Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

# Influencia de la aplicación de compost producido a partir de residuos de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en un Vertisol de Valle del Cauca

Isabel Cristina Ospina Barrero
Coordinador Compostaje
Química
MSc. Ciencias Agrarias con énfasis en suelos
25 de Agosto de 2022

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

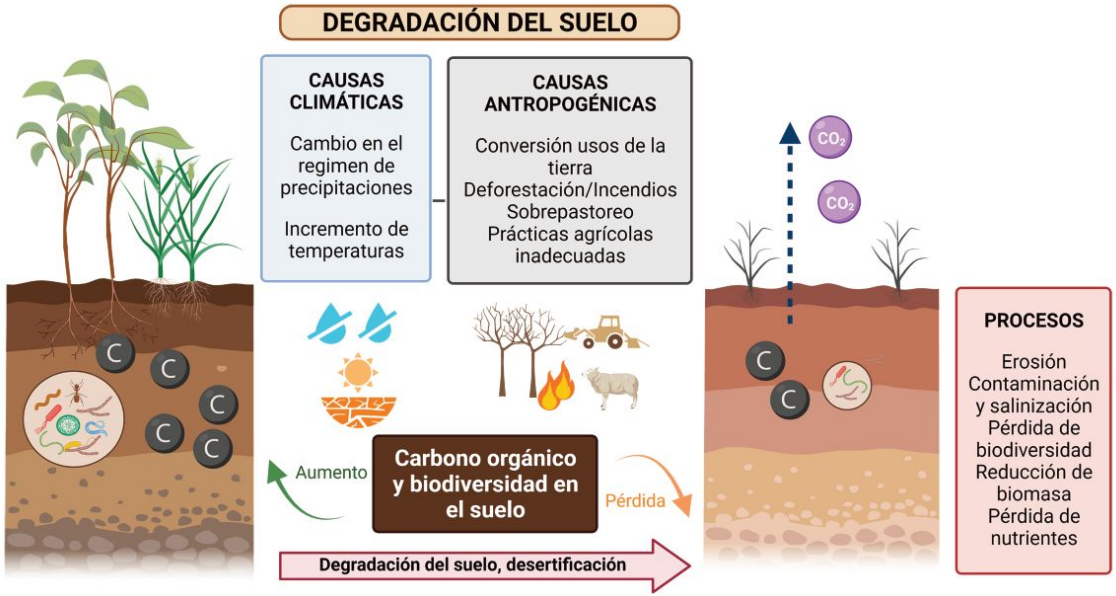
INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

# INTRODUCCION

Observaciones realizadas indican que en los últimos 40 años se ha perdido el 50% de la materia orgánica con contenidos actuales que oscilan alrededor de 1,5% en buena parte de los suelos de Valle del Cauca (García, 2010).



# Aprovechamiento de residuos agrícolas

El compost como acondicionador orgánico natural mejora a mediano y largo plazo las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, incrementa la porosidad, disminuye la densidad aparente, consolida la estructura y consistencia, aumenta la capacidad de intercambio catiónico, capacidad buffer, la concentración de algunos nutrientes esenciales y la actividad biológica del suelo (Labrador, 2001; Ward, 2002; Brady and Weil, 2004; Quiroz y Pérez, 2013).

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

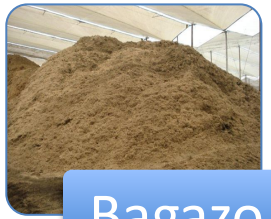
# Residuos del procesamiento de la caña de azúcar y alcohol carburante

**NUESTRAS MATERIAS PRIMAS**

**800 ton/dia**

Cachaza

Ceniza



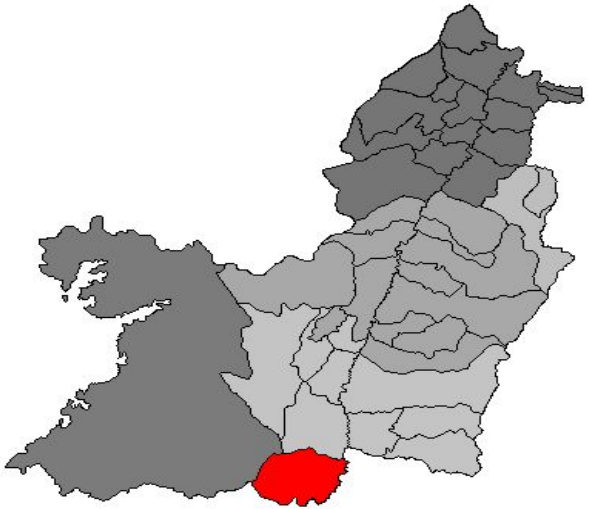
Bagazo

RM5

Vinaza

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

# Aplicación de compost Jamundí - Valle del Cauca



Agustín Codazzi, IGAC y el Centro de Investigación de la caña de Azúcar, CENICAÑA, el 22 de mayo del 2003.

INCAUCA El ingenio de los colombianos

cenicaña Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

#MÁSCercadelaGente

Aplicación de 20 t $ha^{-1}$ en suelos con condiciones deficientes.

- ✔ **Limitaciones físicas**: mal drenaje, nivel freático alto, pegajosidad y plasticidad alta y permeabilidad e infiltración baja.
- ✔ **Limitaciones químicas:** relación Ca/Mg estrecha, relación (Ca+Mg)/K amplia y sales de Na.

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

# Planta industrial del compostaje

- ✔ Inicio operaciones el 27 de enero del 2003
- ✔ El área total es de 19 ha, de cuales 13 están construidas
- ✔ INCAUCA S.A.S da tratamiento a 800 ton/día de residuos orgánicos en dos sistemas de operación (Backhus – Compostmatic)
- ✔ Sistema de tratamiento de vinaza (5 lagunas – 2 rampas – 2 tanques)
- ✔ Producción mensual de compost 8.500 ton/mes

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

# OBJETIVO

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de compost en diferentes estados de maduración y dosis, en las propiedades físicas y químicas del suelo escogido, además de la influencia en el crecimiento del cultivo de caña a los 3 y 6 meses y su productividad.

Los alcances de esta investigación pretenden generar información del beneficio que está aportando el compost generado de la industria azucarera en este tipo de suelo, como el aporte de la aplicación adecuada de compost para obtener el mejor rendimiento del cultivo y mantener la sostenibilidad del suelo.

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

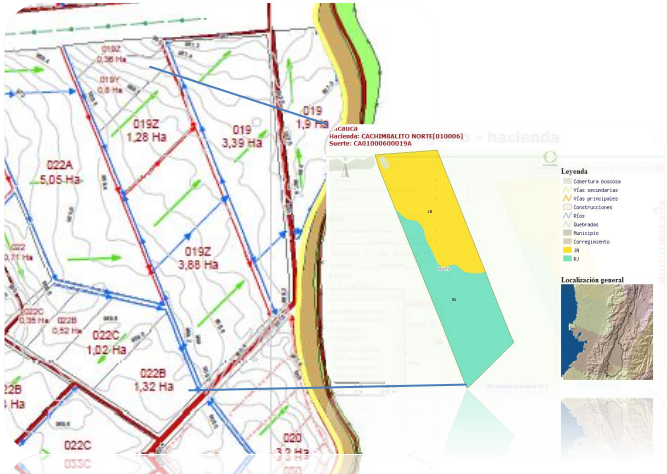
CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

#MÁSCercadelaGente

# METODOLOGIA

Clasificación taxonómica
(USDA, 2010)

Orden: Vertisol
Suborden: Aquerts
Gran grupo: Endoaquerts
Subgrupo: Chromic Endoaquert




Fuente: Cenicaña, 2013.

El experimento se realizó en la hacienda Cachimbalito localizada en el departamento de Valle del Cauca, sur del municipio de Jamundí (76° 29’ 4.58” W y 3° 9’ 26.15” N), con temperatura promedio de 24ºC y precipitación aproximada a los 2000 mm anuales. El suelo escogido fue un Chromic Endoaquerts (IGAG – Cenicaña, 2003)

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA El ingenio de los colombianos

cenicaña Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

#MÁSCercadelaGente

# METODOLOGIA

**Tabla 1. Descripción de los tratamientos evaluados.**

| Tratamiento | Dosis ($T\ ha^{-1}$) | Edad (Días) |
|---|---|---|
| T1 | 0 | 70 |
| T2 | 10 | 70 |
| T3 | 20 | 70 |
| T4 | 30 | 70 |
| T5 | 40 | 70 |
| T6 | 0 | 95 |
| T7 | 10 | 95 |
| T8 | 20 | 95 |
| T9 | 30 | 95 |
| T10 | 40 | 95 |
| T11 | 0 | 120 |
| T12 | 10 | 120 |
| T13 | 20 | 120 |
| T14 | 30 | 120 |
| T15 | 40 | 120 |

Descripción de los tratamientos

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar en un arreglo factorial 3 x 5, con tres (3) edades y cinco (5) dosis para un total de 15 tratamientos y 4 repeticiones

Análisis estadístico de la información

Las variables anteriormente descritas, evaluadas para diferentes fechas, fueron sometidas a un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el software SAS versión 9.3 segunda edición 2006. Aquellas donde se detectaron diferencias significativas entre medias se sometieron a la prueba de promedios de Bonferroni. Tanto los Anova como las pruebas de Bonferroni se realizaron para los tratamientos, repeticiones y los tiempos de muestreo.

# METODOLOGIA

Tabla 2. Variables de respuesta

| Evaluacion fisica suelo | Evaluacion Quimica Suelo | Evaluación química tejido foliar | Evaluacion agronomica tallos de caña de azucar |
|---|---|---|---|
| Densidad aparente | pH | Clorofila | Población |
| Densidad real | Condutividad eléctrica | Nitrogeno total | Altura |
| Porosidad total | Materia orgánica | Contenido de calcio, magnesio, potasio, sodio, aluminio, fósforo y azufre | Clorofila |
| Capacidad de campo | Nitrogeno disponible | Contenido de boro, cobre, hierro , manganeso y zinc | Brix |
| Punto de marchitez | Capacidad de intercambio catiónico | | Polarización |
| Lamina de agua almacenable | Contenido de calcio, magnesio, potasio, sodio, aluminio, fósforo y azufre | | |
| Textura | Contenido de boro, cobre, hierro , manganeso y zinc | | |
| Estabilidad de agregados | | | |
| Indice de estabilidad | | | |

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

# Montaje y conducción del experimento

a) Empaque compost en la planta de compostaje

b) Medida área total y distribución de parcelas

c) Muestreo suelo antes de aplicar compost

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

# Montaje y conducción del experimento

d) Aplicación de compost en las parcelas de la suerte 19Z

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

# Montaje y conducción del experimento

e) Evaluación de altura

f) Evaluación de población

g) Malezas

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

# Montaje y conducción del experimento

h) Muestreo hojas para análisis de tejido foliar

i) Organización muestras hoja

j) Muestreo suelos antes de cosecha

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

# Montaje y conducción del experimento

k) Corte manual de la caña

m) Apilamiento de tallos de caña

n) Cosecha y pesaje de tallo por parcela

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Tabla 3. Caracterización fisicoquímica de los compost, en los tres estados de madurez.**

| Parámetro | Límites permisibles | Edad | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 70 días | 95 días | 120 días |
| Humedad (%) | Máximo 30% | 24 | 21 | 10 |
| Cenizas | Máximo 60% | 50 | 49 | 62 |
| C.O | Mínimo 15% | 12,3 | 12,6 | 11,2 |
| M.O | | 21 | 22 | 19 |
| pH | Mayor de 4 y menor de 9 | 7,7 | 7,5 | 7,4 |
| Densidad Real (g $cm^{-3}$) | Máximo 0.6 g/ $cm^3$ | 0,63 | 0,59 | 0,66 |
| CE (dS $m^{-1}$) | | 17,20 | 22,60 | 24,80 |
| CRA (%) | Mínimo su propio peso | 96 | 111 | 85 |
| CIC (cmol $kg^{-1}$) | Mínimo 30 cmol/kg | 30 | 33 | 34 |
| C/N | | 19,00 | 17,00 | 15,00 |
| N - Total (%) | Declarar si es mayor a 1% | 0,90 | 0,97 | 1,01 |
| $P_2O_5$ | Declarar si es mayor a 1% | 1,31 | 1,25 | 1,38 |
| $K_2O$ | Declarar si es mayor a 1% | 1,51 | 2,02 | 1,92 |
| CaO | Reportar | 3,07 | 3,57 | 3,46 |
| MgO | | 0,96 | 1,10 | 1,22 |
| S | | 0,18 | 0,66 | 0,52 |
| $Na_2O$ | | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Al | | 2,0 | 2,0 | 1,9 |
| Mo | | ND | ND | ND |
| Si | | 30,4 | 31,2 | 36,5 |
| Fe (mg $l^{-1}$) | Reportar | 5733 | 5369 | 8646 |
| Mn | | 396 | 412 | 498 |
| Cu | | 54 | 48 | 57 |
| Zn | | 104 | 99 | 118 |
| B | | 17 | 19 | 25 |

Fuente: Laboratorio Agrilab S.A., 2013.

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA El ingenio de los colombianos

cenicaña Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

#MÁSCercadelaGente

# Efecto del compost en las propiedades físicas del suelo *Chromic Endoaquerts* Horizonte Ap de la suerte 19Z

## Tabla 4. Caracterización física del suelo

| Parámetro | Resultado |
|---|---|
| Textura (%) | |
| Arena | 17,96 ± 1,9 |
| Limo | 17,50 ± 1,8 |
| Arcilla | 64,53 ± 1,0 |
| Densidad (g cm$^{-3}$) | |
| Aparente | 1,16 ± 0,03 |
| Real | 2,33 ± 0,01 |
| Porosidad (%) | 50,45 ± 1,4 |
| Capacidad de campo (%) | 30,71 ± 0,8 |
| Punto marchitez (%) | 16,87 ± 0,4 |
| Lámina de agua (mm) | 15,99 ± 0,7 |
| Estabilidad de agregados (%) | |
| 2 mm (# 10) | 44,53 ± 4,2 |
| 0,84 mm (# 20) | 21,20 ± 3,0 |
| 0,5 mm (# 35) | 15,76 ± 1,5 |
| 0,25 mm (# 60) | 5,12 ± 1,3 |
| < 0,25 mm (# < 60) | 13,39 ± 1,9 |
| Índice de estabilidad | 0,74 ± 0,14 |

**Nivel de confianza P < 0,05 Promedio para 60 muestras**

## Tabla 5. Resumen del análisis de varianza para las propiedades físicas

| Variable de respuesta | Efecto | | |
|---|---|---|---|
| | Edad | Dosis | Edad*Dosis |
| Densidad (g cm$^{-3}$) | | | |
| Aparente | 0,33 | 0,63 | 0,58 |
| Real | 0,38 | 0,42 | 0,46 |
| Porosidad (%) | 0,15 | 0,84 | 0,76 |
| Capacidad de campo (%) | 0,97 | 0,56 | 0,91 |
| Punto marchitez (%) | 0,68 | 0,61 | 0,69 |
| Lámina de agua (mm) | 0,26 | 0,71 | 0,16 |
| Estabilidad de agregados | | | |
| 2 mm (# 10) | 0,37 | 0,53 | 0,27 |
| 0,84 mm (# 20) | 0,12 | 0,44 | 0,78 |
| 0,5 mm (# 35) | 0,99 | 0,33 | 0,01 * |
| 0,25 mm (# 60) | 0,89 | 0,25 | 0,91 |
| < 0,25 mm (# < 60) | 1,00 | 0,97 | 0,52 |
| Índice de estabilidad | 0,56 | 0,53 | 0,19 |

*** p - valor <0,05 se concluye diferencia entre al menos dos niveles**

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

## Vertisol (Esmectita o Montmorillonita– arcillas tipo 2:1)

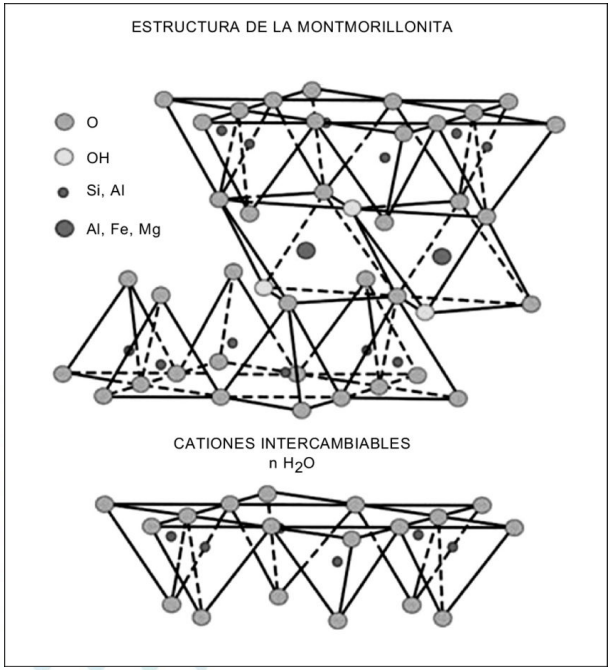



Figura 1. Estructura cristalina de la montmorillonita (modificado de Grim, 1968 (9))

- ✔ **Sustitución isomorfica**: sustitución de un ion en la red cristalina por otro de tamaño similar, de manera que no hay alteración de la estructura cristalina.
- ✔ Cuando el $Si^{+4}$ es sustituido por el $Al^{+3}$ en los tetraedros se crea un desbalance eléctrico, quedando el mineral con carga negativa que puede ser balanceado por átomo de potasio.
- ✔ Normalmente se sustituye $Si^{+4}$ x $Al^{+3}$ en la capa tetraédrica, $Al^{+3}$ x $Mg^{+2}$, $Al^{+3}$ x $Fe^{+2}$, $Mg^{+2}$ x $Li^{+}$ en las capas octaédricas.
- ✔ Presenta proceso de expansión y contracción.

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

## Cambios en la estabilidad de agregados (0.5 mm) por efecto de la interacción edad*dosis del compost

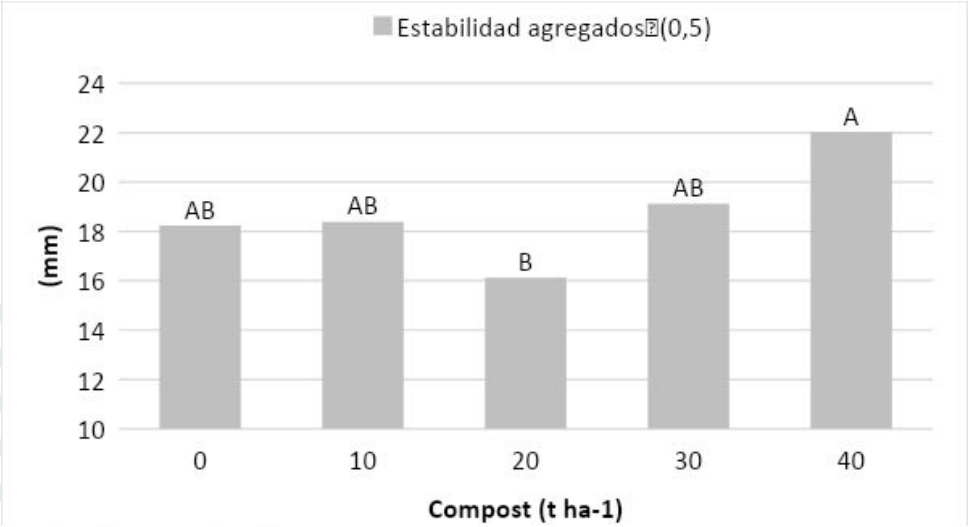



Figura 2 .Variación de la estabilidad de agregados (0,5 mm) después de la aplicación de compost del suelo Chromic Endoaquerts Horizonte Ap de la suerte 19Z

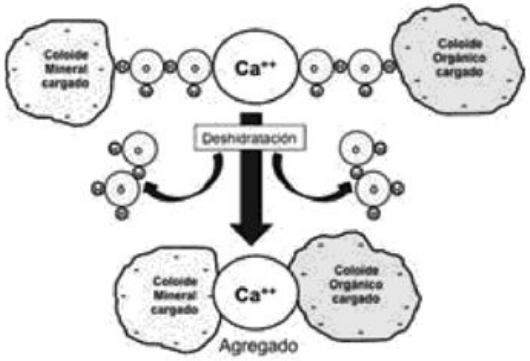



Figura 3 . Efecto de la agregación del suelo por la presencia de calcio

La mayor saturación en el complejo coloidal con 40 t $ha^{-1}$, es ocasionado por el predominio de las arcillas tipo 2:1, su alta capacidad de intercambiar cationes permite la adición de nuevos iones o cambios en la concentración de la solución, siendo el Ca retenido con más fuerza por su carácter bivalente y menor radio iónico hidratado (Navarro, *et al*. 2013).

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA El ingenio de los colombianos

cenicaña Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

#MÁSCercadelaGente

# Efecto del compost en las propiedades químicas del suelo *Chromic Endoaquerts* Horizonte Ap de la suerte 19Z

## Tabla 6. Caracterización química del suelo

| Parámetro | Resultado |
|---|---|
| pH | 4,87 ± 0,08 |
| CE (dS $m^{-1}$) | 0,07 ± 0,02 |
| Materia orgánica (%) | 3,30 ± 0,1 |
| Nitrógeno disponible (%) | 0,0022 ± 0,0003 |
| Elementos Mayores (cmol $kg^{-1}$) | |
| Ca | 10,45 ± 1,0 |
| Mg | 10,97 ± 0,6 |
| K | 0,24 ± 0,03 |
| Na | 0,23 ± 0,02 |
| Al | 0,46 ± 0,1 |
| CIC | 30,79 ± 2,0 |
| Elementos Mayores (mg $l^{-1}$) | |
| P | 10,98 ± 1,8 |
| S | 8,50 ± 2,0 |
| Elementos menores (mg $l^{-1}$) | |
| B | 0,29 ± 0,02 |
| Cu | 10,18 ± 0,7 |
| Fe | 139,74 ± 21,9 |
| Mn | 25,05 ± 2,2 |
| Zn | 2,79 ± 0,3 |

Nivel de confianza P < 0,05 Promedio para 60 muestras

## Tabla 7. Resumen del análisis de varianza para las propiedades químicas

| Variable de respuesta | Efecto | | |
|---|---|---|---|
| | Edad | Dosis | Edad*Dosis |
| pH | 0,05 * | 0,88 | 0,49 |
| CE (dS $m^{-1}$) | 0,31 | 0,55 | 0,61 |
| Materia orgánica (%) | 0,11 * | 0,73 | 0,70 |
| N disponible (%) | 0,15 | 0,66 | 0,89 |
| CIC (cmol $kg^{-1}$) | 0,99 | 0,52 | 0,55 |
| Elementos Mayores (cmol $kg^{-1}$) | | | |
| Ca | 0,73 | 0,57 | 0,17 |
| Mg | 0,39 | 0,14 * | 0,25 |
| K | 0,86 | 0,11 * | 0,31 |
| Na | 0,73 | 0,19 * | 0,66 |
| Al | - | - | - |
| Elementos Mayores (cmol $kg^{-1}$) | | | |
| P | 0,67 | 0,02 * | 0,48 |
| S | 0,33 | 0,07 * | 0,12* |
| Elementos menores (mg $l^{-1}$) | | | |
| B | 0,12 | 0,10 | 0,11 |
| Cu | 0,58 | 0,36 | 0,40 |
| Fe | 0,09 * | 0,55 | 0,95 |
| Mn | 0,04 * | 0,04* | 0,74 |
| Zn | 0,28 | 0,17 | 0,89 |

*** p - valor <0,05 se concluye diferencia entre al menos dos niveles**

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

# Cambios en pH , materia orgánica y hierro por efecto de la edad compost

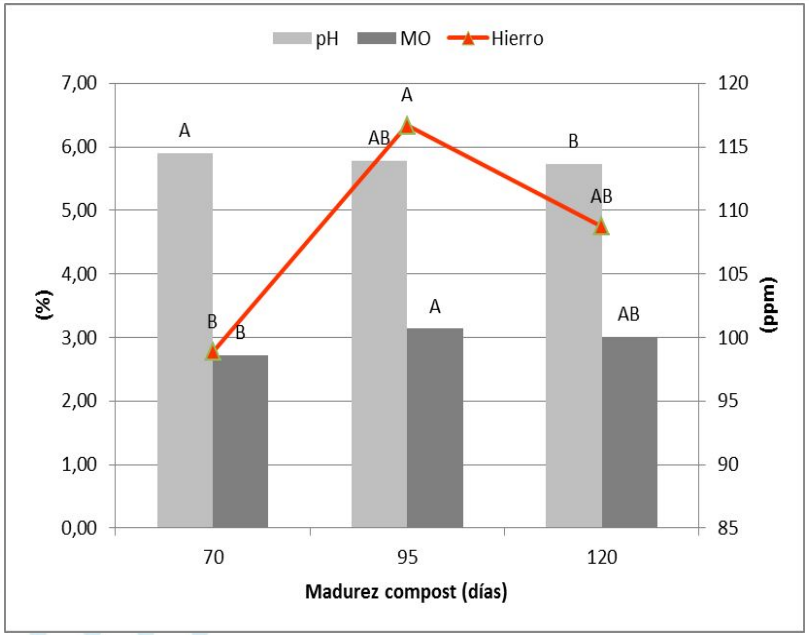



Figura 4. Variación de los contenidos de pH, MO y hierro después de la aplicación de compost del suelo Chromic *Endoaquerts* Horizonte Ap de la suerte 19Z

- Presencia de ácidos húmicos en compost maduros, no permiten que el pH se eleve pero también actúan como amortiguadores naturales debido a su gran capacidad de intercambio catiónico (Labrador, 2002).
- Mayor contenido de MO fresca, que continua su proceso de descomposición en el campo, liberando nutrientes por lixiviación o volatilización, y disminuyendo la concentración de MO (Balkcom et al., 2001).
- Los suelos mal drenados debido a las formas reducidas de Fe, la fluctuación de nivel freático produce la solubilización del Mn al reducirse y su posterior re-oxidación es la responsable de la formación de las concreciones típicas de estos suelos (Mullen, 2005).

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

# Cambios en magnesio, potasio y sodio por efecto de la dosis compost

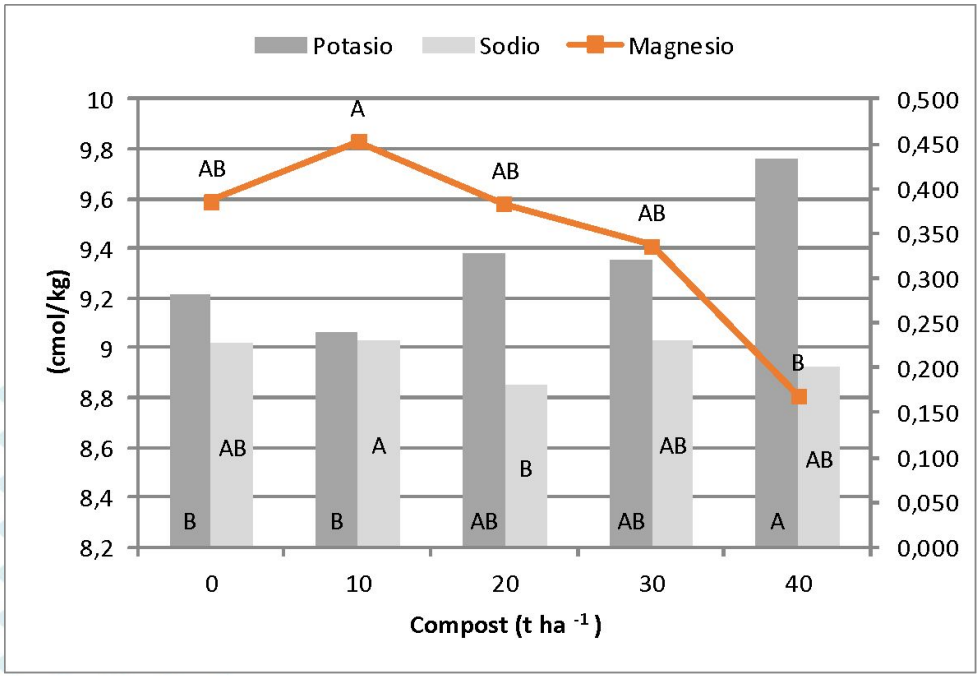



Figura 5. Variación de los contenidos de Mg, K y Na después de la aplicación de compost del suelo *Chromic Endoaquerts* Horizonte Ap de la suerte 19Z

Selectividad del complejo de cambio

Depende del tipo de material cambiador

**Montmorillonita** **Ca > Mg > H > K > Na**

Al añadir un fertilizante potásico soluble, el $K^+$ sustituirá parte de los $Ca^{+2}$ en el coloide. Por lo tanto, cuanto mayor sea la saturación de Ca, mayor será la absorción al coloide de K de la disolución del suelo (Navarro, *et al*. 2013).

Mg será más fácilmente intercambiable, y de acuerdo lo expuesto por Gómez, 2000, este elemento tiene una dinámica química muy compleja en el suelo y de modo general se puede lixiviar más fácilmente que el Ca.

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

Efectos de la aplicación de compost sobre la saturación de bases del suelo *Chromic Endoaquerts* Horizonte Ap de la suerte 19Z

Tabla 8. Balance de bases del suelo *Chromic Endoaquerts* Horizonte Ap de la suerte 19Z

| Relación | Ideal | Antes de aplicar compost | Después de aplicar compost | Deficiencia K |
|---|---|---|---|---|
| Ca/Mg | 3 -- 5 | 0,96 | 1,23 | |
| Ca/K | 6 -- 8 | 46,65 | 35,49 | >10 |
| K/Mg | 0,2 -- 0,3 | 0,02 | 0,04 | <0,2 |
| Mg/K | 12 -- 18 | 49,30 | 42,17 | >30 |
| (Ca+Mg)/K | 12 -- 20 | 95,95 | 77,66 | >40 |

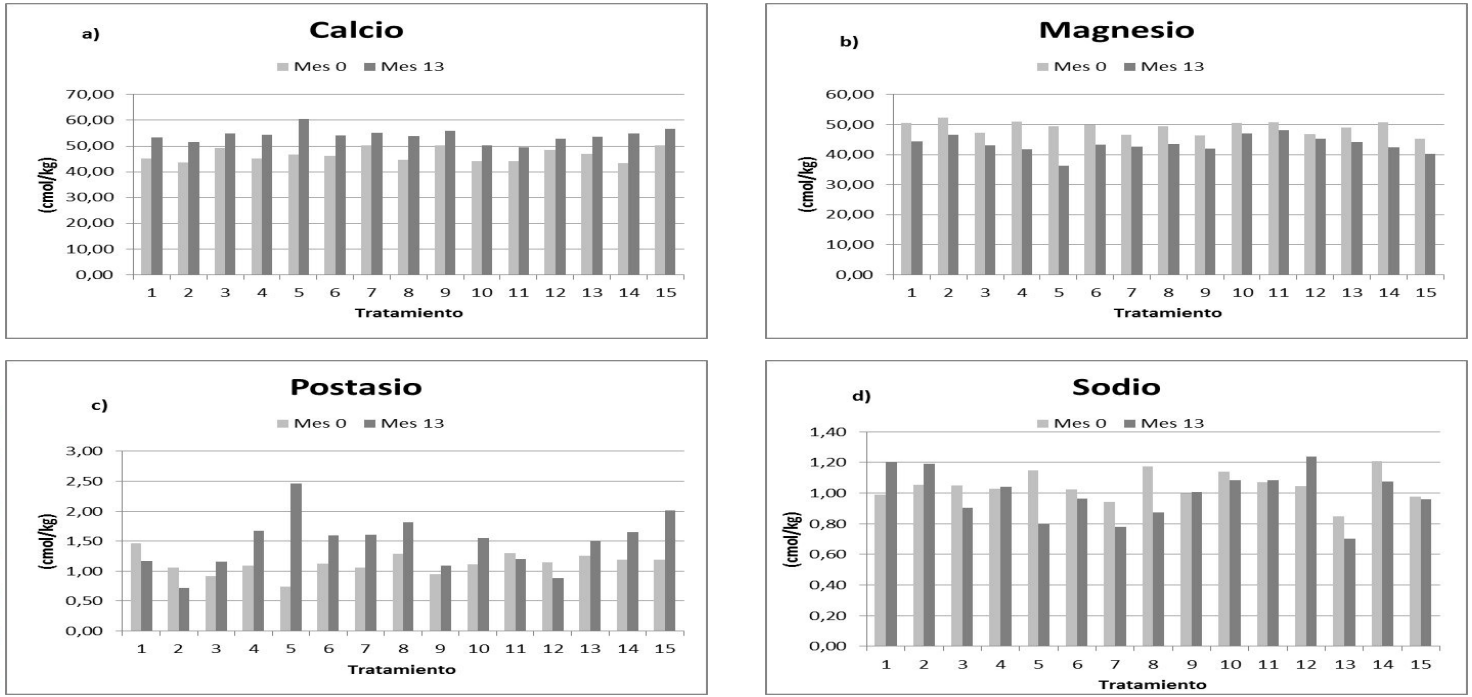



Figura 6. Efectos de la aplicación de compost sobre la saturación de bases del suelo *Chromic Endoaquerts* Horizonte Ap de la suerte 19Z

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

## Cambios en fosforo y azufre por efecto de la dosis compost

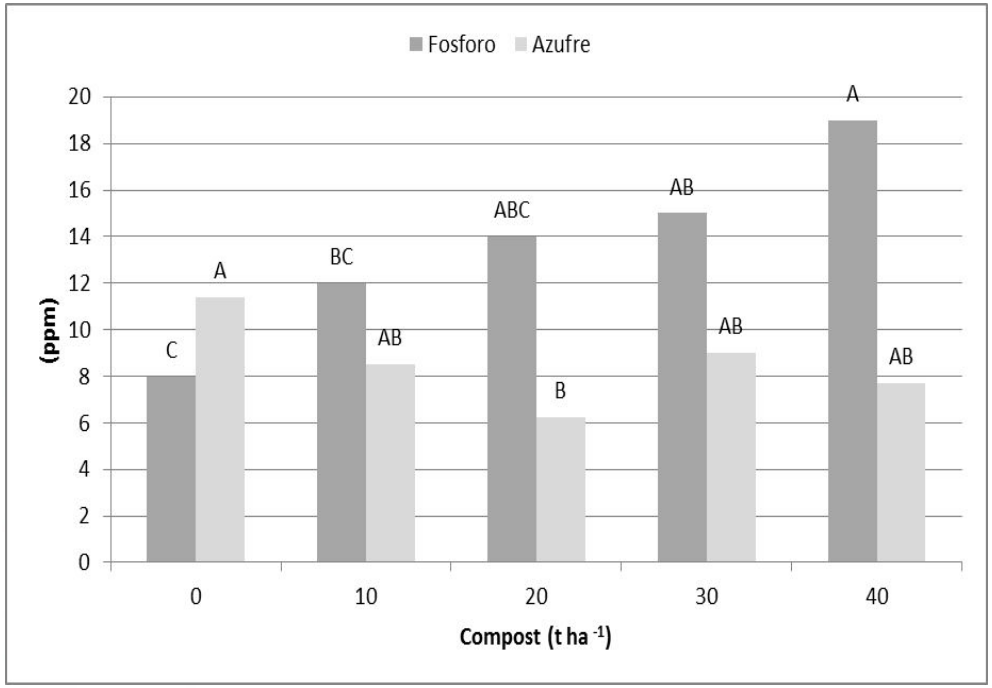



Figura 7. Variación de los contenidos de P y S después de la aplicación de compost del suelo *Chromic Endoaquerts* Horizonte Ap de la suerte 19Z

- Los cambios en P y S están asociados a los microorganismos presentes en el abono, en el caso el P por procesos de mineralización (conversión de compuestos orgánicos a inorgánicos) y la alteración de la solubilidad de los compuestos inorgánicos del P, debida principalmente a los cambios de acidez, son de gran importancia para generar la liberación de cantidades apreciables de P disponible (Munévar, 2010).

Tabla 9. Análisis de varianza a nivel foliar de la variedad 01-1940 después de la aplicación compost

| Tiempo | Variable de respuesta | Efecto | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Edad | Dosis | Edad*Dosis |
| 3 meses | Clorofila | 0,98 | 0,49 | 0,74 |
| | Elementos mayores (%) | | | |
| | N | 0,91 | 0,75 | 0,72 |
| | P | 0,89 | 0,54 | 0,51 |
| | Ca | 0,22 | 1,00 | 0,63 |
| | Mg | 0,55 | 0,54 | 0,13 |
| | K | 0,98 | 0,50 | 0,33 |
| | Na | 0,89 | 0,11 * | 0,44 |
| | S | 0,96 | 0,24 | 0,85 |
| | B | 0,35 | 0,40 | 0,98 |
| | Elementos menores (ppm) | | | |
| | Cu | 0,76 | 0,76 | 0,47 |
| | Fe | 0,84 | 0,94 | 0,98 |
| | Mn | 0,15 | 0,23 * | 0,59 |
| | Zn | 0,47 | 0,81 | 0,36 |
| 6 meses | Clorofila | 0,71 | 0,86 | 0,89 |
| | Elementos mayores (%) | | | |
| | N | 0,81 | 0,45 | 0,13 |
| | P | 0,33 | 0,15 * | 0,21 |
| | Ca | 0,96 | 0,49 | 0,81 |
| | Mg | 0,92 | 0,36 | 0,95 |
| | K | 0,94 | 0,29 * | 0,24 |
| | Na | 0,19 | 0,68 | 0,29 |
| | S | 0,55 | 0,19 | 0,55 |
| | Elementos menores (ppm) | | | |
| | B | 0,41 | 0,90 | 0,50 |
| | Cu | 0,84 | 0,57 | 0,49 |
| | Fe | 0,99 | 0,77 | 0,31 |
| | Mn | 0,68 | 0,58 | 0,25 |
| | Zn | 0,97 | 0,11 * | 0,34 |

* p - valor <0,05 se concluye diferencia entre al menos dos niveles

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

## Extracción de nutrientes en el tejido foliar a los 3 meses

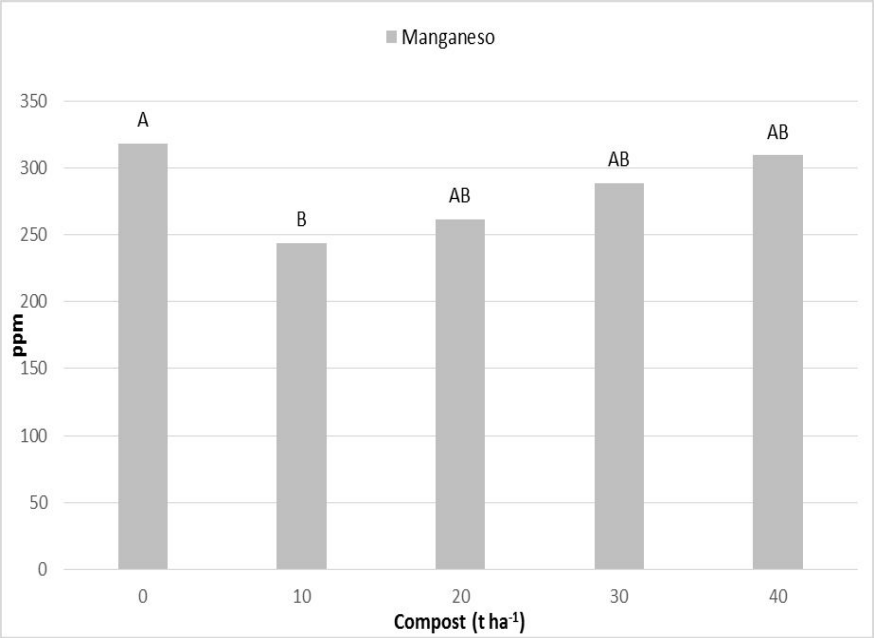



Figura 8 Variación de los contenidos de Mn a nivel foliar de la variedad 01-1940 después de la aplicación compost

Aunque el cultivo de caña requiere cantidades bajas de los elementos menores, la función en la actividad fisiológica del Mn en este cultivo está relacionada con la fotosíntesis y actividad enzimática (Quintero, 1995). De igual manera el Mn presento cambios significativos en el suelo que se reflejaron en el tejido foliar, estos resultados muestran que sin la aplicación de compost se obtuvieron los cambios representativos

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

## Extracción de nutrientes en el tejido foliar a los 6 meses

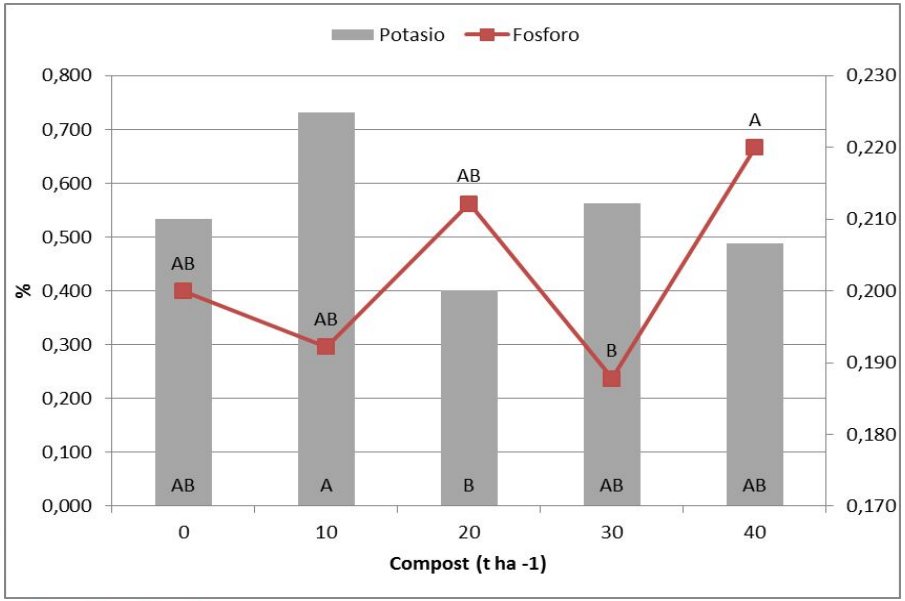



Figura 9. Variación de los contenidos de K y P a nivel foliar de la variedad 01-1940 después de la aplicación compost

Estos resultados son una consecuencia del desbalance de bases existente en este Vertisol, aunque se comprobó por medio de este estudio que el aporte de Ca en el compost logro una modificación en la relación de estos nutrientes en el complejo de cambio, la mayor concentración de iones Ca y Mg disminuyen la disponibilidad y absorción de K (Navarro, *et al*. 2013).

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

# Crecimiento y productividad del cultivo de caña de azúcar

Tabla 10. Análisis de varianza para las variables de crecimiento y productividad de la variedad 01-1940 después de la aplicación compost

| Tiempo | Variable de respuesta | Efecto | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Edad | Dosis | Edad*Dosis |
| 3 meses | Población | 0,61 | 0,22 * | 0,62 |
| | Altura | 0,47 | 0,18 * | 0,90 |
| | Diámetro | - | - | - |
| 6 meses | Población | 0,43 | 0,78 | 0,96 |
| | Altura | 0,77 | 0,05 * | 0,73 |
| | Diámetro | 0,75 | 0,09 * | 0,95 |
| 13 meses | TCH | 0,88 | 0,57 | 0,95 |
| | Sacarosa | 0,20 | 0,51 | 0,40 |
| | TSH | 0,90 | 0,56 | 0,92 |

*** p - valor <0,05 se concluye diferencia entre al menos dos niveles**

Comportamiento de las condiciones climáticas en el periodo de desarrollo de la variedad 01-1940

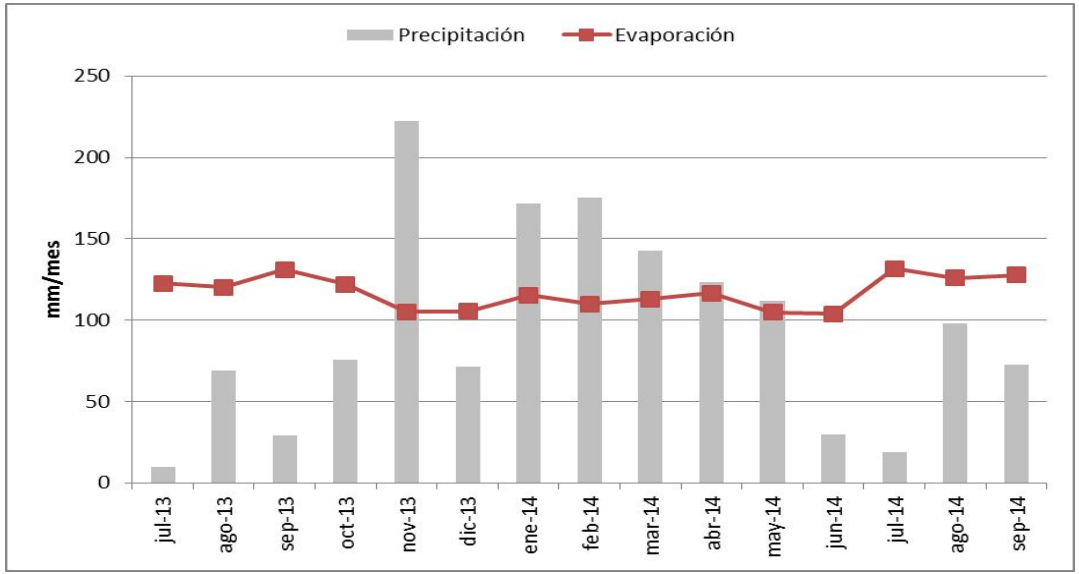



Figura 10. Comportamiento de las condiciones climáticas en el periodo de desarrollo de la variedad 01-1940

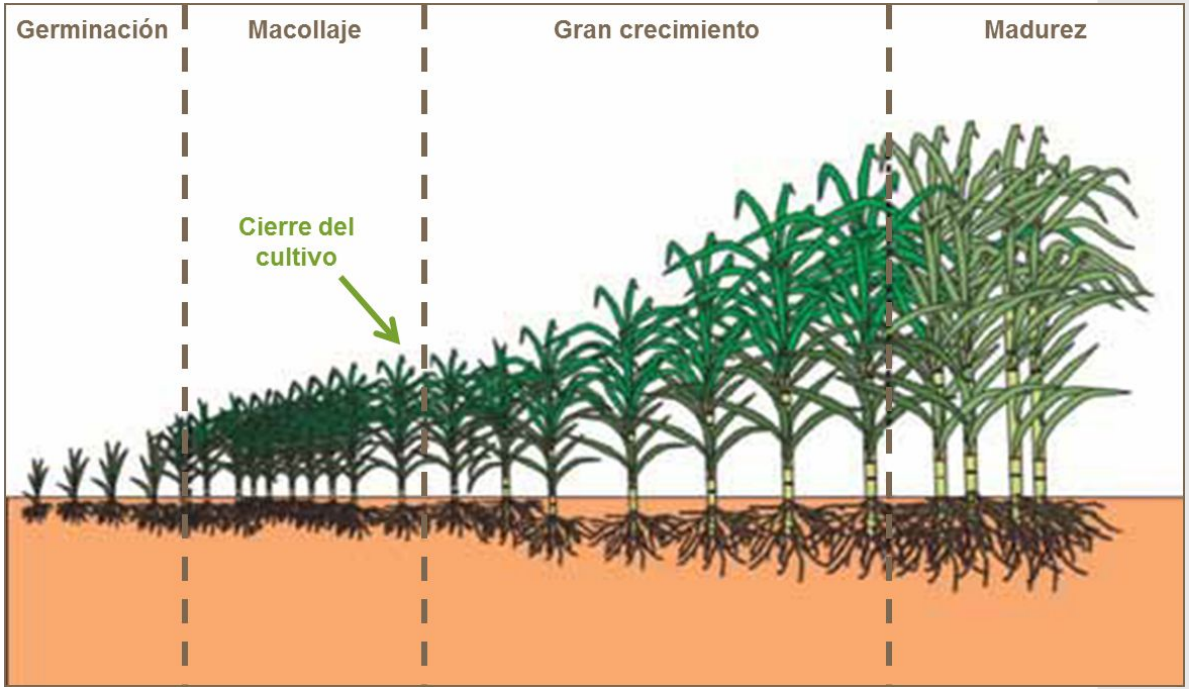
Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

# Crecimiento del cultivo de caña de azúcar



Cambios en población en etapa de crecimiento a los 3 y 6 meses por efecto de la dosis del compost

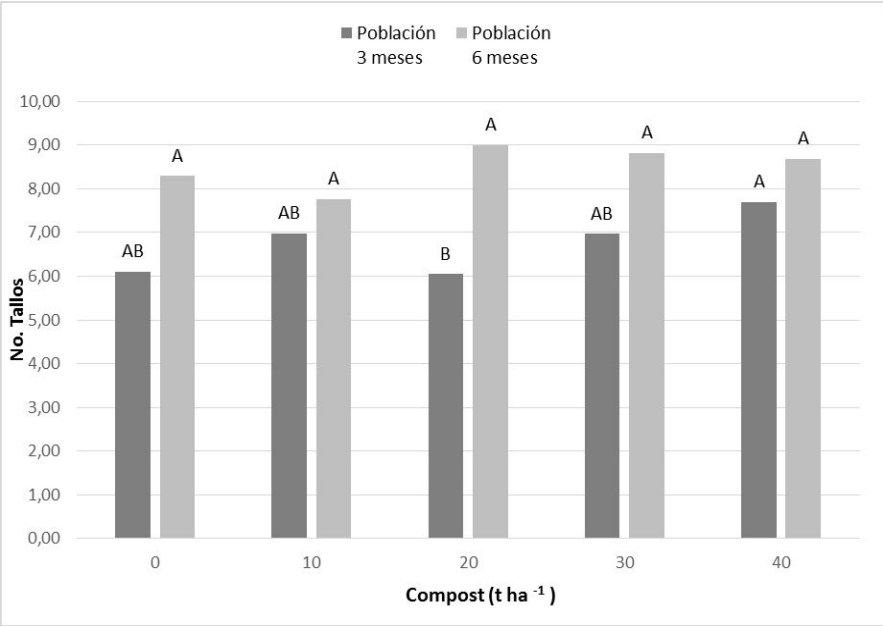



Figura 12. Variación en la población de la variedad 01-1940 después de la aplicación compost

Los resultados se consideran bajos para todas las dosis; la variedad 01-1940 fue creada para tener un macollamiento entre 9 – 13 tallos por cepa, el valor máximo obtenido fue de 7,7 tallos, y aunque se evidencio que a los 6 meses se presentó aumento en esta variable de respuesta, los cambios no son significativos

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

## Cambios en altura en etapa de crecimiento a los 3 y 6 meses por efecto de la dosis del compost

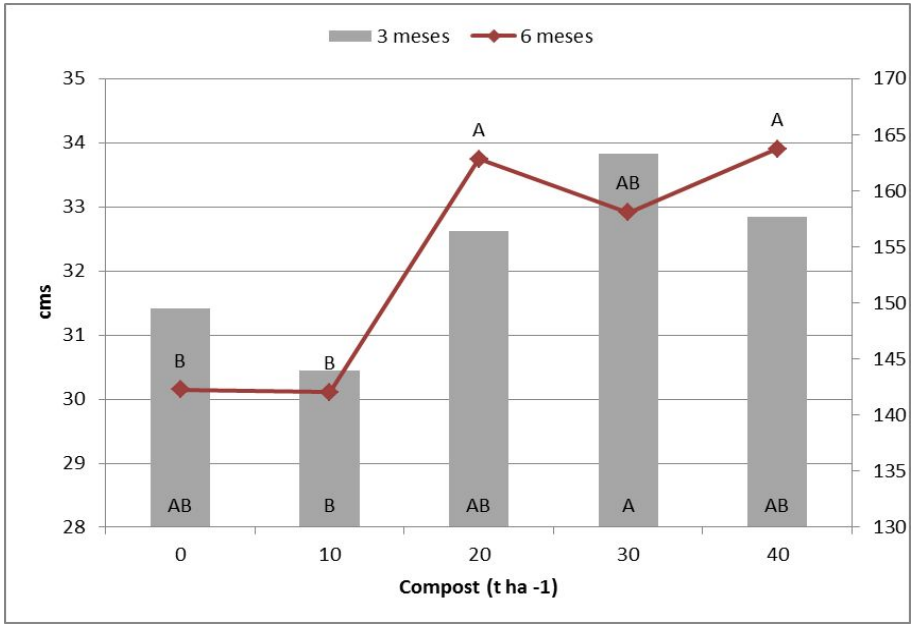



Figura 13 . Variación en la altura de la variedad 01-1940 después de la aplicación compost

al comparar los valores obtenidos (165 cm) con lo reportado por Unigarro et al. (2013) donde se evaluaron 13 variedades de caña de azúcar en condiciones de alta humedad, se obtuvieron valores de altura de 1,54 a 2,23 m antes de cosecha, se evidencia resultados similares, pues este comportamiento está influenciado por la variedad 01-1940, resistente a este tipo de condiciones.

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

## Cambios en diámetro en etapa de crecimiento a los 6 meses por efecto de la dosis del compost

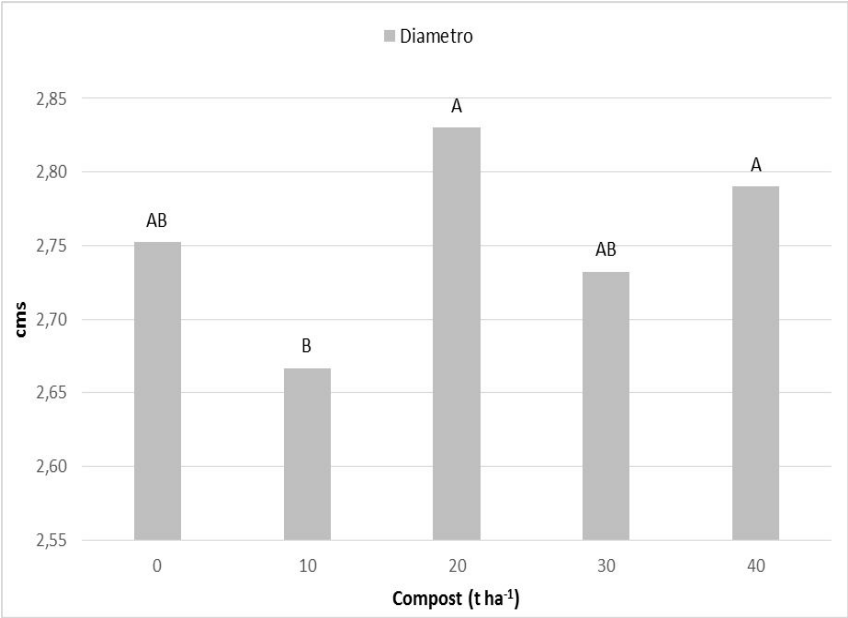



Figura 11. Variación en el diámetro de la variedad 01-1940 después de la aplicación compost

Los resultados se consideran normales, pues al comparar los resultados con los obtenidos con estudios realizados por Urringo *et al.*, (2013), los valores de diámetro estuvieron entre 2.36 y 2.97 cms, lo cual indica resultados adecuados en esta variable.

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

# Productividad del cultivo de caña de azúcar variedad 01-1940

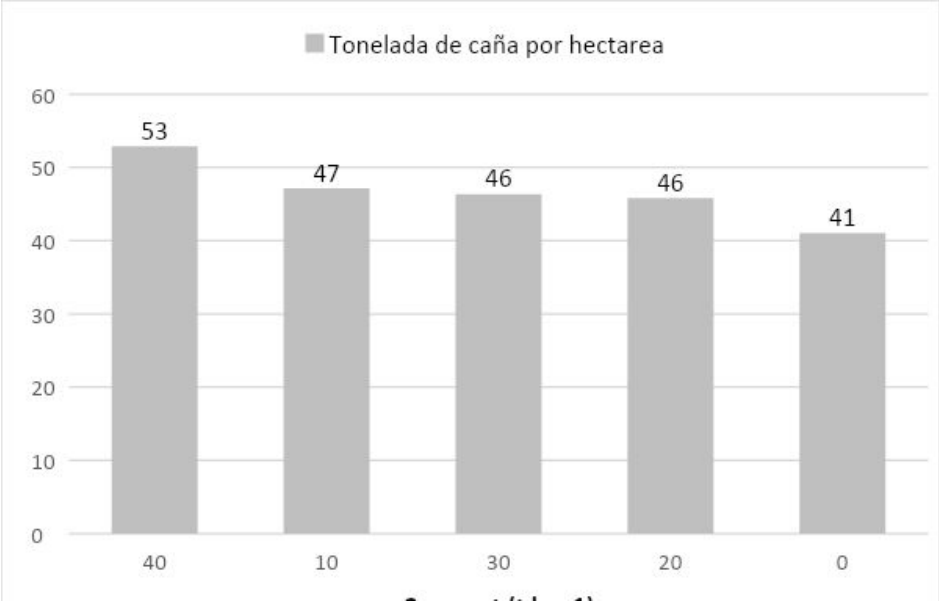



Figura 14. TCH alcanzado por la variedad 01-1940 después de la aplicación compost

El valor máximo para esta variable fue de 53 t $ha^{-1}$, lo cual está por debajo del indicador (115 t $ha^{-1}$) en TCH manejado en el ingenio del cauca, por otra parte, datos de productividad históricos en esta suerte muestran que en el primer corte se obtuvieron valores promedio de 81 t $ha^{-1}$, estos resultados fueron influenciados indudablemente por las condiciones climáticas y el tipo de suelo.

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

# Productividad del cultivo de caña de azúcar variedad 01-1940

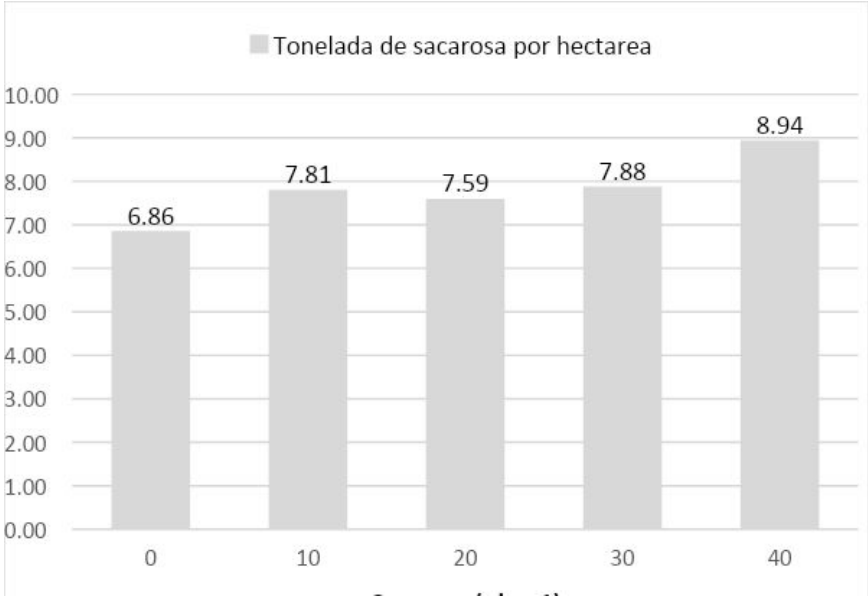



Figura 15. TSH alcanzado por la variedad 01-1940 después de la aplicación compost

El indicador TSH no mostro diferencias significativas entre los tratamientos planteados, los valores obtenidos están dentro del rango reportado por Cenicaña, (6 – 29 t $ha^{-1}$), estos valores se consideran bajos, siendo efecto de la baja productividad obtenida en TCH y no en porcentaje de sacarosa, los cuales estuvieron entre 16.65 y 17.29%, ubicándose dentro del rango de 10 – 16% mencionados por Cenicaña; estudios realizados por Viveros, *et al*. (2014),

## CONCLUSIONES

- Mayor cantidad de aplicación de compost, generado a partir de residuos de la industria azucarera, incrementa la estabilidad de los agregados (0,5 mm) en Vertisoles en época de renovación, beneficiando la estructura del suelo, particularmente los macroagregados.

- La aplicación de compost mejora la disponibilidad de algunos elementos, sin embargo, no suple la necesidad total de los nutrientes que requiere el cultivo de caña de azúcar en este tipo de suelo.

- Compost maduros amortiguan los cambios de acidez en el suelo y forman compuestos estables, compost menos maduros como el producido en Incauca, continua su transformación en el campo disminuyendo los contenidos de MO en el suelo.

- Altas dosis de compost impactan positivamente en las variables agronómicas del cultivo de caña de azúcar, reflejándose en mayores contenidos de TCH y TSH.

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

## BIBLIOGRAFIA


Balkcom, K.S., Adams, J.F. Hartzog, D.L., Wood, C.W. 2001. Mineralization of composted municipal sludge under field condition. Communications Soil Science Plant Analysis 32(9-10): 1589 – 1605 p.

Delgado, O.M., Menjivar, J.C., Muñoz, F. 2015. Influencia del sistema de manejo en la mineralización del nitrógeno y fertilización de caña de azúcar. Revista facultad nacional de agronomía. 69(1): 7755 – 7762 p.

García, A. 2010. Manejo de la Degradación del Suelo. En: Burbano, H. y Silva, F. Ciencia del Suelo. Bogotá. Colombia. Guadalupe S.A. 309-356 p.

Gómez, J. 2000. Abonos Orgánicos. Cali. Colombia. Feriva S.A. 50 – 63 p.

Gómez, A., Cruz, R., Torres, J.S., Londoño, J.D., Campos, A. 2007. Macroproyecto de agricultura especifica or sitio. Afinamiento y validación de los grupos de humedad. Colciencias – Cenicaña. Cali. Colombia. 120 p.

Instituto Geográfico Agustin Codazzi, Cenicaña, 2003. Estudio detallado de suelos y capacidad de uso de las tierras sembradas con caña de azúcar en el Valle Geográfico del Rio Cauca. Cali. Colombia. 15 – 79 p.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Corpoica, 2002. Cobertura y uso actual de las tierras en Colombia. Bogotá. Colombia. 30, 76, 78 p.

Labrador, J. 2002. La materia orgánica en los agroecosistemas. Madrid. España. Mundi- prensa. 89, 90, 91, 92, 152, 168, 180 p.

Misra, R.V., Roy, R. N., Hiraoka, H. 2003. On-Farm Composting Methods. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado el día 7 de febrero de 2016 de la World Wide Web: http://www.fao.org/docrep/007/y5104e/y5104e00.HTM_

Munévar, F. 2010. Transformaciones microbianas del fosforo. Sociedad Colombiana de la Ciencia del suelo. En: Organismos del suelo. Bogotá, Colombia. Guadalupe S.A. 460 - 463 p.

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

## BIBLIOGRAFIA


Navarro, S., Navarro G. 2013. Química Agrícola. Madrid. España. Mundi-prensa. 128, 236, 260, 316 p.

Pagano, E. D., PeternelliI, L. A., Mendes de PaulaII, T. O., Pereira B. M. 2012. Análise de trilha usando valores fenotípicos e genotípicos para componentes do rendimento na seleção de famílias de cana-de-açúcar. Ciência Rural 42(1):38 – 44 p.

Quintero, R. 1995. Fertilización y nutrición. En: Cenicaña. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali. Cenicaña. 156 p.

Quintero, R. 2008. Efectos de la aplicación de elementos menores en caña de azúcar en suelo del Valle del Rio Cauca. Revista Tecnicaña. 12(20):18 -26 p.

Robertson, F.A., Morgan, W.C. 1995. Mineralization of C and N in organic materials as affected by duration of composting. Australian Journal of Soil Research 33(3):511 – 524 p.

Subirós, F. 1995. El cultivo de la caña de azúcar. San José. Costa Rica. Universidad Estatal a Distancia. 151 - 157 p.
Unigarro, A.C., Victoria, J.I., Checa, O.E. 2013. Evaluación del área de aerénquima radical en caña de azúcar (saccharum spp.) como característica de tolerancia a hipoxia. Acta Agronómica. 62 (3), 223-231 p.

Viveros, C.A., Baena, D., Salazar, F., López, L.O., Victoria, J.I. 2015. Características de la caña de azúcar asociadas con toneladas de caña por hectárea y sacarosa (% caña). Acta Agronómica. 64 (3) 268-272 p.

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

# AGRADECIMIENTOS

**Incauca S.A.S** por su apoyo económico y espacio de tiempo para realizar este estudio.
**José Mauricio Ramírez** , coordinador de la planta de compostaje.
Al área de **Agronomía**, en especial al ingeniero Luis Eduardo Cuervo por disponer del recurso de personal y asesoría en el montaje de este estudio.
A **Cenicaña** por el asesoría estadistica y de investigación.

Gestión del Suelo Sostenible
Seminario Internacional

INCAUCA
El ingenio de los colombianos

cenicaña
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

CVC
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
#MÁSCercadelaGente

# Gracias