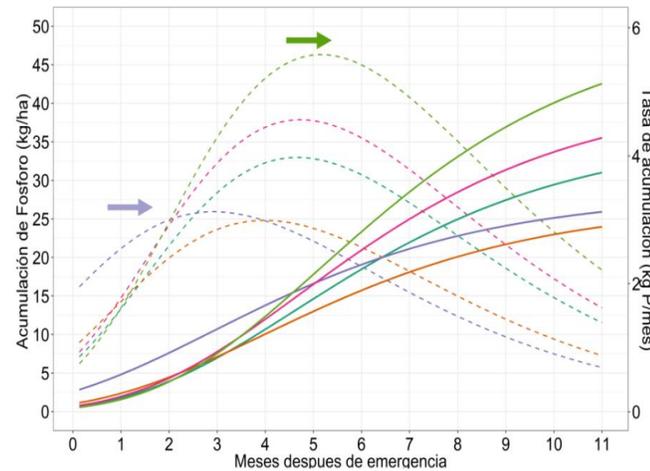
CC 05-430, CC 11-600, CC 11-0132, CC 12-2120, CC 09-535, CC 14-3296, CC 11-595

Nitrógeno



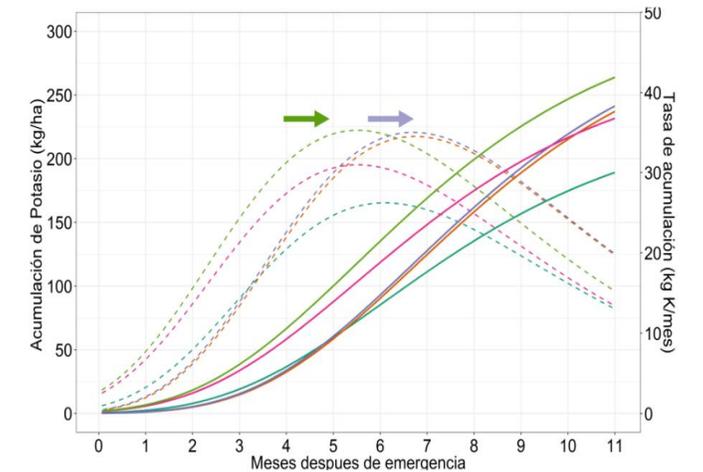
Variedad — CC 01-1940 — CC 01-678 — CC 05-430 — CC 85-92 — CC 93-4418

Fosforo



Variedad — CC 01-1940 — CC 01-678 — CC 05-430 — CC 85-92 — CC 93-4418

Potasio



Variedad — CC 01-1940 — CC 01-678 — CC 05-430 — CC 85-92 — CC 93-4418

Dosis de fertilizantes recomendadas por Cenicaña para La fertilización del cultivo de la caña en el valle del río Cauca

Cenicaña actualmente desarrolla el sistema experto de fertilización (SEF) para determinar la dosis y fuente fertilizante adecuadas para la fertilización del cultivo de la caña



Sistema experto de fertilización – SEF

Encuentre recomendaciones de fertilización y enmiendas con especificaciones sobre fuentes, dosis, épocas y métodos de aplicación.

Ingresar



muchas
gracias

