

Conferencia Magistral:

INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS QUÍMICO FOLIAR Y DE SUELOS, PARA EL CULTIVO DEL CAFÉ (*Coffea arabica* L).

Conferenciante: Romeo Ruíz Bello, Dr.
Académico de la Universidad Veracruzana



Responsables:

Del Proyecto M. C. Gladis Castillo Ponce

Del Muestreo en Campo: Ing. Juan Martínez Justiniano

Responsables de la realización de los análisis:



Laboratorios A-L de México, S.A. de C.V.

Embarcadero 20847 Col. Verde Valle C.P. 46500 Guadalupe, México
Tel: (55) 3127325 Fax: (55) 31298413 Site web: www.aldeinmexico.com.mx
e-mail: info@aldeinmexico.com Servicio al cliente: www.aldeinmexico.com

Cafeticultores de Mata Obscura, Mpio. Totutla, Ver.



M. C. Gladis Castillo Ponce, Ing. Juan Martínez Justiniano y Don Abdón Hernández Colorado



MUESTREO PARA ANALISIS FOLIAR

Zetina-Lezama, Rigoberto *et al*, 2009.

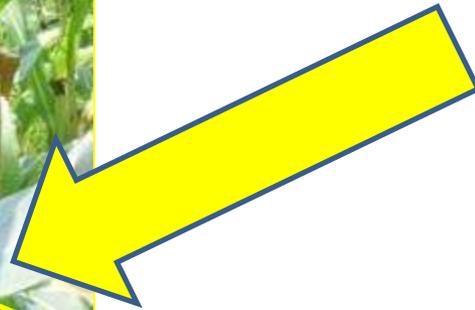


Cultivo del Maíz (*Zea mays* L)



Cultivo del Café (*Coffea arabica* L)

Hoja generalmente utilizada para evaluar la nutrición del cultivo al momento de la etapa de llenado de grano



Solo se conservan de 10 a 20 cm de la parte central de cada foliolo. Se eliminan los bordos y la nervadura central



Las hojas se limpian con un algodón humedecido con agua destilada.



Al igual que las muestras de suelo las muestras deben ser identificadas plenamente y colocadas en un bolsa de papel



- Las muestras se secan a menos de 70 °C por 24 horas y se envían para su análisis al laboratorio

Muestreo Foliar en el cultivo del Café (*Coffea arabica* L)



PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE FERTILIZACION SE DEBE TENER EN CUENTA:

- ❖ **REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO**
- ❖ **ANALISIS DE SUELO**
- ❖ **ANALISIS FOLIAR**
- ❖ **DEFICIENCIAS DE NUTRIMENTOS**
- ❖ **PRUEBAS DE FERTILIZACION**



ESTRATEGIA ACTUAL



RACIONALIZACION Y EFICIENCIA DE LOS FERTILIZANTES



**SISTEMA DE DIAGNOSTICO Y RECOMENDACIÓN
DE FERTILIZACION**

BASES TECNICA

- CUANTO NECESITAN LAS PLANTAS
- CUANTO APORTA EL SUELO: ANALISIS QUIMICO
- QUE EFICIENCIA TIENE EL FERTILIZANTE APLICADO

La información complementaria utilizada para el diagnóstico de la fertilización incluye las características climáticas de la zona, del suelo y su manejo, y del manejo del cultivo.

Zetina-Lezama, Rigoberto *et al*, 2009.



Metodologías para evaluar la nutrición del cultivo de maíz

Análisis de suelo

P (0-20 cm)
N-nitratos (0-60 cm)
S-sulfatos (0-20 cm)
Otros nutrimentos: Mg, B, Cu, Zn (0-20 cm)

N-nitratos en suelo (0-30 cm)

Nitratos en savia de base de tallos

Análisis hoja de la espiga o inferior para concentración total de nutrimentos

Nitratos en base de Tallos

Concentración de nutrimentos en grano

Estado de desarrollo del cultivo

Pre-siembra

Siembra

5-6 hojas

8-10 hojas

Floración

Madurez Fisiológica

Cosecha

Balances de N
Modelos de simulación

Índice de verdor (Minolta SPAD 502)

Sensores Remotos

Zetina-Lezama, Rigoberto *et al*, 2009.



Zetina-Lezama, Rigoberto
et al, 2009.

En general, el análisis de suelo es la herramienta básica y fundamental para determinar los niveles de fertilidad de cada lote y diagnosticar la necesidad de fertilización.



Los análisis vegetales permiten integrar los efectos de suelo y del ambiente sobre la nutrición de las plantas ampliando la base de diagnóstico, y son de particular importancia para nutrimentos cuya dinámica en suelo es particularmente compleja, por ej. el caso de los micronutrimentos.

Niveles críticos foliares óptimos:

Se ha encontrado que en el cultivo del café (*Coffea arabica* L), se tienen los siguientes niveles críticos foliares:

N	: 2.5-3.5%
P	: 0.15-0.35%
K	: 2.0-3.0%
Ca	: 0.8-1.6%
Mg	: 0.3-0.5%
S	: 0.25-0.5%
Mn	: 50-300 ppm
B	: 25-75 ppm
Fe	: 90-300 ppm
Zn	: 15-200 ppm
Cu	: 10-50 ppm
Al	: 55-65 ppm



COMPONENTES DE UN PROGRAMA DE DIAGNOSTICO NUTRIMENTAL



- **MUESTREO DE SUELO**



- **PREP. MUESTRA: SECADO, MOLIDO, TAMIZADO**



- **ANALISIS QUIMICO: EXTRACCIÓN, CUANTIFICACIÓN. DE CORRELACIÓN**

- **CLASIFICACION AGRONOMICA: TABLAS . DOSIS, ESTUDIOS DE CALIBRACIÓN**



- **INTERPRETACION Y RECOMENDACION**

EL ANALISIS DEL ESTADO NUTRIMENTAL DEL SUELO

1. Muestreo de suelo
2. Preparación de la muestra y determinación de su contenido nutrimental con metodologías previamente calibradas
3. Interpretación de los resultados practicados en base a tablas obtenidas en un proceso de correlación-calibración
4. Generación de una recomendación de fertilización



La interpretación requiere, estudios previos para establecer los índices o concentraciones en hojas que corresponden a un estado de nutrimento bajo, medio, adecuado o excesivo del cultivo que se va a diagnosticar, establecer: **NIVELES CRÍTICOS**.

Se relacionan el rendimiento absoluto o relativo, con el contenido del elemento en cierto tejido indicador.

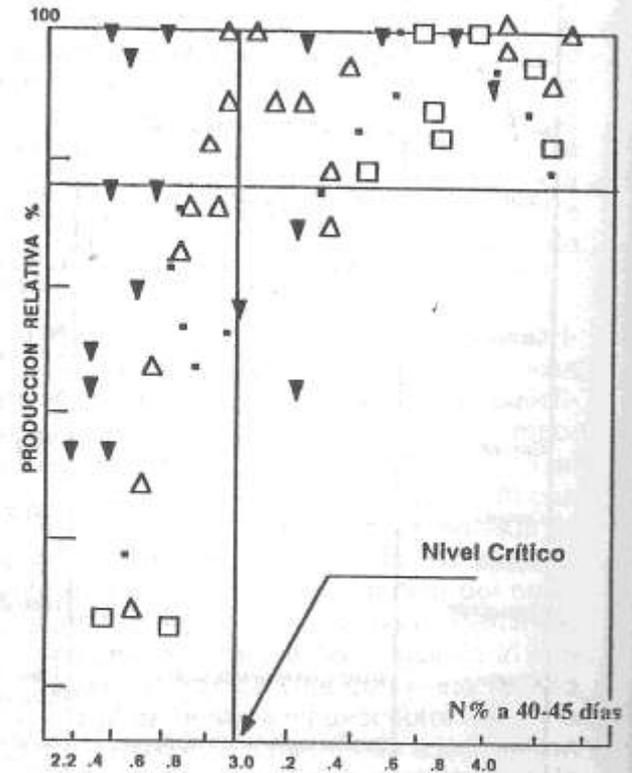


Fig. 19. Método de Cate y Nelson para definir el nivel crítico foliar.

Fuente: GALIANO, F. 1984. In Fertilidad de suelos. Ed. por F. Silva. Bogotá, SCCS. p. 213.

Mediante el trazo de dos líneas en cruz, se ubican la mayoría de los puntos en los cuadrantes interior izquierdo y superior derecho, de modo que la población quede dividida por medio de un nivel crítico en dos grupos: por debajo de ese nivel crítico es esperable la respuesta a la aplicación del elemento, y por encima no; Figura 19 de la página 38 del libro cuya autora es Bertsch, Floria (1995).

Una zona “a” llamada de **deficiencia extrema**, en la que la cosecha aumenta pero no así la concentración del nutrimento en la hoja; más bien tiende a disminuir.

La zona “b” indica un posible aumento de cosecha con ningún o escaso aumento en el contenido de nutrimento en la hoja.

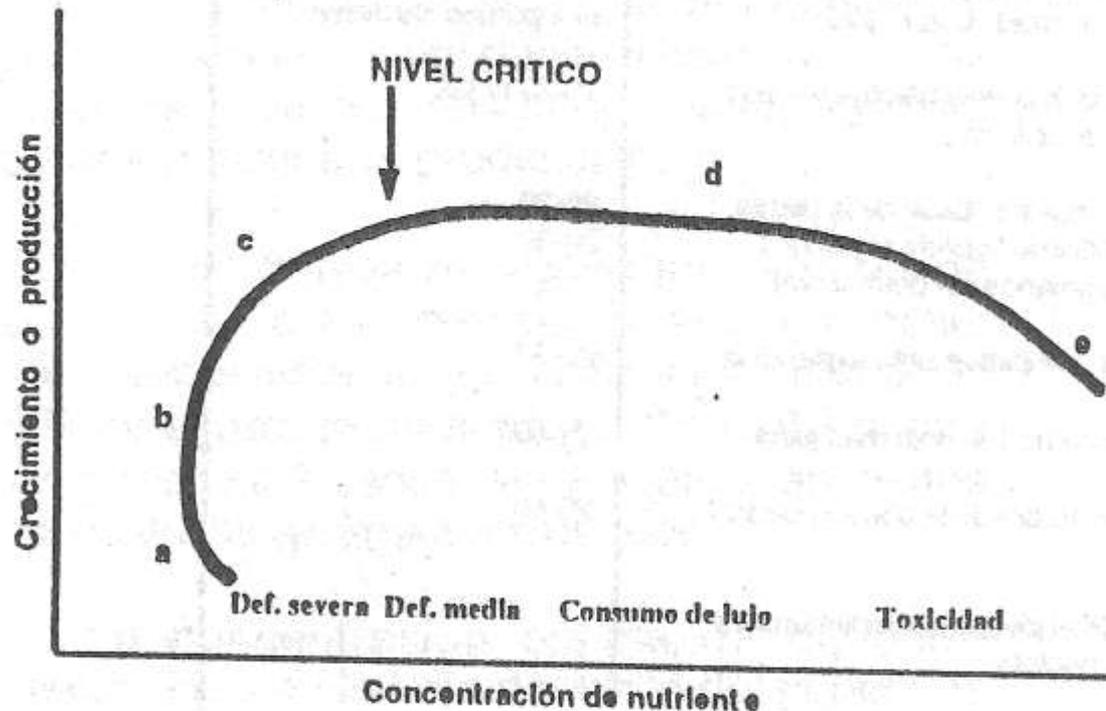


Fig. 18. Relación entre la concentración foliar de un nutrimento y el crecimiento.

Fuente: Galiano, F. 1984. In Fertilidad de suelos. Ed. por F. Silva. Bogotá, SCCS. p. 202.

En la zona “c”, ocurre un simultáneo incremento en la concentración de nutrimento en la planta, y en la cosecha, hasta llegar a un punto a partir del cual esta última prácticamente permanece constante; el punto de inflexiones suele denominar “nivel crítico foliar” del nutrimento respectivo.

INTERPRETACIÓN GRÁFICA DE UN ANÁLISIS FOLIAR EN BASE NIVELES CRÍTICOS

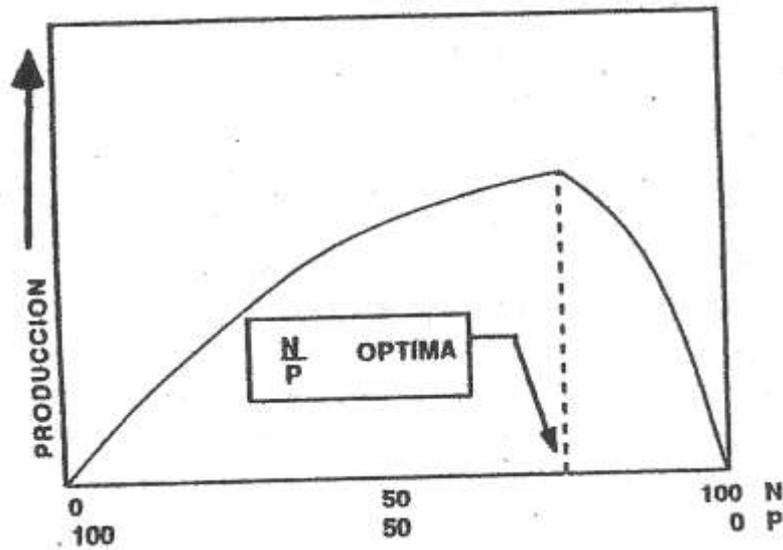


Fig. 20. Diagnóstico nutricional a través de relaciones binarias entre elementos.
Fuente: GALIANO, F. 1984. In Fertilidad de suelos. Ed. por F. Silva. Bogotá, SCCS. p.206.

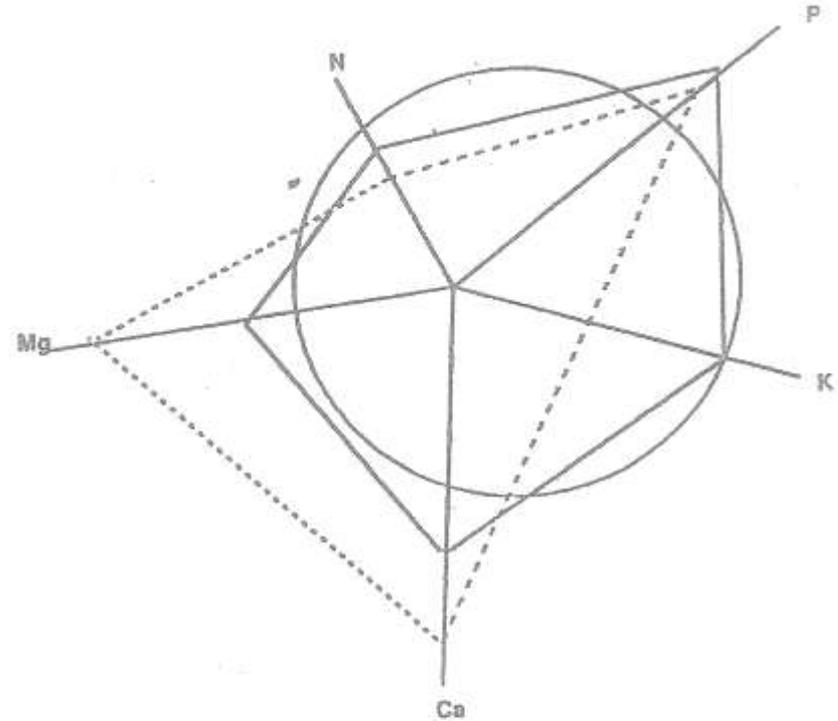


Fig. 21. Interpretación gráfica de un análisis foliar a través de los niveles críticos.
Fuente: GALIANO, F. 1984. In Fertilidad de suelos. Ed. por F. Silva. Bogotá, SCCS. p.210

EPOCA DE MUESTREO

Se debe tener en cuenta las condiciones en que se hicieron los estudios de calibración y correlación en el campo

➤ **PRIMERO:** Antes de establecer el cultivo y después de preparar el terreno

➤ **SIGUIENTES:** Es mas práctico en la época seca del año



FRECUENCIA DE MUESTREO

Está relacionada con las condiciones del suelo y la presencia de problemas específicos (Acidez, sodicidad, salinidad)

N-NO₃: Puede variar en meses por efectos de lixiviación o extracción del cultivo

FOSFORO Y POTASIO: Son estables no hay cambios en periodos 2-3 años.
En suelos de textura gruesa pueden ser más rápido.

MATERIA ORGANICA: Los cambios se presentan en periodos más largos

TEXTURA: No sufre cambios con los años

Zetina-Lezama, Rigoberto *et al*, 2009.

EN GENERAL: Se recomienda un análisis general del suelo cada 2 o 3 años, y solo en casos específicos durante cada ciclo (N-NO₃)

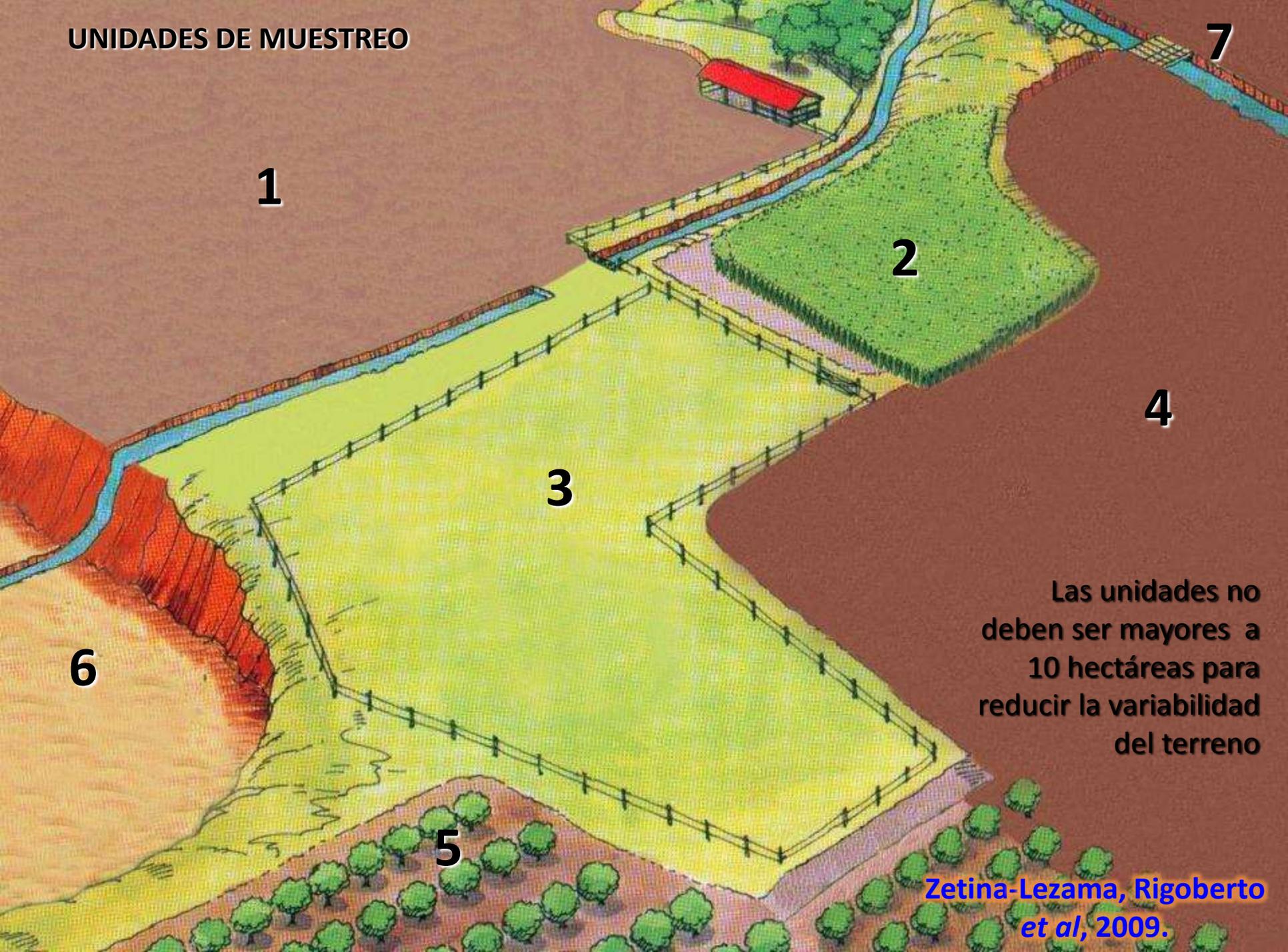
UNIDADES DE MUESTREO

Antes del muestreo se debe preparar un plano o croquis del terreno en el que se definirán las unidades de muestreo teniendo en cuenta:

- Color del suelo
- Textura
- Pendiente del terreno
- Condición general del cultivo anterior
- Historial de cultivos (cultivos anteriores y rendimientos por varios años)
- Uso de mejoradores (cal, yeso, MO)
- Condiciones especiales del suelo (acidez, salinidad)



UNIDADES DE MUESTREO



Las unidades no deben ser mayores a 10 hectáreas para reducir la variabilidad del terreno

PROFUNDIDAD DE MUESTREO PARA DIFERENTES CULTIVOS

NOM : 4-4.6

- Maiz 0-25
- Frijol 0-20
- Soya 0-20
- Caña 0-30
- Arroz 0-25
- Hortalizas 0-20
- Frutales 0-30, 30-60
- Pastos 0-10
- Piña 0-30, 30-60

Zetina-Lezama, Rigoberto
et al, 2009.

En general se recomienda una profundidad de 20 cm para la gran mayoría de cultivos agrícolas. Esto coincide con la mayor concentración de raíces en el suelo. Para pasturas la profundidad es de 10-15 cm. Para especies frutales, plantaciones forestales y agrícolas (**café**, cacao, aguacate, etc.) se recomienda tomar dos tipos de submuestras, **una de 0-20 cm y otra de 20-40 cm.**

PROFUNDIDAD DE MUESTREO

Si existen estudios de correlación y calibración, la profundidad de muestreo deberá realizarse a la profundidad a la que efectuó este estudio

El cultivo de maíz tiene un sistema de raíces que se extiende a más de 1.5 m de profundidad y puede alcanzar hasta 2.0 m de profundidad



La mayoría de las raíces se desarrollan de 0 – 30 cm de profundidad

Zetina-Lezama, Rigoberto
et al, 2009.

RECOLECCION DE LAS SUBMUESTRAS

Se debe hacer con un instrumento que permita que las sub-muestras tengan el mismo volumen de suelo (misma profundidad y espesor)

ADEMAS:

- ✓ Volumen pequeño
- ✓ Fácil de limpiar
- ✓ Resistente a la erosión
- ✓ Preferencia de acero inoxidable



Se debe tener cuidado de:

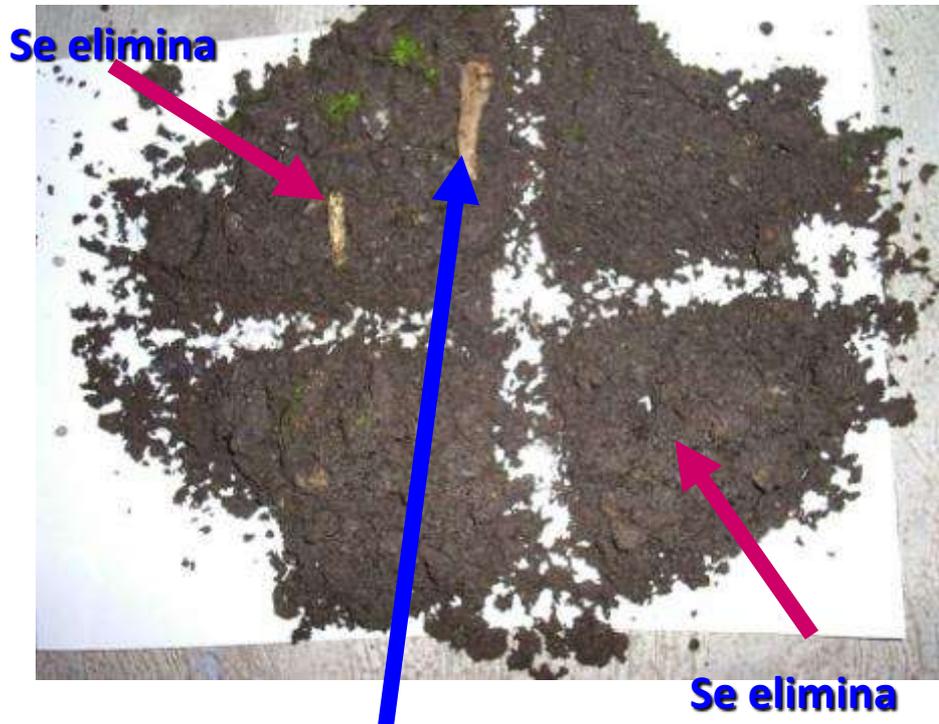
- Almacenar las sub-muestras en una cubeta de plástico
 - No contaminar las muestras de diferentes estratos
 - No tomar muestras a las orillas del predio, árboles (20 m)
- Zetina-Lezama, Rigoberto
et al, 2009.



**SOLO SE DEBE
TOMAR UNA
PARTE
HOMOGENEA
DEL
PROFUNDIDAD
MUESTREADA**



PREPARACION DE LA MUESTRA COMPUESTA



Se deben eliminar restos vegetales o de materia orgánica reciente; así como la grava o piedras

Todas las submuestras de la unidad de muestreo se mezclan cuidadosamente. Posteriormente se reduce a una muestra de 1 kg, mediante cuarteos diagonales.

Zetina-Lezama, Rigoberto
et al, 2009.

El resto del suelo se debe guardar por un tiempo, mientras que se asegura que la muestra no sufrió ningún daño en el envío



Si la muestra está húmeda esta debe secarse al sol o a la sombra, nunca en una estufa

No utilizar bolsas que tengan residuos de fertilizantes o abonos orgánicos, ni almacenar las muestras en áreas cercanas a lotes de fertilizantes

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

Las muestras se deben identificar de acuerdo al croquis que ubica las unidades de muestreo

MUESTRA DE SUELO

Fecha: _____

Nombre del predio: _____

Lote o sector: _____

Coord. Geograficas: _____

Prof. De muestreo: _____ cm

No. Control: _____

Propietario: _____

Municipio, Edo. _____

Cultivo a establecer: _____

Meta de rendimiento: _____

Cultivo anterior: _____

Manejo del residuo del cultivo anterior: Incorporado () Quemado o retirado ()

Análisis solicitud: Completo () Rutina () Salinidad ()

Análisis especiales: _____

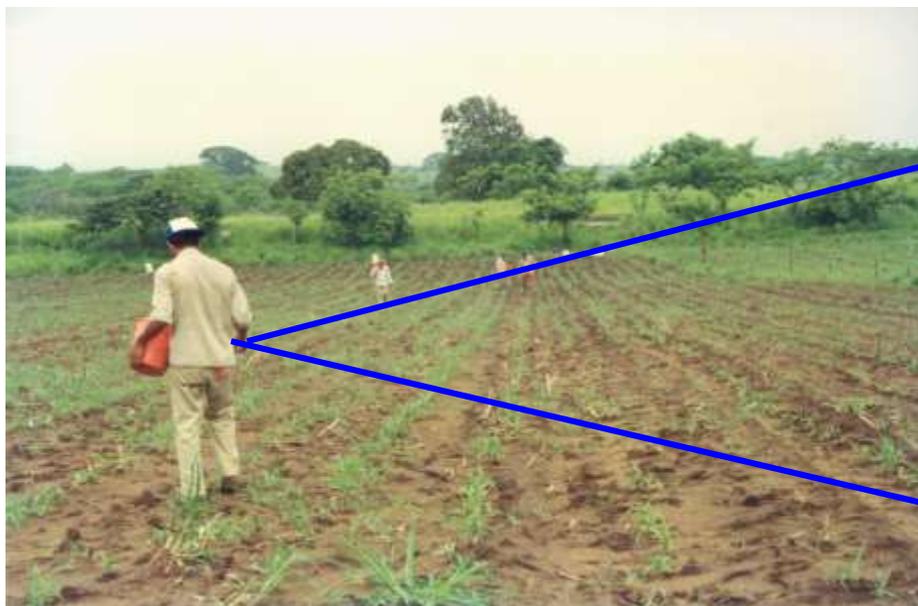
Observaciones: _____

Factores que afectan la eficiencia de los fertilizantes

1. **Época:** ajustar a la demanda
2. **Método:** Incorporado es mas eficiente que sobre la superficie
3. **Dosis:** A mayor dosis menor eficiencia
4. **Fuente:** No afecta, cuando se manejan adecuadamente
5. Prop. del suelo (Cap. Int. Catiónico del suelo, acidez,
6. Forma de aplicación: manual , mecanizada, medidas calibradas, etc.
7. Manejo del agua (riego rodado, goteo; temporal)

EFICIENCIA DEL FERTILIZANTE

Aplicación tradicional del fertilizante sólido



Zetina-Lezama, Rigoberto
et al, 2009.

DEBEMOS RECORDAR QUE EL RENDIMIENTO ES EL PRODUCTO DE UNA GRAN CANTIDAD DE FACTORES BIOTICOS Y ABIOTICOS QUE INFLUYEN DIRECTAMENTE SOBRE EL DESARROLLO DEL CULTIVO...

¡¡ LA NUTRICION ES SOLO UNO DE ELLOS !!



TEXTURA DEL SUELO



Zetina-Lezama, Rigoberto
et al, 2009.

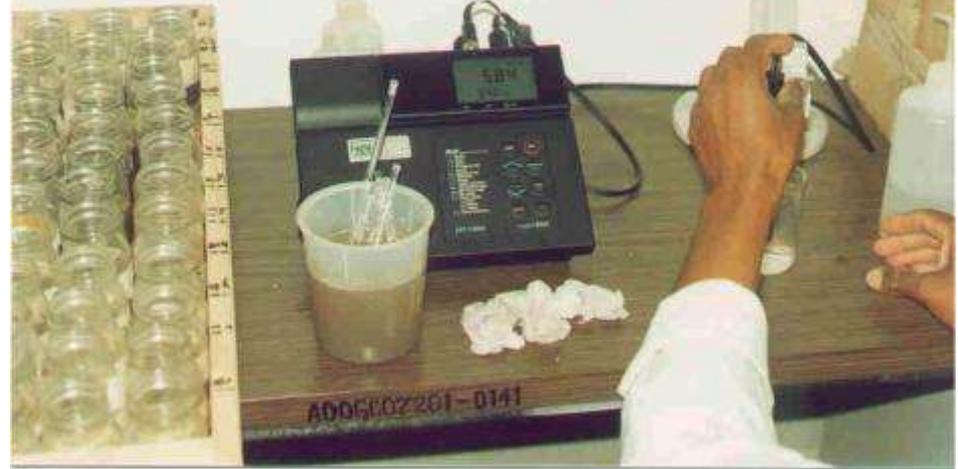
Textura	Arenoso	Franco	Franco Limoso	Arcilloso
Tacto	Áspero	Áspero	Suave	Plástico
Drenaje interno	Excesivo	Bueno	Suave	Pobre
Agua disponible para las plantas	Baja	Media	Alta	Alta
Agua transportable	Baja	Media	Alta	Alta
Labranza	Fácil	Fácil	Media	Difícil
Erosión	Alta	Media	Baja	Baja

pH del suelo

El pH del suelo es el resultado de muchos factores que pueden actuar de manera conjunta:

1. Tipo de minerales presentes en el suelo
2. Grado de meteorización de los minerales
3. Humificación en sentido amplio (descomposición de la MO)
4. Dinámica de los nutrientes entre la solución y los retenidos por los agregados del suelo
5. Propiedades de los agregados del suelo, en especial CIC

El pH del suelo modifica el grado de solubilidad de los minerales



- Muy ácido \rightarrow pH < 5.5
- Ácido \rightarrow pH 5.6 - 6.5
- Neutro \rightarrow pH 6.6. - 7.5
- Básico o lig. alcalino \rightarrow pH 7.6-8.5
- Muy alcalino \rightarrow pH 8.6

EL pH EN EL SUELO

Incrementando Acidez

NEU
TRO

Incrementando Alcalinidad

1

3

4

5

6

7

8

9

11

14

PUERTAMENTE ACIDO

MUY ACIDO

ACIDO

Poco Acido

Optimo

Poco Alcalino

ALCALINO

MUY ALCALINO

TOXICIDAD POR H⁺

TOXICIDAD POR OH⁻

Exceso de Al, Fe, Mn

Exceso de Na, B

EMPEORAMIENTO DE ESTRUCTURA

Predominacion de hongos
MALA NITRIFICACION

MALA NITRIFICACION

DISPONIBILIDAD NUTRIMENTAL





Análisis Foliar de Cafetos (*Coffea arabica* L) en etapa vegetativa, en Mata Obscura, municipio de Totutla, Ver.

Muestra # 01, Lote “La Represa”, propiedad de Don Abdón Hernández Colorado.(30/11/2012)

Cultivo : Cafeto

Muestra Id : Muestra 1

Etapa Vegetativa:

	Nitrogeno %	Azufre %	Fosforo %	Potasio %	Magnesio %	Calcio %	Sodio %	Boro ppm	Zinc ppm	Manganeso ppm	Hierro ppm	Cobre ppm	Aluminio ppm
Analisis	2.97	0.21	0.15	0.99	0.60	2.23	0.02	96	8	327	105	20	55
Rango Normal	2.30	0.10	0.12	2.00	0.25	1.00	0.00	40	10	50	70	10	0
	3.00	0.24	0.20	2.59	0.40	2.49	2.50	76	30	200	126	26	251
	N/S	N/K	P/S	P/Zn	K/Mg	K/Mn	Ca/B	Fe/Mn					
Rel Actual	14.1	3.0	0.7	187.5	1.7	30.3	232.3	0.3					
Rel Esperada	15.6	1.2	0.9	80.0	7.1	183.6	300.9	0.8					

	N	S	P	K	Mg	Ca	Na	B	Zn	Mn	Fe	Cu	Al
Muy Alto													
Alto													
Suficiente													
Bajo													
Deficiente													

Se observa bajo o deficiente nivel de Potasio. Posibles Causas: 1. Bajos niveles de Potasio en el Suelo; 2. Drenado deficiente y/o resequead por compactación del suelo;3. La aplicación entre el surcado puede presentar deficiente resultado, sobre todo en suelos arenosos por la lixiviación. RECOMENDACIÓN: en deficiencia severa, aplicar de inmediato de 35 a 55 kilos de K₂O por hectárea.

Se observa deficiencia de Zn; posibles causas: 1. Baja disponibilidad del Zn, por pH alto; 2. Por alto contenido de P; (Ambos en el suelo). El Zn puede aplicarse de 1 a 2.5 Kg ha⁻¹;en Quelatos seguir instrucciones; pueden ser varias aplicaciones.

Magnesio, Boro y Manganeso están de Altos a muy altos.

Análisis químico de suelos cultivados con *Coffea arabica* L) en etapa vegetativa, en Mata Oscura, municipio de Totutla, Ver.

Muestra # 01, Lote "La Represa", propiedad de Don Abdón Hernández Colorado. (30/11/2012)

Numero Lab. 02360

Muestra Muestra 1

Firma

Determinaciones	Resultados	CALIFICACION					Capacidad Int.catióónica 7.0 meq/100g
		Muy Bajo	Bajo	Medio	Optimo	Muy Alto	
pH Suelo	4.5						SATURACIÓN CATIONICA
pH Tampón	6.29						
Materia orgánica	4.9 % ENL 138						
Fósforo (P)	5 ppm						%Ca 26.7
Potasio (K)	58 ppm						%Mg 11.7
Calcio (Ca)	473 ppm						%H 57.6
Magnesio (Mg)	107 ppm						%Na 1.3
Azufre (S-SO4)	83 ppm						Relación K/Mg
Boro (B)	0.3 ppm						0.17
Cobre (Cu)	1.2 ppm						Relación Ca/Mg
Hierro (Fe)	92 ppm						2.28
Manganeso (Mn)	88 ppm						Extraccion
Zinc (Zn)	0.4 ppm						Método Mehlich III
Sodio (Na)	21 ppm						
Conductividad							
Nitrógeno-Nitrato							

REQUISITOS NUTRICIONALES

El café (*Coffea arabica* L), requiere un sustrato con las siguientes características:

Reacción del Suelo: pH= de 5.5 a 6.5

CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS

P: 10-30 ppm

K: 0.2 (meq/100 gr suelo)

Ca: 4-20 (meq/100 gr suelo)

Mg: 1-10 (meq/100 gr suelo)

Al: 0.3 (meq/100 gr suelo)

Fe: 10-50 ppm

Cu: 1-20 ppm

Zn: 3-15 ppm

Mn: 5-50 ppm

RELACIÓN DE CATIONES INTERCAMBIABLES

Ca+Mg+K = 5.0-10.0 (meq/100 gr suelo)

Mg/K = 2.5-15.0 (meq/100 gr suelo)

Ca/Mg = 2.0-5.0 (meq/100 gr suelo)

Ca+ Mg/K = 10.0-40.0 (meq/100 gr suelo)

Ca/K = 5.0- 25.0 (meq/100 gr suelo)

Determinación	Óptimos	RESULTADOS:
% Saturación Cationes	% K de 5 a 7; % Ca de 70 a 80; % Mg de 10 a 20; % H de < 20; % Na < 9;	% K = 2.0 -> Bajo ; % Ca = 26.7 -> Bajo ; % Mg = 11.7 -> Óptimo; % H = 57.6 -> elevado ; % Na =1.3 -> Óptimo;
Relación K/Mg	Baja < 6; Óptima de 0.25 a 0.50; Alta > 50	K/Mg = 0.17 Baja
Relación Ca/Mg	Baja < 6; Óptima 6 y 7.5; Alta > 7.5;	Ca/Mg = 2.28 Baja

La CAL Agrícola:

De 90 % de valor de neutralización (VN) y finura de

40 % < malla 100;

50 % < malla 60;

70 % < malla 20;

95 % < malla 8;

Aplicar la Cal muy uniformemente;

incorporarla al suelo de 2 a 3 meses antes de la siembra.

Aquí se recomiendan: 6500 kg para llevar el pH a un valor de 5.8.

Aplicar 4 000 kg/ha el primer año y al siguiente el resto. Checar el cambio de pH.

RECOMENDACIÓN

Cultivo: Cafeto- Huerto establecido				Meta de Rendimiento: 1 Optimo			Rec Unidad: KG/Ha			
Ca	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	Fe
6500	120-250	150	200	25	0	2.0	2.0	2	6.0	10
Cultivo:								Rec Unidad:		
Ca	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	Fe

Comentarios :

Cuadro 1. Requerimientos nutrimentales de macronutrimentos, para el cultivo del Café (*Coffea arabica* L), para alcanzar ciertos rendimientos. **In:** Bertsch, Floria (1995). La Fertilidad de los suelos y su manejo. Editado por la Asociación Costarricense de la Ciencia del suelo, San José Costa Rica, C. A. pp. 20-1.

Cultivo	Rendimiento por ha	N	P	K	Ca	Mg	S
		Kg/ha					
Café	2.0 t de cereza	33	3	52	7	3	3
Café	2.3 t de cereza	70	12	115	-	-	-
Café	2.0 t de cereza	253	19	232	143	33	27
Promedio	2.1 t de cereza	118.7	11.33	133	75	18	15
Redondeado		120	12	130	75	20	15

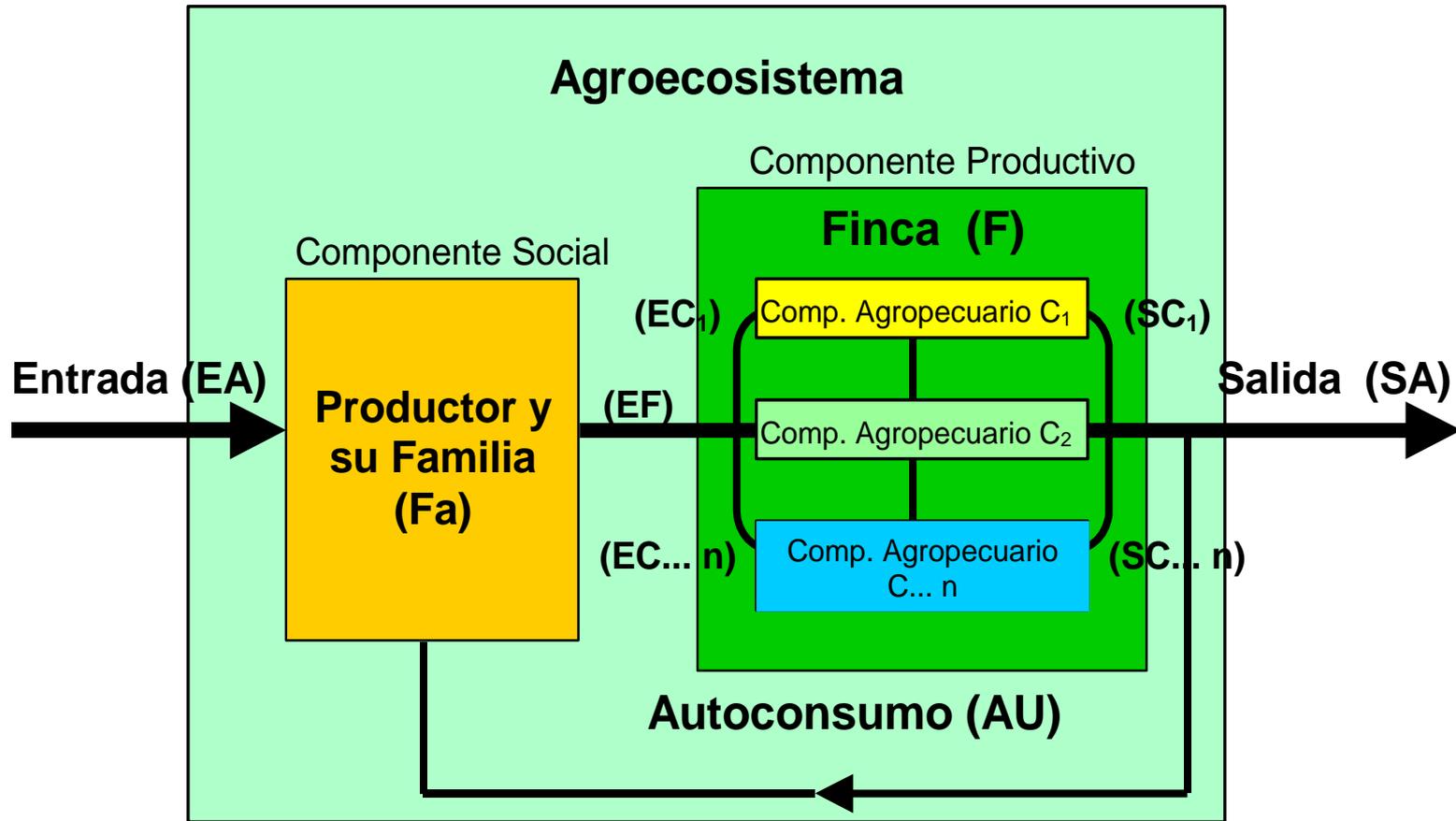
t= tonelada; datos 1 y 3. Malavolta (1979), en Brasil; datos 2. Silva (1980), en Colombia.

Composición Porcentual de los Materiales Fertilizantes más comunes.

Material Fertilizante	% N	% Ca	% S	% MgO	
Urea	46.0				
Sulfato de Amonio	20.5		23.7		
Nitrato de Amonio	33.5				
	% P ₂ O ₅				
Superfosfato de Calcio simple	20.0	20.0	12.0		
Superfosfato de Calcio Triple	46.0	13.0			
Roca Fosfórica		33.0			
	% K ₂ O				
Cloruro de Potasio	60.0				
Sulfato de Potasio	50.0		17.0		
Sulfato de Potasio y Magnesio	22.0		22.0	18.0	



Contexto



Operacionalización del Modelo Conceptual de Agroecosistema

(Entradas "E", Salidas "S", Componentes "C" Agropecuario "A", Finca "F").

Fuente: Gallardo-López, F 2002)



**Gracias,
GRACIAS por
su atención
FELICIDADES
...**