pH y encalado - 4R

INSTRUCTIVO 1

CRS CATHOLIC RELIEF SERVICES fe. acción. resultados.

MAONIC Movimiento de Productoras y Productores Agroecológicos y Orgánicos de Nicaragua

UNAN - León

ASA AGUA Y SUELO PARA LA AGRICULTURA

Instructivo 1: pH y encalado – 4R

Primera edición:
Febrero 2019

Desarrollo de contenido técnico:

Ariel Espinoza	CRS Nicaragua
Xiomara Castillo	UNAN León
Rodolfo Valdivia	CRS Nicaragua

Equipo de revisión:

Jorge Castellón Benavides	CRS - Nicaragua
Felipe Pilarte	CRS - Nicaragua
Luis Urbina	INTA
Orlando Valverde	MAONIC

Diseño y diagramación:
Harlem Aguilar M.

Ilustraciones:
Harlem Aguilar M.

Impresión:

Se permite la reproducción total o Parcial de este documento siempre y cuando se cite la fuente. No se permite la reproducción para fines comerciales.

Financiado por:

CRS CATHOLIC RELIEF SERVICES fe. acción. resultados.

Catholic Relief Services
Programa para Nicaragua
Frente a Ministerio de la Familia,
Managua-Nicaragua
http://crs.org/nicaragua/

Contenido

I. Introducción.....1

II. Fuentes de cal para encalado.....3

III. Dosis de cal para encalado.....4

3.1 Método “saturación de bases”.....4
3.2 Método “saturación de Al”.....6
3.3 Método con tablas de recomendaciones.....8

IV. Momento de aplicación de la cal.....9

V. Lugar de aplicación de la cal.....10

VI. Referencias Bibliográficas.....13

I. Introducción

Las preguntas iniciales ¿por qué encalar? y ¿qué efecto tiene encalar el suelo?

Cuando se tiene un suelo ácido, hay diversas soluciones que un agricultor puede hacer: integrar variedades tolerantes a la acidez, aplicar enmiendas calcáreas, incorporar materia orgánica al suelo (restos de musáceas) y/o cenizas, o aplicar compost/ enmienda orgánica semialcalina.

El encalado es la aplicación de enmiendas calcáreas para elevar el pH del suelo a un nivel neutral (6-7), intervalo en que la mayoría de nutrientes se ponen disponibles y los elementos tóxicos son insolubles (se precipitan).

¿Por qué hacer el encalado?

- Elevar el pH en niveles óptimos para el cultivo.
- Mantener el nivel óptimo de Ca y Mg como nutrientes en el suelo.
- Neutralizar el Al+++ intercambiable:

Concentración de Al^{+++} (Cmol (+) / kg)	Nivel
< 0.1	muy bajo
0.11 – 0.25	bajo
0.26 – 0.50	medio
0.51 – 0.80	alto
>0.8	muy alto

Fuente: FAO, 1992

Ventajas del encalado

- Posibilidad de sembrar mayor diversidad de especies de cultivos y/u obtener mayores rendimientos.
- Fuente de Ca y Mg como nutrientes.
- Más eficiencia en el uso de los fertilizantes.
- Mejora la actividad biológica del suelo.

Desventajas del encalado

- Costos de enmiendas calcáreas.
- Excesos encalados induce a deficiencia de K, Mg y micronutrientes.
- Uso menos eficiente de fertilizantes ya que las fuentes son de baja solubilidad (roca fosfórica).
- Baja en el rendimiento de los cultivos si hay exceso de encalado.

Un elemento ligado directamente al encalado y la fertilización es el pH. El extensionista, promotor y productor deben tener claro la importancia del pH y como afecta la decisión de aplicar encalado o la fertilización en los suelos.

pH en el Suelo

¿Qué necesitan entender los agricultores sobre el pH?

¿Qué es el pH?

Es un parámetro que permite conocer que tan ácida o alcalina es la solución del suelo, donde las raíces de los cultivos toman los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo.

¿Cómo medir el pH?

Hay muchas herramientas para medir el pH del suelo, de los cuales se destaca el papel tornasol, que se puede hacer rápido y demostrar a los productores con productos locales y relacionarlos con el pH del suelo.

¿Por qué es importante el pH del suelo?

Suelo con fuerte acidez (pH < 5.5)

- Pobre en Ca, Mg y K.
- Actividad microbiana reducida.
- Fósforo disponible disminuye.
- Suelos con más Fe, Mn, Zn y Al.

Suelo básico o alcalino (pH > 7)

- Presenta altos contenidos de Ca, K, Mg y Na.
- Altos contenidos de $CaCO_3$ bloquea absorción de fósforo, zinc, cobre y boro.
- pH entre 5.5 a 7.0 óptimo para la absorción de nutrientes por los cultivos.

¿Qué hacer si el pH está por debajo de un nivel crítico? (5.0)

¿Qué necesita aplicar?

¿Cuánto necesita aplicar?

¿Dónde, cuándo y cómo aplicar?

¿Estas preguntas nos inducen a lo siguiente?

Sustancia	pH
Desechos ácidos mineros	-3.6-1.0
Ácido de batería	-0.5
Ácido gástrico	1.5-2.0
Refrescos de cola	2.5
Vinagre	2.4-3.4
Zumo de naranja o manzana	3-4
Cerveza	4.5
Lluvia acida	<5.0
Café	5.0
Té	5.5
Piel sana	5.5
Lluvia normal	5.6
Leche	6.5
Agua potable	6.5-8
Agua destilada	7.0
Saliva humana sana	7.4
Sangre	7.4.
Agua de mar	7.4-8.2
Jabón para las manos	9-10
Lejía (Cloro)	12.5
Lejía para limpieza doméstica	13.5

II. Fuentes de cal para encalado

Los materiales más utilizados en Nicaragua para encalar son los carbonatos de calcio y magnesio, debido a lo siguiente:

- El Ca y Mg son nutrientes requeridos en cantidades importante en los cultivos.
- Son compuestos que existen en abundancia en la naturaleza.
- Son productos fáciles de manejar y aplicar.
- Su hidrólisis produce ácido carbónico (H_2CO_3) inestable que se descompone en CO_2 y H_2O que contribuye a elevar el pH y precipitar el Aluminio.

Existen varios materiales capaces de reaccionar en el suelo para incrementar el pH, las principales fuentes que se utilizan para encalar son:

a. **Oxido de Calcio:** se conoce como cal viva y se produce por calentamiento de la calcita ($CaCO_3$). Lo que genera CO_2 y CaO. Su valor de neutralizantes es de 179%.

b. **Hidróxido de Calcio:** se conoce como cal hidratada. Se obtiene por hidratación del CaO. Su valor neutralizante es de 136%.

c. **Carbonato de calcio y magnesio:** se obtienen de las rocas calizas y se extraen de las canteras y se someten a moliendas. Al $CaCO_3$ se le conoce como calcita y el $CaMg(CO_3)_2$ es la dolomita o caliza dolomítica. El valor neutralizante del $CaCO_3$ químicamente puro es 100% y el $CaMg(CO_3)_2$ químicamente es 109%.

Tabla 1. Principales fuentes de materiales para encalado.

Material		% Ca	PRNT[1]
Piedra caliza calcítica	$CaCO_3$	32	85 – 100
Piedra caliza dolomítica	$CaMg(CO_3)_2$	22	90 – 100
Hidróxido de Ca y Mg	$Ca, Mg(OH)_2$	55 – 65	100
Yeso	$CaSO_4$	22	
Cal hidratada	$Ca (OH)_2$	46	120 – 135
Cal viva	CaO	60	120 - 150
Cal dolomita	$(Ca, Mg)CO_3$	21 Ca – 13 Mg	86

Fuente: Espinosa, J. 2009

1 Poder relativo de neutralización total

Tabla 2. Valor neutralizante de enmiendas.

Tipo de enmienda	Valor neutralizante (%)
Carbonato de calcio	100
Oxido de magnesio	248
Oxido de calcio	179
Hidróxido de magnesio	172
Hidróxido de calcio	138
Carbonato de magnesio	119
Oxido de magnesio	248
Dolomita	109
Silicato de magnesio	100
Silicato de calcio	86

Fuente: Demanet Filippi, R. 2017

III. Dosis de cal para encalado

La dosis de encalado consiste en suministrar al suelo calcio y magnesio para neutralizar la acidez de este, es decir para que el pH alcance un nivel ideal para el desarrollo de los cultivos y a la vez reducir el contenido del aluminio y manganeso tóxico. En este instructivo se presentan tres formas de calcular la cantidad de encalado del suelo: método de saturación de bases, método de saturación de aluminio y tablas de doble entrada investigado por el Zamorano. En Nicaragua la FAO, 2009 recomienda el método de saturaciones de base.

En Nicaragua los suelos de la costa atlántica y las zonas de transición hacia las zonas húmedas donde se ubican las áreas cafetaleras de Jinotega y Matagalpa presentan acidez por condiciones naturales, también hay cierta acidez en los suelos maiceros de Chinandega y granos básicos de Jalapa. La mayoría de los suelos en Nicaragua son neutros pH 6.5 a 7, donde la aplicación de la cal es innecesaria.

Por estas razones es fundamental que los técnicos y productores estén claro dónde y cómo encalar un suelo, además de conocer las consecuencias de los excesos de cal. El sobreencalado pueden provocar bajos rendimientos, disminución de la disponibilidad de nutrientes como P, B, Zn y Mn, además de deterioro de la estructura del suelo.

3.1 Método “saturación de bases”

Conociendo la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y el porcentaje de saturación de bases actual ($\%V_1$) se puede calcular la cantidad de cal con la siguiente fórmula (INTA/FAO, 2009):

$$NC = \frac{(V_2 - V_1) \times CIC}{100} \times F$$

Donde:

NC : necesidades de cal
V_1 : saturación de base actual
V_2 : saturación de base que se quiere obtener (Tabla 2, ya están dado)
CIC : capacidad de intercambio catiónico
F : 100 / PRNT
PRNT : valor de neutralización (viene en la etiqueta de las bolsas de cal = 90)

$$\text{Saturación de bases: } = \frac{Suma\ de\ bases}{CIC} \times 100$$

Ejemplo de cálculo para café:

Para un suelo con los siguientes resultados de análisis, ¿es necesario encalar? ¿cómo se hace para aplicar la cal?

Ca : 1.20 meq/100 g suelos
K : 0.22 meq/100 g suelos
CIC : 3.17 meq/100 g suelos
V_2 : 70% saturación del cultivo de café (Tabla 2)
V_1 : 56% saturación actual
Mg : 0.35 meq/100 g suelos
Al : 1.40 meq/100 g suelos

a. Determina la capacidad de intercambio catiónico (CIC): Es la suma de todos los cationes (Ca, Mg, K, Al).

$$\boldsymbol{CIC = (Ca + Mg + K + Al)}$$

CIC = 1.2 + 0.35 + 0.22 + 1.40 = **3.17 meq/100 g de suelos**

b. Determina la saturación actual de ese suelo: Es la relación entre las bases y la CIC, expresada en porcentaje.

$$\boldsymbol{\%\ V_1 = \frac{(Suma\ (Ca+Mg+K)}{CIC} \times 100}$$

$$\%V_1 = \frac{(1.2 + 0.35 + 0.22)}{3.17} \times 100 = \mathbf{56\%}$$

c. Cálculo de las necesidades de cal

$$\boldsymbol{NC = \frac{(V_2 - V_1) \times CIC}{100} \times F}$$

$$NC = \frac{(70 - 56) \times 3.17}{100} \times (100/90) = \mathbf{0.488\ ton/ha}$$

NC = 0.488 ton/ha = 10.7 qq de cal agrícola dolomítica
NC = 7.5 qq x 100 lbs/qq = 750 lbs/mz

d. Cálculo onzas de cal/plantas

Onzas/mz	= 750 lbs/mzx16 onzas	= 12,000 onzas/mz
Plantas café/mz	= 3200	
Dosis onzas/ptas.	= 12,000 onzas/3200 ptas.	= 3.75 onzas de cal/ptas.

Tabla 3. Saturación de bases de los suelos recomendadas para los cultivos.

Cultivo	% Saturación bases (V)
Arroz de secano	50
Maíz	60
Sorgo	60
Frijol	70
Caña de Azúcar	60
Café	70
Soya	70

FAO, 2009

3.2 Método "saturación de Al"

En Nicaragua la zona semi húmeda a húmeda donde se cultiva café presenta suelos con problemas de acidez por lavado y extracción de bases, en otros casos por aluminio. Este método es propio para corregir acidez provocado por aluminio.

Ejemplo cálculo en café:

Un análisis de suelos presenta los siguientes resultados:

Análisis de suelos						
pH	**Ca**	**Mg**	**K**	**Al**	**CIC**	**Sat. Al**
			Cmol / L			%
4.6	0.5	0.3	0.5	2.1	3.4	66

El cálculo para neutralizar el Aluminio se hace con la siguiente fórmula:

$$\mathbf{CaCO_3\ (t.\ ha^{-1}) = \frac{1.\ 5\ (Al - PRS)x\ (CIC)}{100}\ xF}$$

Donde:

Cultivo : Café
Al : % sat Al = (Al / CIC) x100 = (2.1/3.4) x 100 = **66%**
PRS : Café = 25 (Tabla 4)
CIC : suma (0.5+0.3+0.5+2.1) = **3.4 meq/100gr**
PRNT : 90 (Tabla 1, Piedra caliza)
F :100/PRN = 100/90 = **1.11**

$$CaCO_3\ (ton/ha) = \frac{1.5 \times (66 - 25) \times 3.4}{100}\ 1.1 = 2.091 \times 1.1 = \mathbf{2.3\ ton/ha}$$

Dosis = 2,300 kg/ha x 1.55 = 3, 565 lbs/mz = 35.65 qq/mz

Tabla 4. Porcentaje de Saturación Al (PRS) por cultivo.

Cultivo	% PRS
Cacao	< 20
Café	< 25
Camote	< 20
Caña de Azúcar	< 20
Cítricos	< 20
Coco	< 30
Frijol negro	< 20
Maíz	< 25
Palma aceitera	< 15
Pejibaye	< 25
Piña	< 30
Sorgo	< 20
Yuca	< 60

Fuente: IPNI, 2014

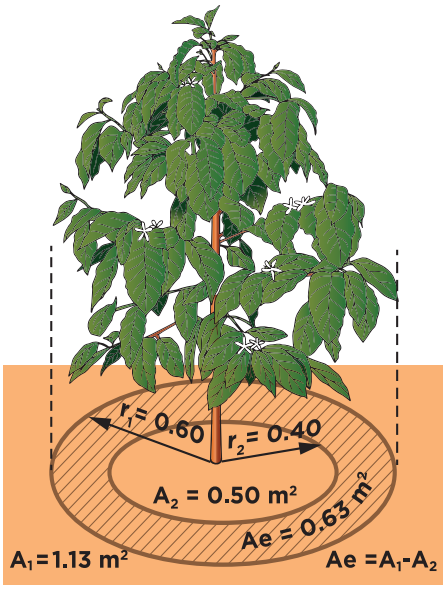
Determinación de área efectivas de las plantas

- Se mide el diámetro del ancho de las bandolas, y se obtiene el área uno de ese perímetro, considerando la siguiente fórmula.

  $A_1 = r^2\pi$: = (0.6 m)^2 x 3.1416 = 1.13 m^2 (área perímetro 1)

- Se mide el diámetro del ancho de las mismas bandolas, pero bajando 20 a 30 cm, se obtiene el área dos de ese perímetro.

  $A_2 = r^2\pi$: = (0.4 m)^2 x 3.1416 = 0.50 m^2 (área perímetro 2)



Área efectiva (Ae)

$Ae = A_1 - A_2 = 1.13\ m^2 - 0.50\ m^2 = 0.63\ m^2$

Cálculo de dosis /plantas de café

- 1 mz (7026 m^2) = 35.65 qq/mz
- El área efectiva/planta = 0.65 m^2
- La cantidad de plantas/mz = 3200

1. Área efectiva en las 3200 plantas de café

   3200 plantas x 0.65 m^2 = 2080 m^2

2. Replanteamiento de la cantidad de la dosis

   7026 m^2 ---------- 35.65 qq de cal = 10.55 qq/mz
   2080 m^2 ---------- x

3. Dosis/plantas = 10.55 qq x 100 lbs/qq = 1055 lbs/mz = 16,880 onzas/mz

   Dosis/plantas = 5.2 onzas/plantas

3.3 Método con tablas de recomendaciones

El Zamorano con investigaciones sobre pH y capacidad de intercambio catiónico desarrollaron tablas, a partir de un pH inicial a un pH 6, que se pueden utilizar de forma práctica, también se pueden validar:

Tabla 5. Dosis de cal a partir del pH y la CIC (Fuente: Zamorano, 2014)

pH inicial	Cal (ton/ha)		
H2O	< 20% Arcilla	20-28 % Arcilla	> 28 % Arcilla
4.50	3.1	4.4	6.7
4.60	2.9	4.1	6.3
4.70	2.7	3.9	5.9
4.80	2.5	3.6	5.5
4.90	2.4	3.4	5.2
5.00	2.2	3.1	4.8
5.10	2.0	2.9	4.4
5.20	1.9	2.7	4.1
5.30	1.7	2.4	3.7
5.40	1.6	2.2	3.4
5.50	1.4	2.0	3.1
5.60	1.2	1.8	2.7
5.70	1.1	1.6	2.4
5.80	1.0	1.4	2.1

pH inicial	Cal (ton/ha)		
H2O	< 20% Arcilla	20-28 % Arcilla	> 28 % Arcilla
5.90	0.8	1.2	1.8
6.00	0.7	1.0	1.5
6.10	0.5	0.8	1.2
6.20	0.4	0.6	0.9
6.30	0.3	0.4	0.6
6.40	0.1	0.2	0.3
6.50	0.0	0.0	0.0

$CaCO_3$ (ton/ha) = 1.4 x (100/90) = 1.5 ton/ha = 1,555 kg/ha = 2,410 lbs/mz

IV. Momento de aplicación de la cal

El momento de aplicación del encalado debe hacerse previo a las etapas críticas donde más necesita los nutrientes el cultivo de café para lograr una mejor eficiencia en los rendimientos. Se recomienda aplicar el encalado de 1 a 2 meses antes de aplicar los fertilizantes para que reaccione, el contacto directo de la cal con fertilizantes nitrogenado en la superficie favorece la formación de carbonato de amonio, la cual se transforma en amoniaco que se pierde por volatilización (Espinosa, J. 2009).

En Nicaragua el uso de cal se hace de rutina, tenemos que tener él análisis de suelos e interpretarlo, si es lo correcto encalar, no se deben tomar decisiones por recomendaciones o recetas sin análisis de suelos. En el caso del café se puede aplicar cal en dos momentos.

La siguiente figura 1, muestra la demanda de nutrientes del café por las etapas fenológicas y meses, el indicativo es que se debe aplicar la cal en abril, para poner los nutrientes principales como N, P, K, Mg y Ca en junio.

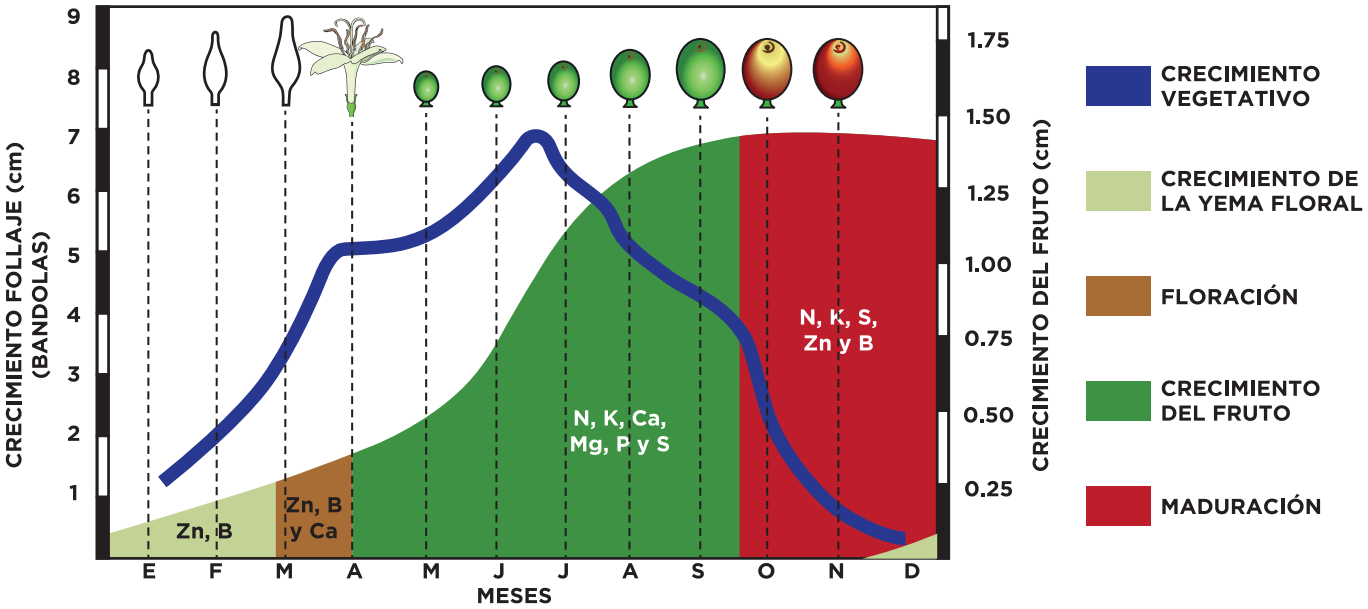


Figura 1. Demanda de nutrientes del café por fases fenológicas. Fuente: PROCAFE, 2007

a. Aplicación de Cal al momento del trasplante del café

Tener presente revisar las raíces en el fondo de la bolsa al momento del trasplante, que las raíces no estén dobladas “cola de chancho”.

b. Aplicación de cal en fase de producción del café

En este cultivo se debe aplicar la cal en abril para que el efecto del encalado provoque el cambio en el pH para fertilizar de forma normal en junio o julio.

	Pre floración		Post floración	Llenado de grano (producción)						Maduración	
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
			Encalado								

V. Lugar de aplicación de la cal

En la práctica no siempre se puede incorporar la cal debido a la operación o que el cultivo ya está establecido como el caso del café. Por ejemplo, en pastos, café, etc., la incorporación solo se puede hacer al inicio del cultivo. Ya establecido el cultivo solamente es posible aplicar cal en la superficie, en algunos casos con limitada incorporación. Por esto es básico conocer la ubicación correcta de las enmiendas o fertilización según el desarrollo, concentraciones y profundidad de las raíces de los cultivos.

El mayor porcentaje de raíces activas del cafeto se encuentra muy cerca de la superficie del suelo, en los primeros 10 cm de profundidad, y se extiende entre 1 y 1.5 m desde el tronco. En los primeros 30 cm de profundidad se encuentra el 86% de las raíces absorbentes y un 89.9% de las raíces totales del cafeto. Esto significa que la planta necesita buena disponibilidad de agua y nutrientes a esta profundidad del suelo, esto explica la efectividad de la fertilización bien ubicada y también las enmiendas como la cal.

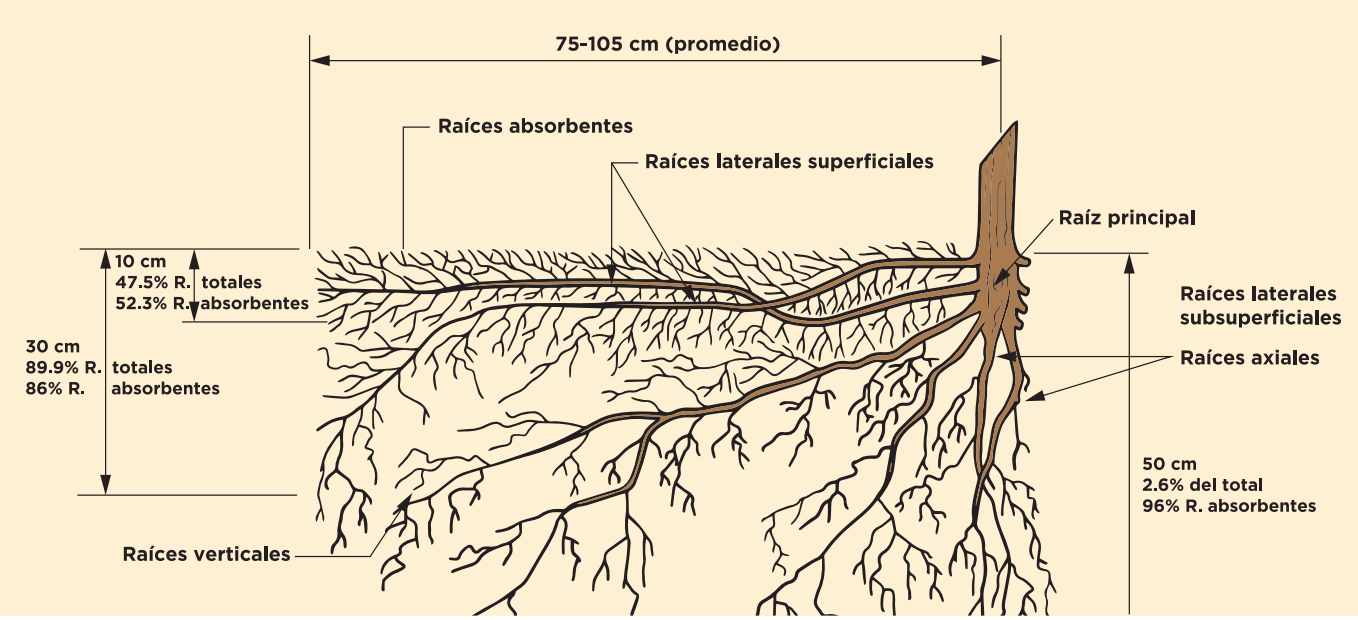


Figura 2. Morfología y distribución de las raíces de una planta de café (*C. arabica L.*) Fuente: Adaptado de Suárez de Castro, 1953.

En café el encalado se puede hacer en dos lugares:

a. Hoyo al momento del trasplante

Al momento del trasplante, una onza de cal (media onza al fondo del agujero y media alrededor de la plantita al trasplantarla cuando llene el agujero de suelo).

Fuente: Fotos profesor Luis Alvarez W. 2019.

b. Zona de goteo – bandolas. Café en producción

En este caso la aplicación de la enmienda es superficial en la banda o corona de fertilización, que es donde sucede la acidificación. La aplicación de cal en esta zona evita el desperdicio de aplicar en zonas donde no existe problema. En este caso la aplicación superficial de cal eleva el pH a una profundidad restringida de 5 a 10 cm que en ocasiones coinciden con la mayor actividad radicular, si existen problemas de acidez a mayor profundidad no se puede resolver con esta forma.

En áreas con pendiente o laderas se debe poner la cal en forma de media luna en la parte superior de la planta.

Foto 1. Ubicación del fertilizante en café en un área inclinada (Fuente: UCATSE, 2009).

En áreas planas la cal se debe incorporar bajo la zona de goteo en forma circular alrededor de las plantas (área efectiva).

Foto 2. Ubicación de la cal en café en área plana (Fuente: UCATSE, 2009).

VI. Referencias Bibliográficas

CENTA, 2014. Manual para la interpretación de análisis químicos y cálculos de enmiendas para café. San Salvador – El Salvador. 72 pág.

ESPINOSA, J. 1999. Acidez y encalado de los suelos. 42 páginas. Quito – Ecuador.

ESPINOZA, A. y CASTILLO, X. 2014. Interpretación de los análisis de suelos.

INTA/FAO, 2009. Manejo integrado de la fertilidad de suelos en Nicaragua. Manual para extensionistas. Managua – Nicaragua. 70 pág.

IPNI, 2014. Dinámica de la acidez. Conferencia Armando Tasistro. 86 láminas Powers Point.

IPNI, 2015. Manejo de la fertilización. Presentación y documentos de la página Web ipni.com. 80 láminas de Powers point.

LÓPEZ Y SÁNCHEZ, 1990. Tabla de doble entrada para determinar dosis de encalado.

MENDOZA, B. y ESPINOZA, A. Muestreo de suelos. Managua – Nicaragua. pág. 82.

ROLANDO DEMANET FILIPPI, 2017. Enmiendas calcáreas. Plan lechero watt s Serie Nº 2 / abril.

ZAMORANO, 2014. Presentación de métodos de encalado. 40 láminas Powers point. Congreso de Ciencias del Suelo. Cusco Perú.

NOTAS

NOTAS

CATHOLIC RELIEF SERVICES

fe.
acción.
resultados.

Catholic Relief Services Programa para Nicaragua
Frente a Ministerio de la Familia, Managua-Nicaragua http://crs.org/nicaragua/