



Programa de Agronomía Área de Mecanización

Pedro Francisco Sanguino Ortiz
Phd. Msc. Ing. Agrícola
Coord. Mecanización





Programa de Agronomía

Roturación del suelo bajo diferentes manejos de residuos en el cultivo de la caña de azúcar



Ingenios
Proveedores
Asociaciones

Objetivo

Contribuir al levante de las socas con la roturación y la conservación de los residuos de la cosecha de la caña de azúcar.



¿Por qué realizamos labores de roturación en la caña?

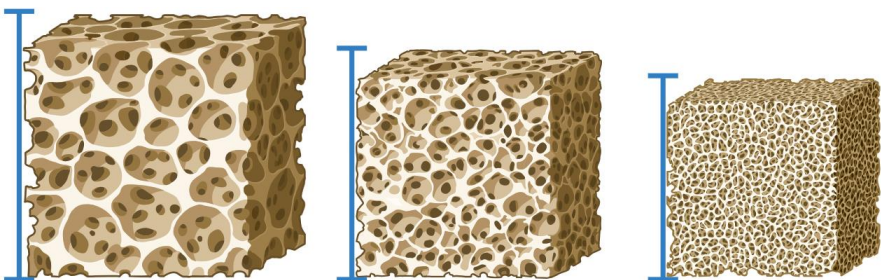
Programa de agronomía
Mecanización Agrícola



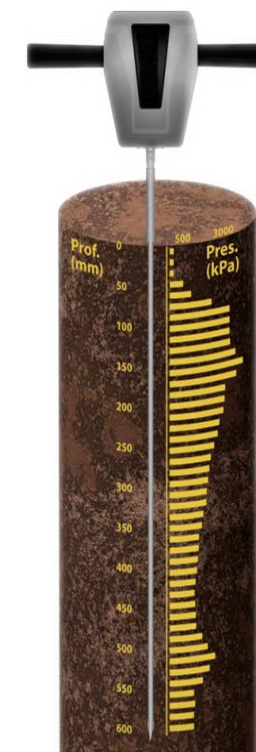
¿Qué es la compactación de los suelos en caña de azúcar?

Programa de agronomía
Mecanización Agrícola

Perdida del espacio poroso o de vacíos en el suelo por su adensamiento.



Formación de capas endurecidas en el perfil del suelo.

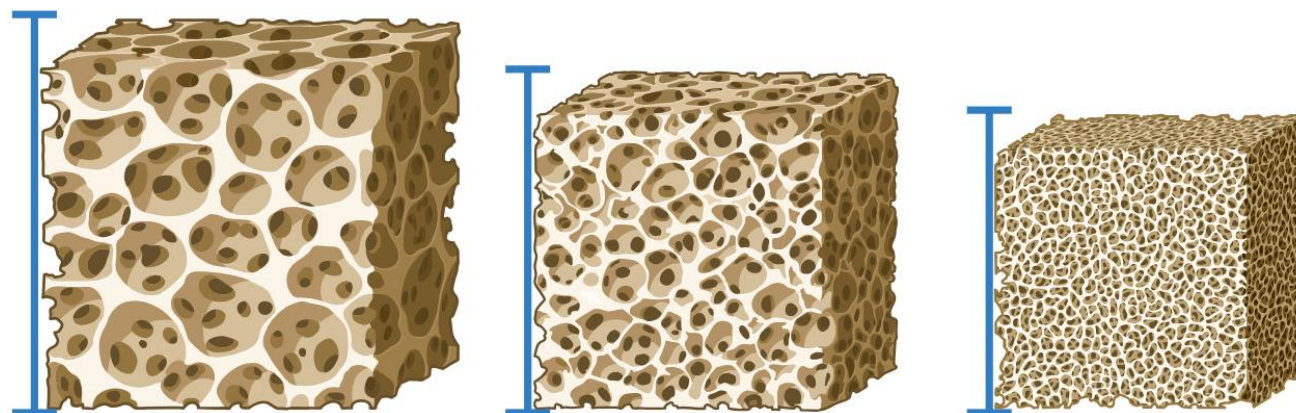






¿Qué es la compactación de los suelos en caña de azúcar?

Programa de agronomía

Mecanización Agrícola

Perdidas de capa



-  Infiltración del agua
-  Capacidad de almacenar agua
-  Disponibilidad de agua e intercambio gaseoso
-  Soporte radical de la caña

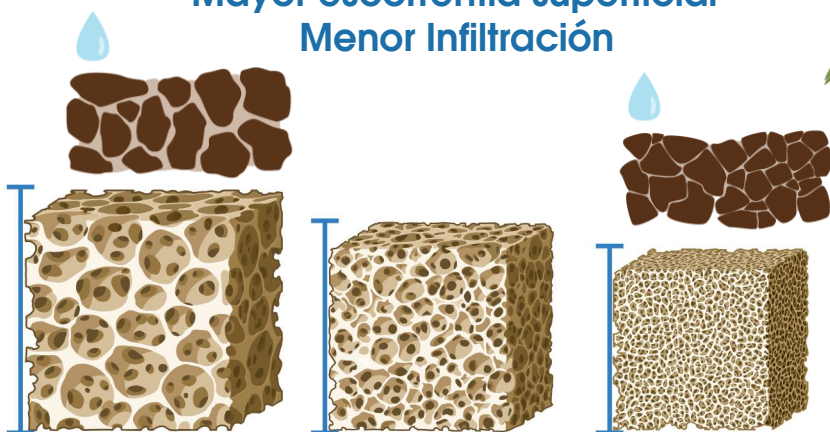
¿Qué es la compactación de los suelos en caña de azúcar?

Minimización de la infiltración en el suelo.



infiltración del agua

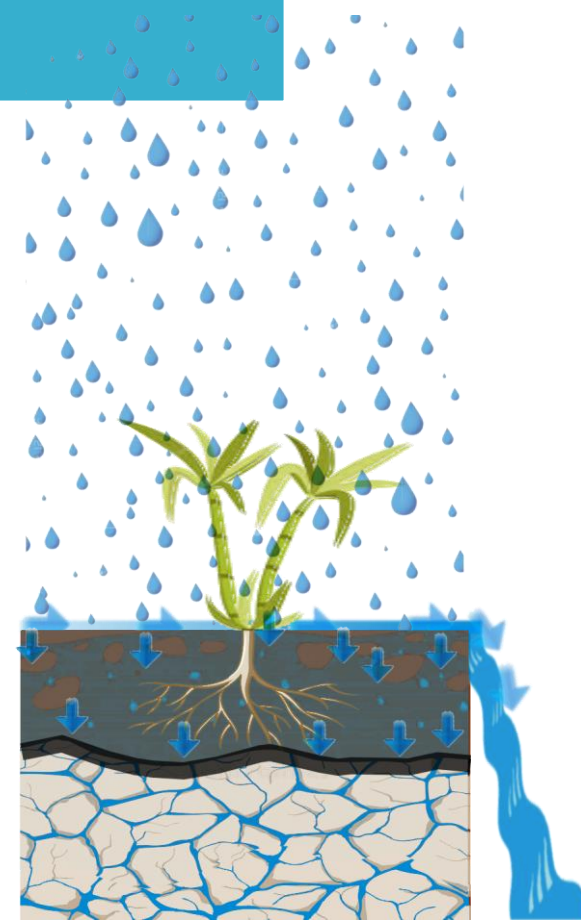
Mayor escorrentía superficial
Menor Infiltración



cenicaña



En **poros pequeños** la velocidad de **infiltración** se reduce, aumentando la **escorrentía** y/o encharcamiento del suelo.



¿Qué es la compactación de los suelos en caña de azúcar?

Programa de agronomía

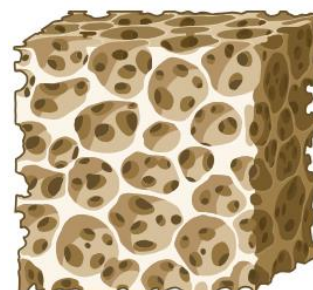
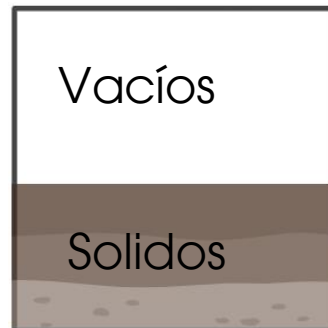
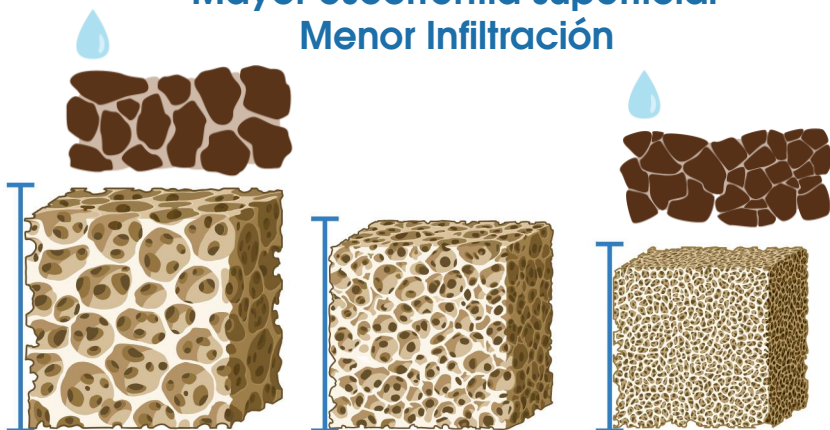
Mecanización Agrícola

Menor capacidad de almacenamiento de agua



Capacidad de almacenar agua

Mayor escorrentía superficial
Menor Infiltración



 cenicaña

¿Qué es la compactación de los suelos en caña de azúcar?

Programa de agronomía

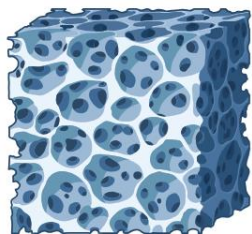
Mecanización Agrícola

Menos agua disponible para la planta

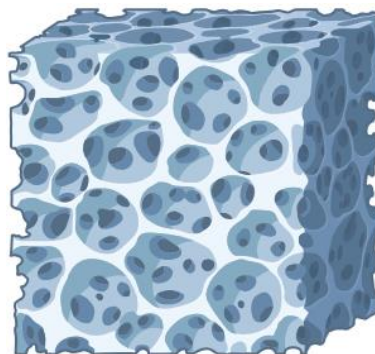


Disponibilidad de agua e intercambio gaseoso

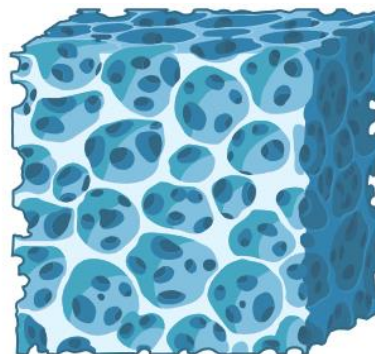
Suelo en capacidad de campo



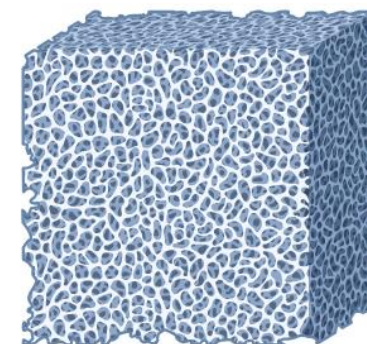
En **saturado**, el suelo **no tiene aire** y el agua no está fácilmente disponible



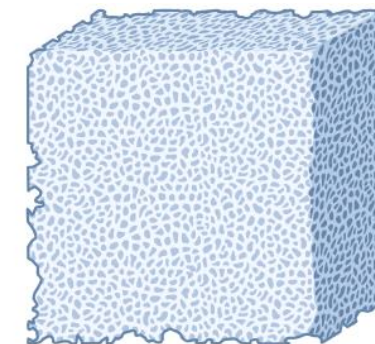
En **capacidad de campo** y con **aire en los poros**, el agua está **fácilmente disponible**



El suelo presenta agua, pero **baja aireación**, limitando la disponibilidad del agua



El suelo presenta agua y **no hay aireación**, con agua no disponible



¿Cómo afecta la compactación de los suelos al cultivo de la caña?

Programa de agronomía

Mecanización Agrícola

Desarrollo óptimo de la planta

La planta no se desarrolla de manera óptima, el exceso de agua puede causar hipoxia.

La planta no puede obtener la cantidad de agua adecuada para su desarrollo

La planta no puede obtener el agua del suelo, con desarrollo totalmente limitado



Grado de compactación

Oxígeno y agua disponible

Suelo en capacidad de campo

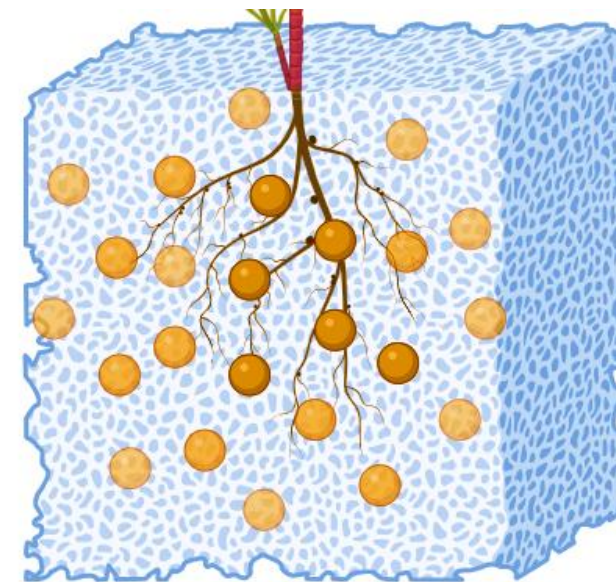
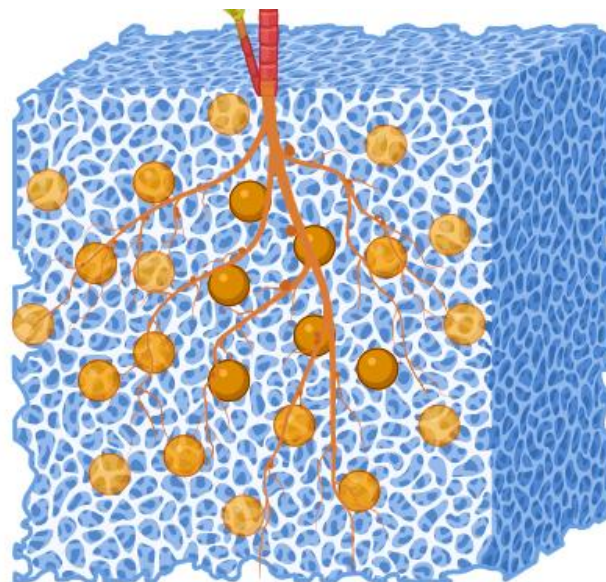
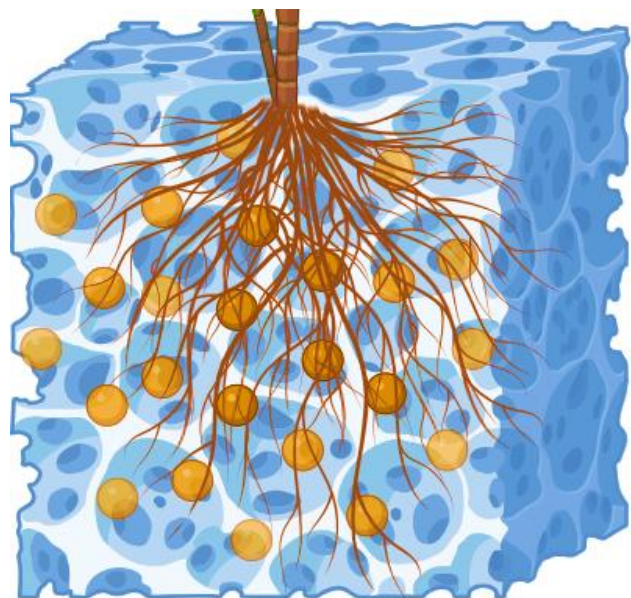
✓ cenicaña

¿Cómo afecta la compactación de los suelos al cultivo de la caña?

Programa de agronomía

Mecanización Agrícola

Impedimento mecánico del suelo al crecimiento de las raíces de la caña



- Menor cantidad de raíces y menor volumen
- Raíces con crecimiento superficial
- Radio de exploración para el aprovechamiento de agua y nutrientes disminuido

¿Cómo se ocasiona la compactación del suelo?

Programa de agronomía
Mecanización Agrícola

Capacitación por tensión vertical

En suelos agrícolas la compactación es ocasionada por las tensiones transmitidas por la maquinaria agrícola a través de los sistemas de ruedas.

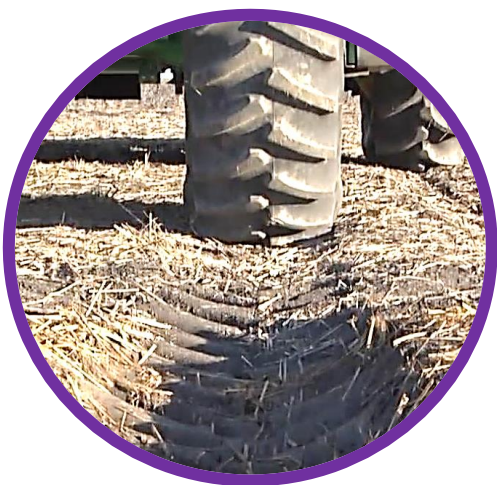


¿Cómo se ocasiona la compactación del suelo?

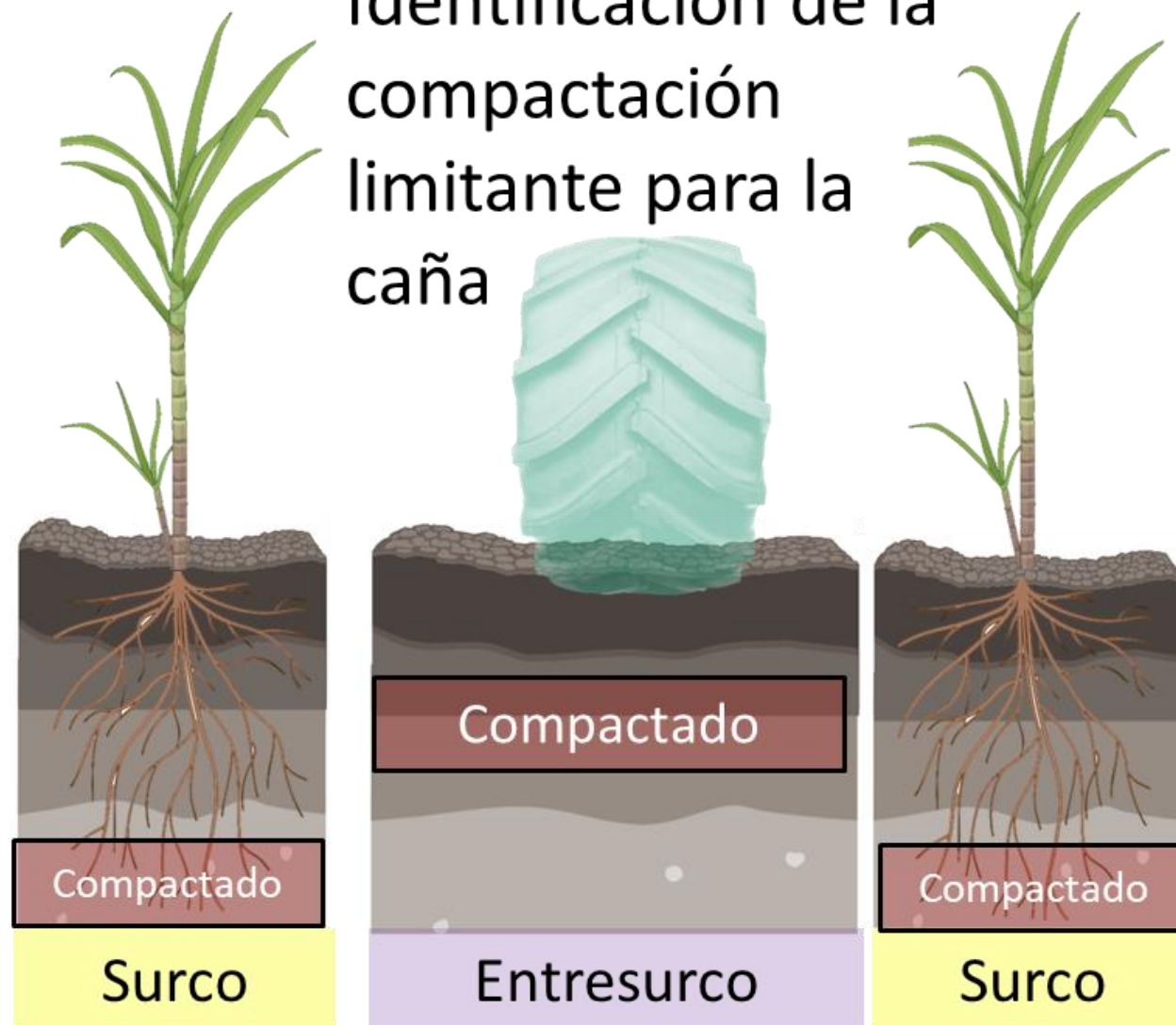
Programa de agronomía

Mecanización Agrícola

Compactación por tensión vertical de la maquinaria agrícola



Identificación de la compactación limitante para la caña



¿Cómo se ocasiona la compactación del suelo?

Programa de agronomía
Mecanización Agrícola

La compactación de los suelos también puede ser generada por el uso de implementos agrícolas.

Compactación por tensión horizontal y vertical



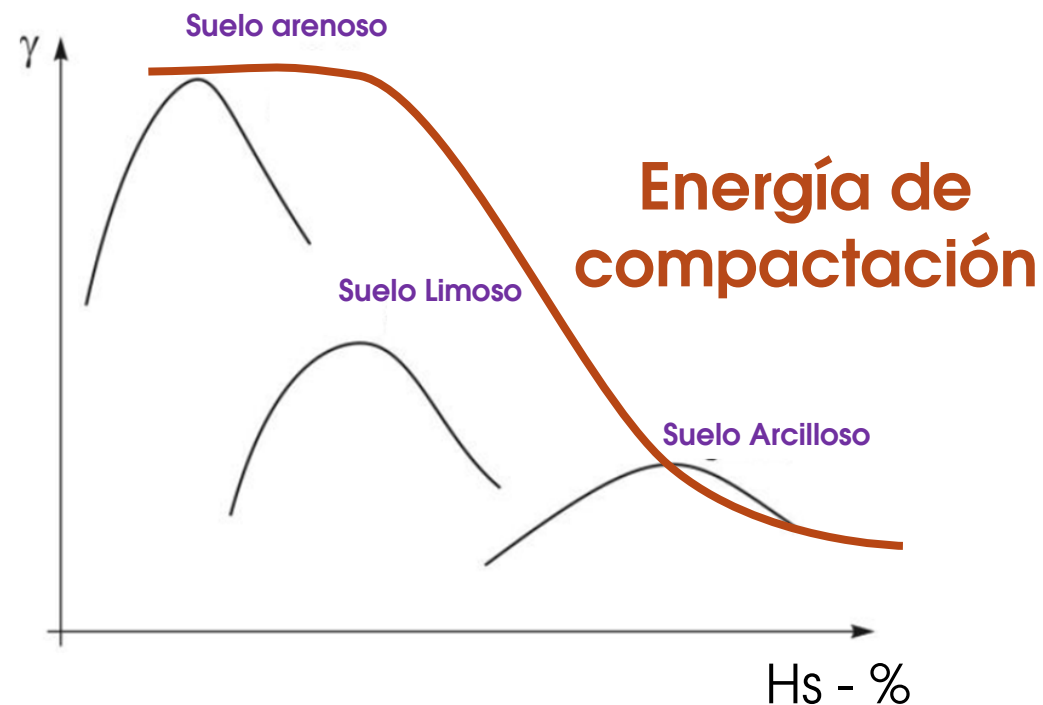
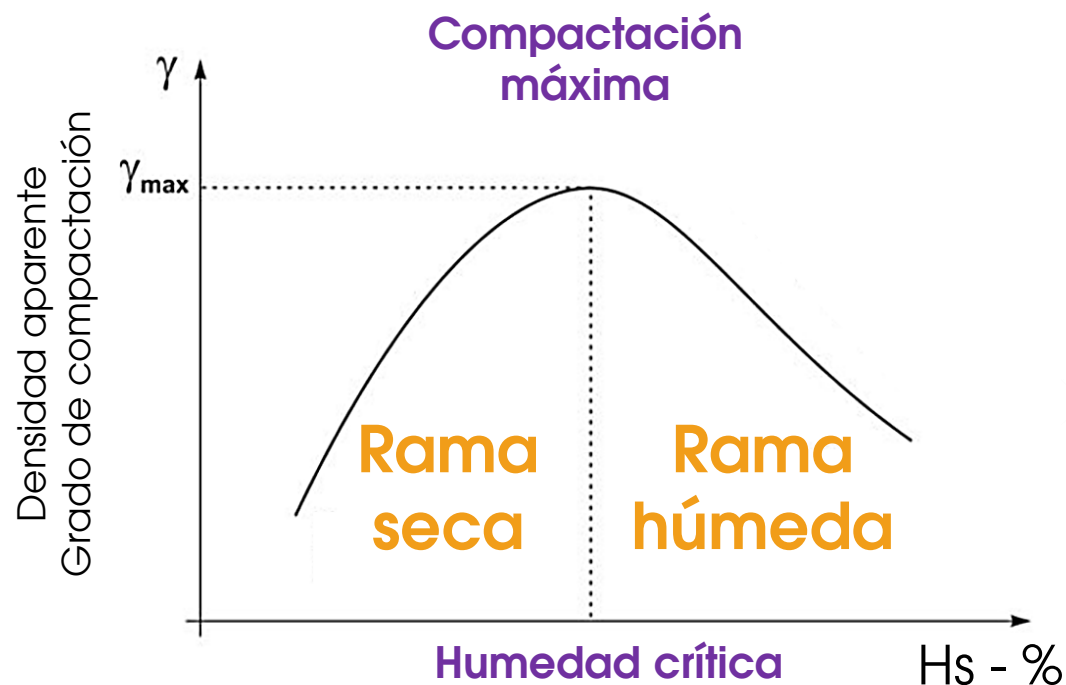
Pie de arado



¿Cómo es la relación suelo-máquinas agrícolas?

Programa de agronomía
Mecanización Agrícola

Tipo de Texturas



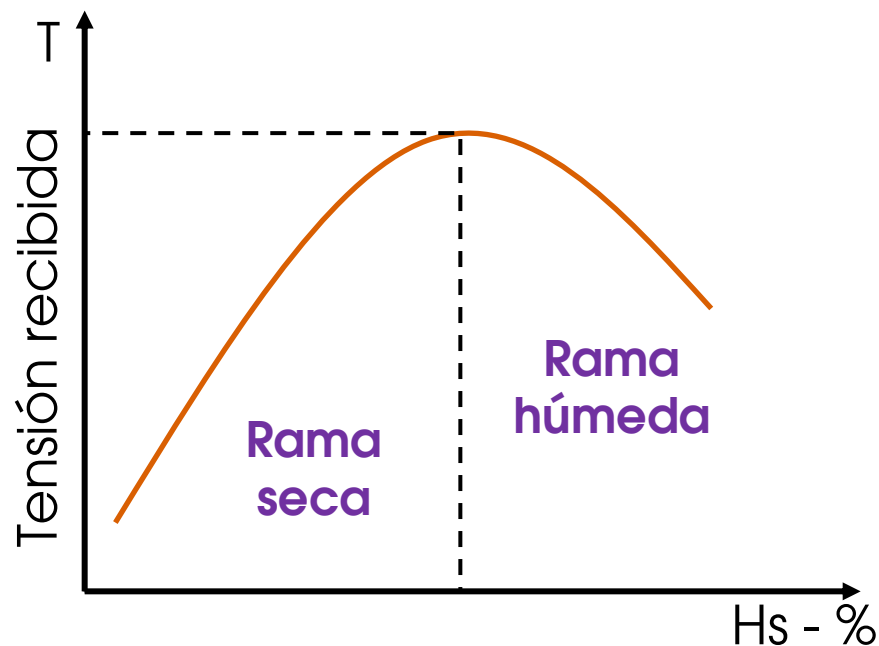
Contenidos de agua

¿Cómo es la relación suelo-máquinas agrícolas?

Programa de agronomía
Mecanización Agrícola



Tránsito en baja
humedad



Tránsito en húmedo

El suelo en condiciones húmedas
presenta mayor susceptibilidad a la
compactación

¿Cómo es la relación suelo-máquinas agrícolas?

Programa de agronomía
Mecanización Agrícola



Tránsito en baja humedad



Tránsito en húmedo

Menor profundidad de la tensión en el perfil del suelo



Mayor profundidad de la tensión en el perfil del suelo

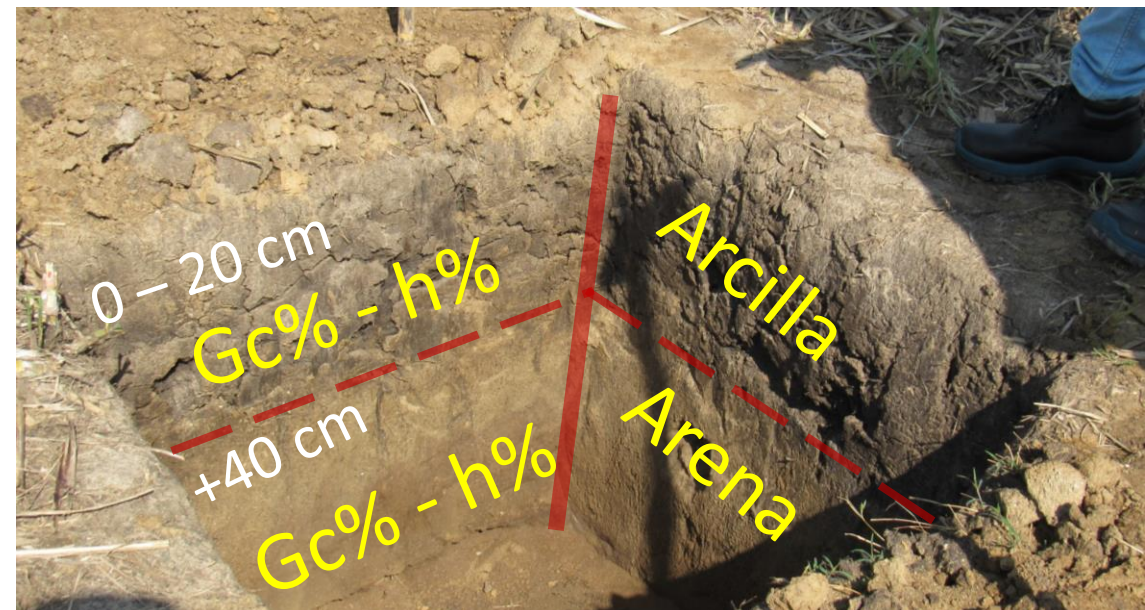
¿Cómo diagnosticar la compactación en los suelos del cultivo de la caña?

Programa de agronomía
Mecanización Agrícola

Métodos directos

Identificación de pie de arado
Mediciones de densidad del suelo
Resistencia a la penetración

Calicata de verificación de compactación

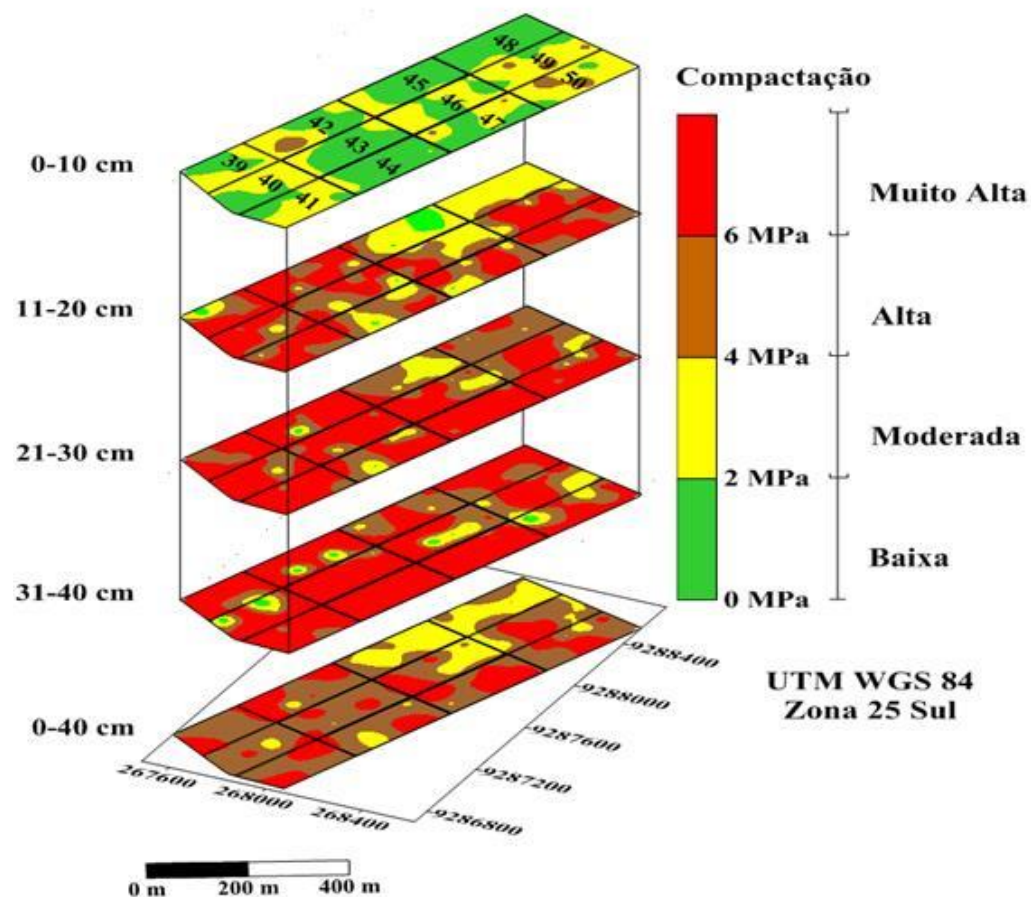


¿Cómo diagnosticar la compactación en los suelos del cultivo de la caña?

Programa de agronomía

Mecanización Agrícola

Métodos directos



¿Cómo diagnosticar la compactación en los suelos del cultivo de la caña?

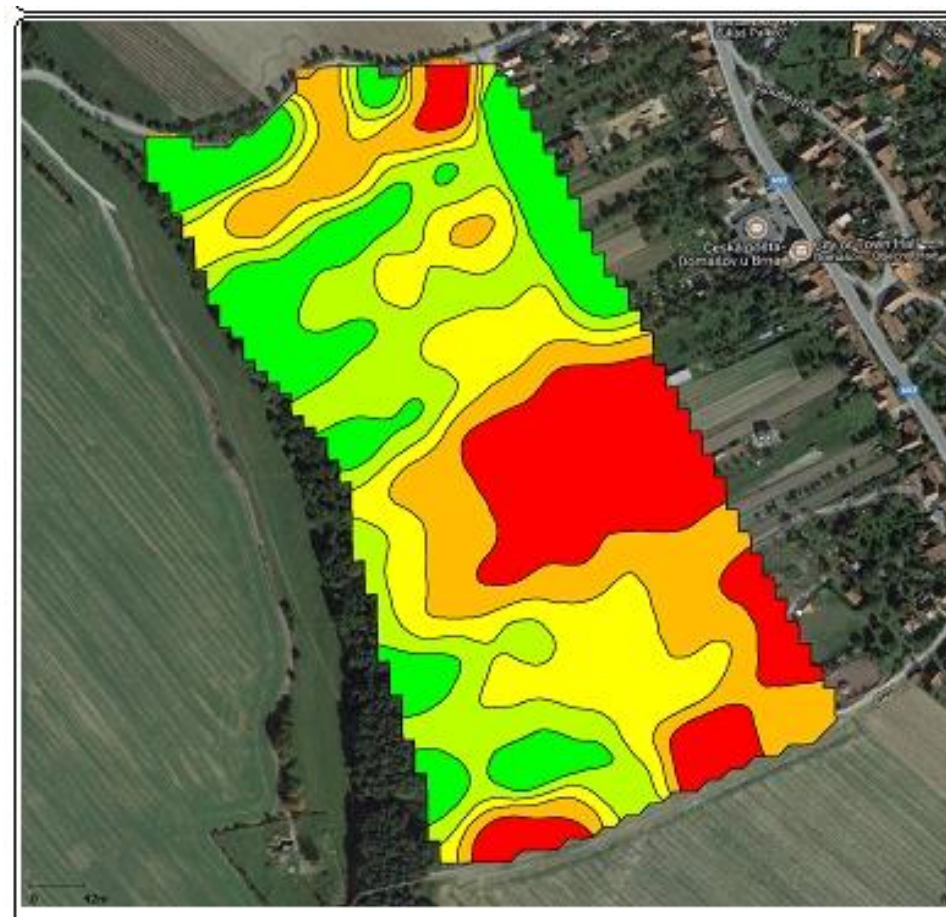
Programa de agronomía

Mecanización Agrícola

Métodos indirectos



Topsoil mapper



¿Cómo mitigar los efectos de la compactación en el cultivo de la caña?

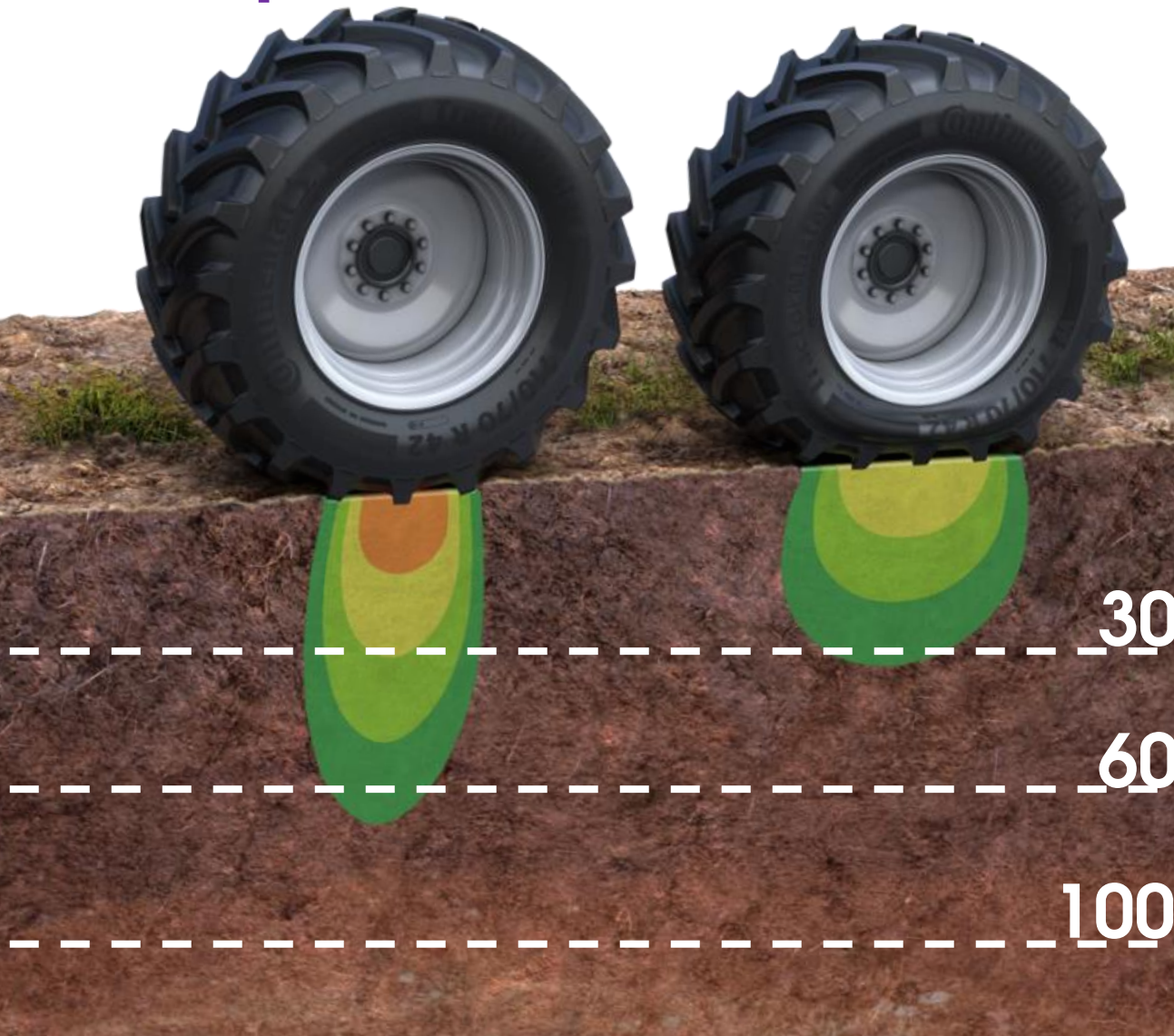
Programa de agronomía
Mecanización Agrícola

Practica mecanizadas de control



¿Cómo mitigar los efectos de la compactación en el cultivo de la caña?

Programa de agronomía
Mecanización Agrícola



¿Cómo mitigar los efectos de la compactación en el cultivo de la caña?

Programa de agronomía
Mecanización Agrícola

Incorporación de residuos y uso de coberturas verdes



- Estructura el suelo al aumentar la materia orgánica del suelo
- Crea una red de poros por las propias raíces
- Conserva la humedad del suelo, evitando el endurecimiento natural.
- Estimula la formación de agregados y facilita la infiltración del suelo.
- Crea condiciones favorables para aumentar la actividad biológica del suelo (mesofauna).

¿Cómo mitigar los efectos de la compactación en el cultivo de la caña?

Programa de agronomía
Mecanización Agrícola

Control de la cohesividad y ruptura natural

- En seco los suelos muestran endurecimiento natural, pero no es compactación.
- Algunos suelos presentan agrietamiento, que es una labranza profunda natural.
- Riegos disminuyen el endurecimiento del suelo





Metodología y materiales

Programa de Agronomía
Área de Mecanización





Programa de Agronomía

Roturación del suelo bajo diferentes manejos de residuos en el cultivo de la caña de azúcar



Ingenios
Proveedores
Asociaciones

Localización del área de estudio

Programa de agronomía
Mecanización Agrícola

Hacienda: Madre vieja

Suerte: 7

Área: ~18 ha

Variedad: CC 01-678

No cortes: 5to – 6to



Leyenda	
	Río
	Cascos urbanos
	suertes_indicadas_cb

Código unico	Área (ha)
CB000107000007	17.23

Elaborado por: Geoinformática	Fecha: 24/07/2023
---	-----------------------------

Escala: 1:25.000

Localización del área de estudio

Programa de agronomía
Mecanización Agrícola

Características del suelo

Conscn.: Manuelita

Orden de suelo: *Mollisols*

Textura: Franca arcillosa limosa

Grupo de humedad: H0 – H1



Mapa grupos homogéneos del suelo y su textura

Leyenda

- Río
- suertes_indicadas_cb
- 11 (franca fina sobre arcillosa)
- 18 (franca gruesa)
- 30 (franca fina sobre arenosa)

Código unico	Grupo	Área (ha)
CB000107000007	11	15.35
	18	0.04
	30	1.84

Elaborado por:

Geoinformática

Fecha:

24/07/2023

Sistema de referencia:

Name: MAGNA Colombia Ceste
Datum: MAGNA
Projection: Transverse Mercator
Central Meridian: -77,0775
Longitude of Origin: 0,0000
False Easting: 1.000.000,0000
False Northing: 1.000.000,0000



Tratamiento 1: Testigo

Después de la cosecha mecanizada de la caña de azúcar no se realizaron ninguna labor de roturación, ni encalles.



Tratamiento 2: Convencional

- Se realizó el despaje de los residuos de la caña al 2x1 por medio de la encalladora.
- Se hizo las labores de roturación con implementos y pases de manera convencional y también una abonadora



Tratamiento 3: Roturación del suelo y manejo 0x0 de residuos

- Se utilizó un implemento que integra la abertura de los residuos orgánicos en el entresurco, roturación profunda y centralizada, finalizando con el cierre de los residuos.



Tratamiento 4: Roturación con despeje, roturación abierta

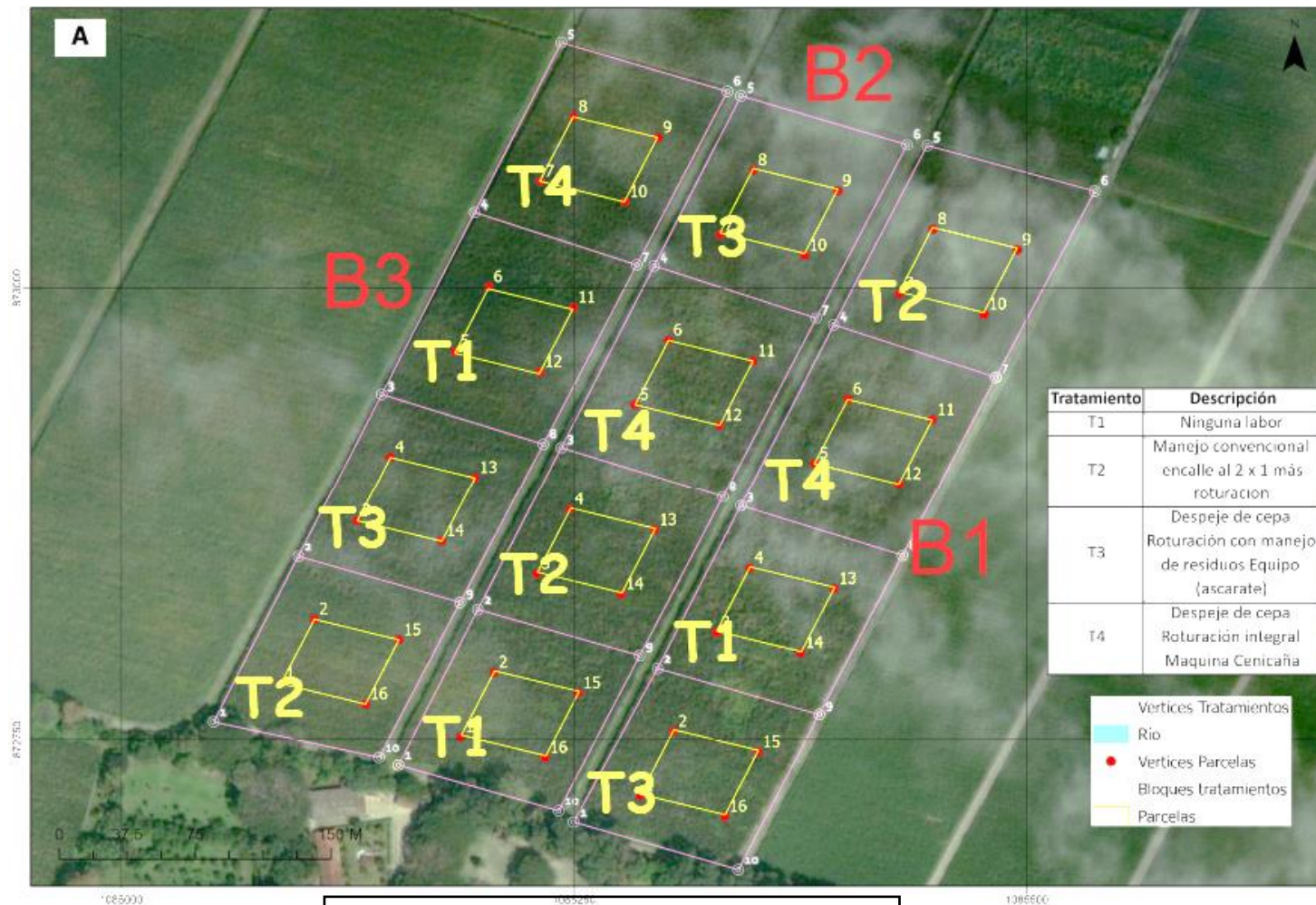
- Se utilizó una máquina de despeje de la cepa, roturación superficial y abierta a la cepa y una abonadora

Programa de agronomía
Mecanización Agrícola



Establecimiento del experimento

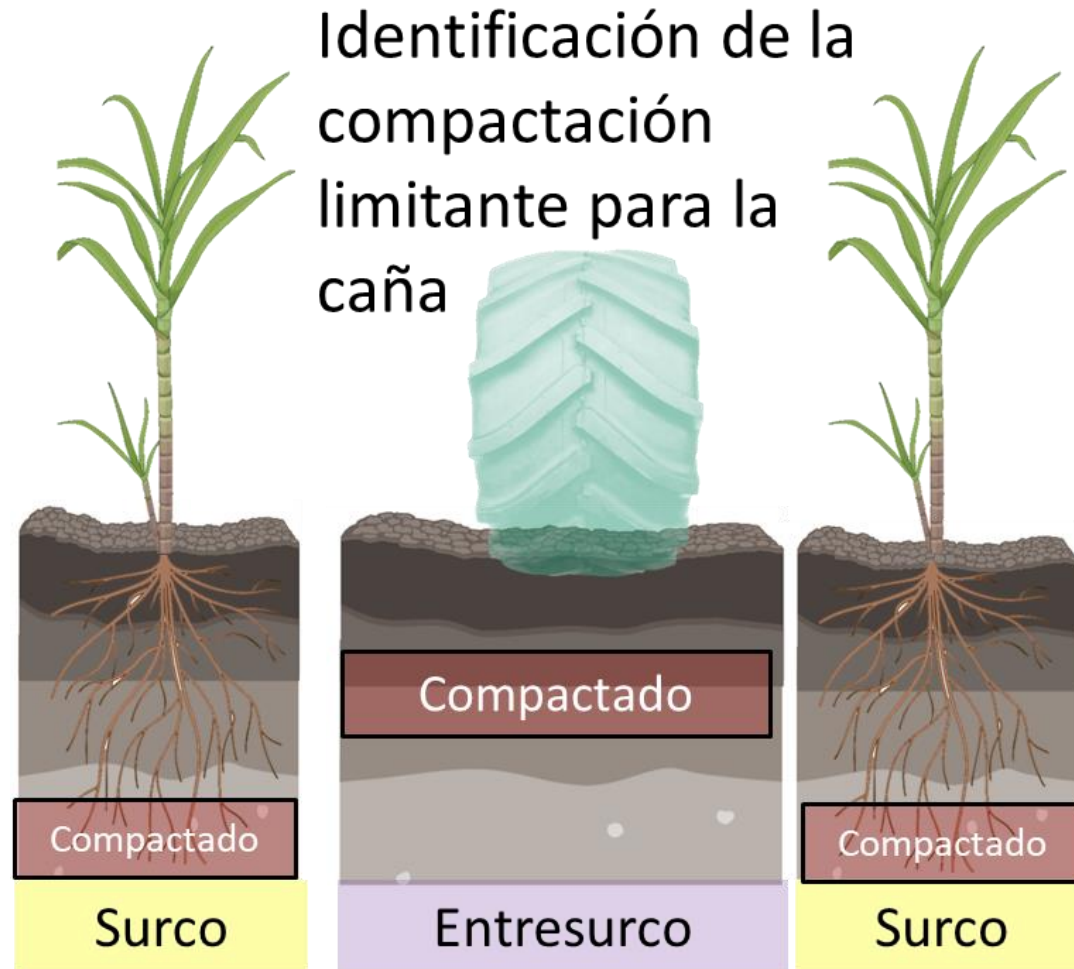
Programa de agronomía
Mecanización Agrícola



T1: Sin labor
T2: Convencional 2x1. Parbol.
T3: Roturación con residuos
T4: Escarificador



Obt. Efc. 1: Evaluar la acción de la roturación en la descompactación del suelo post labores de cosecha mecanizada



Programa de agronomía

Mecanización Agrícola

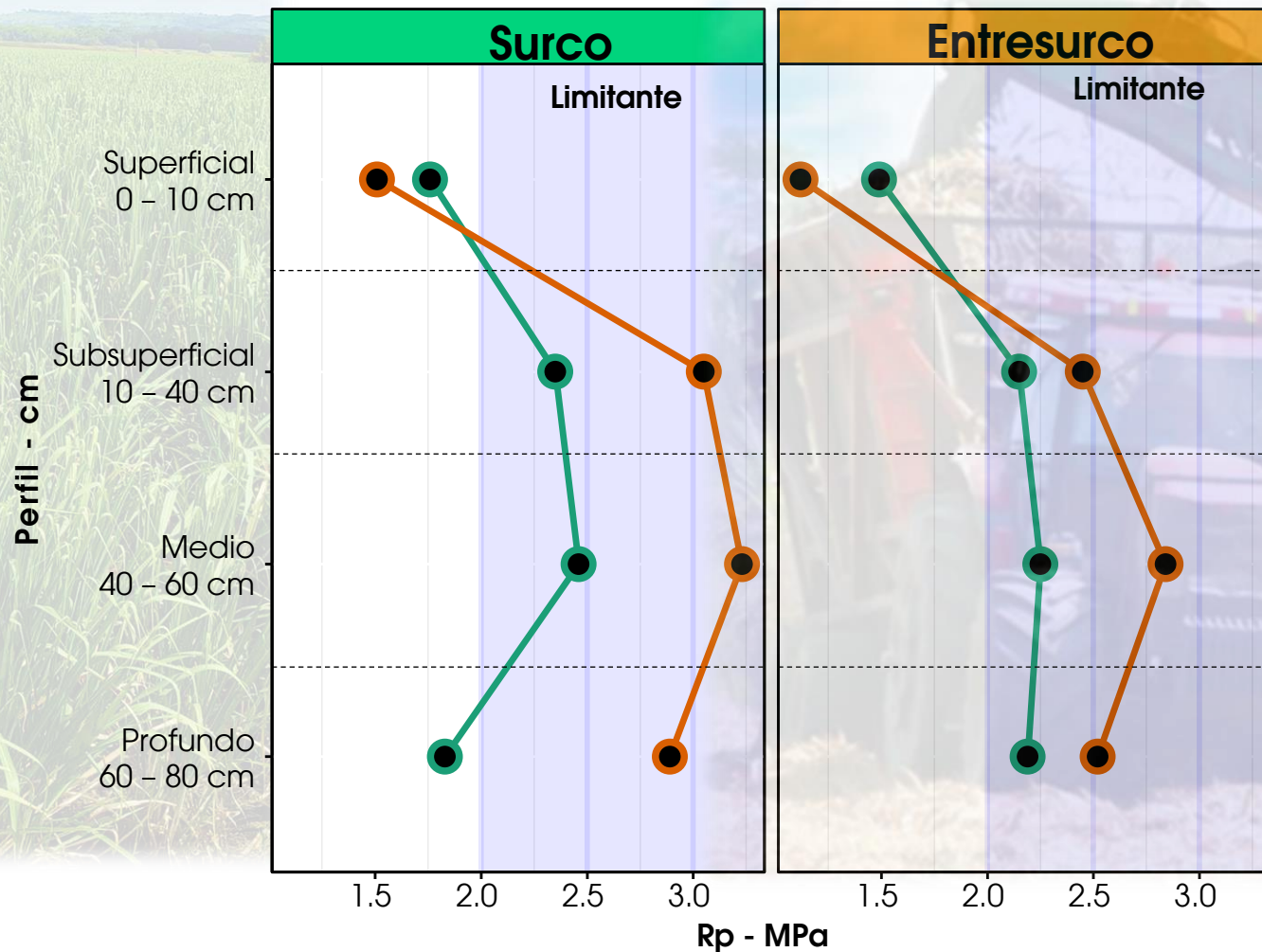


Efectos de la cosecha mecanizada de la caña de azúcar en la resistencia a la penetración del suelo

De 5to a 6to corte

Textura: Franca arcillosa limosa

Grupo de humedad: H0 - H1



Humedad $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$

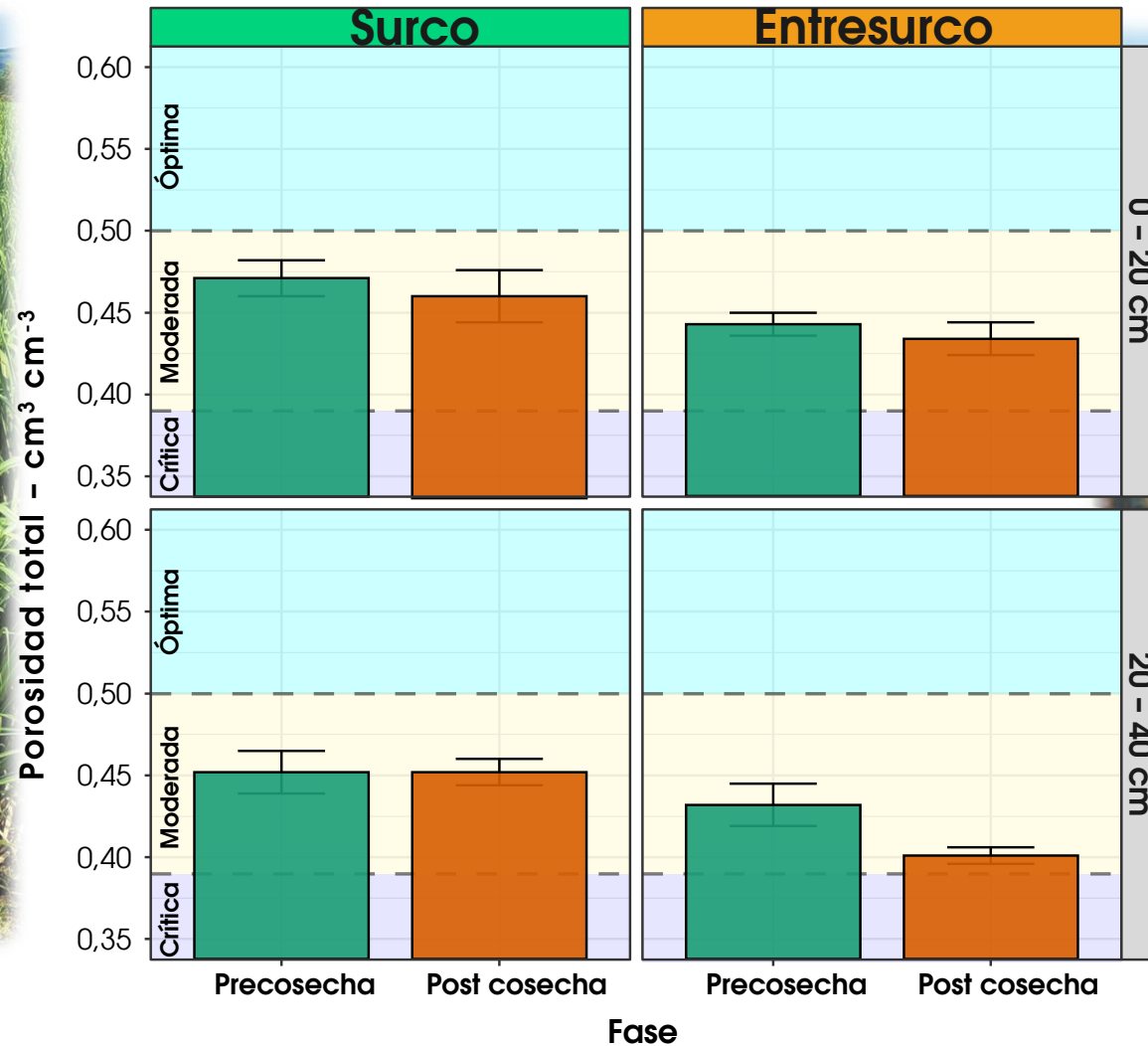


Efectos de la cosecha mecanizada de la caña de azúcar en la porosidad total del suelo

De 5to a 6to corte

Textura: Franca arcillosa limosa

Grupo de humedad: H0 - H1

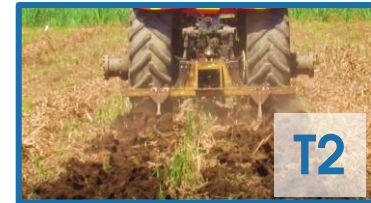
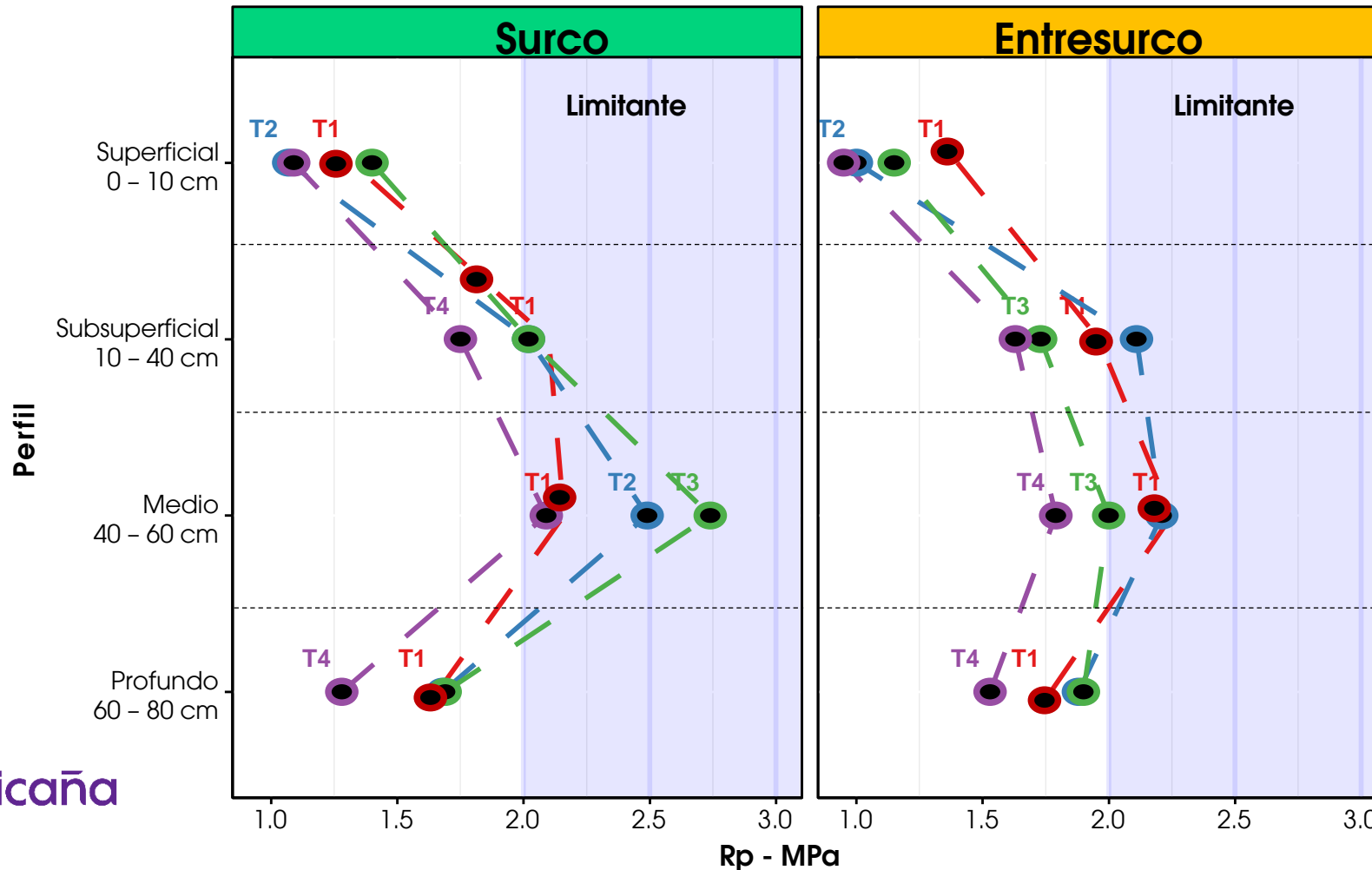


Mitigación de la compactación del suelo – Resistencia a la penetración

Roturación mecanizada

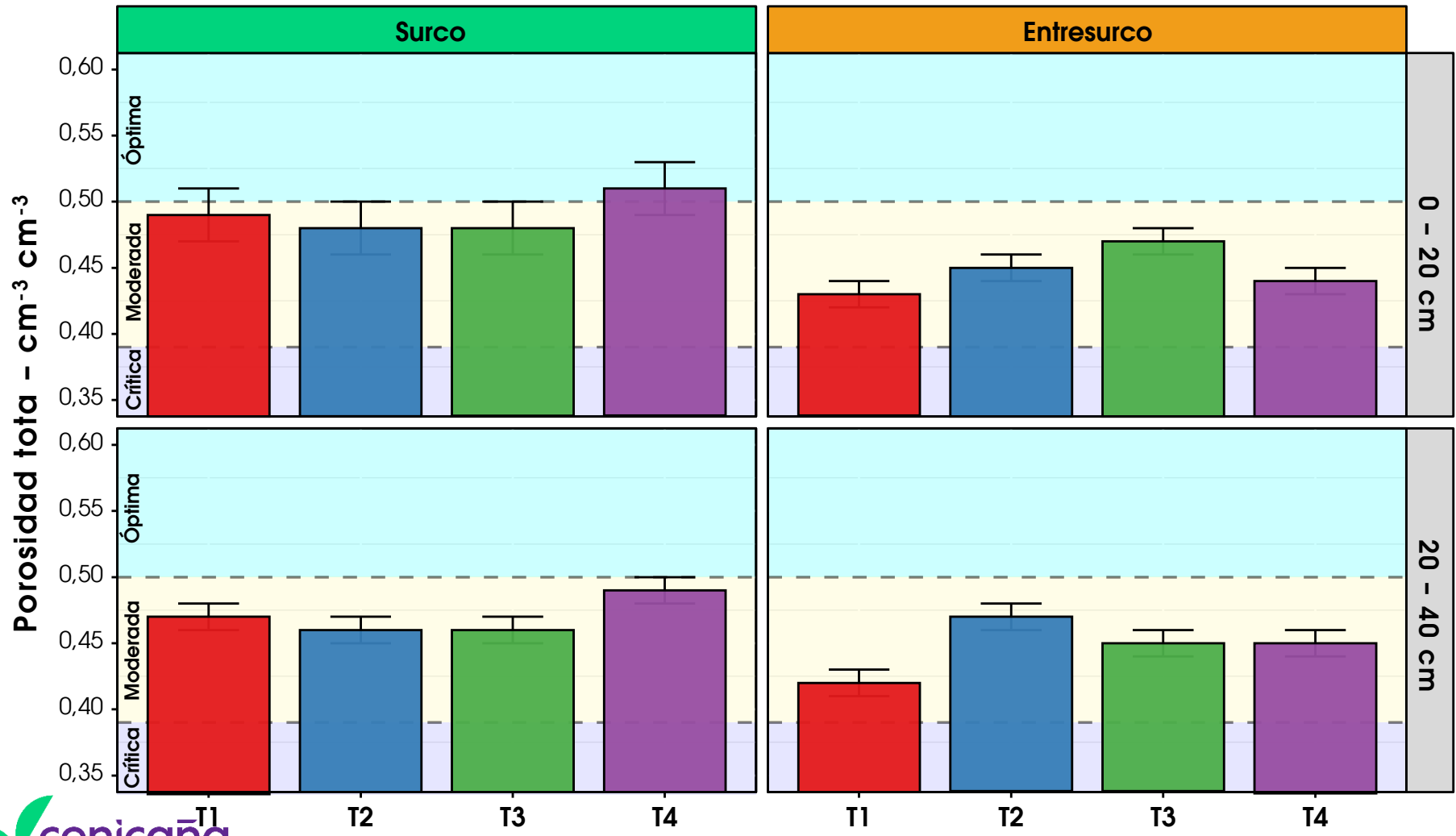
Textura: Franca arcillosa limosa

Grupo de humedad: H0 – H1



Mitigación de la compactación del suelo – Porosidad total del suelo

Roturación mecanizada



Textura: Franca arcillosa limosa

Grupo de humedad: H0 – H1

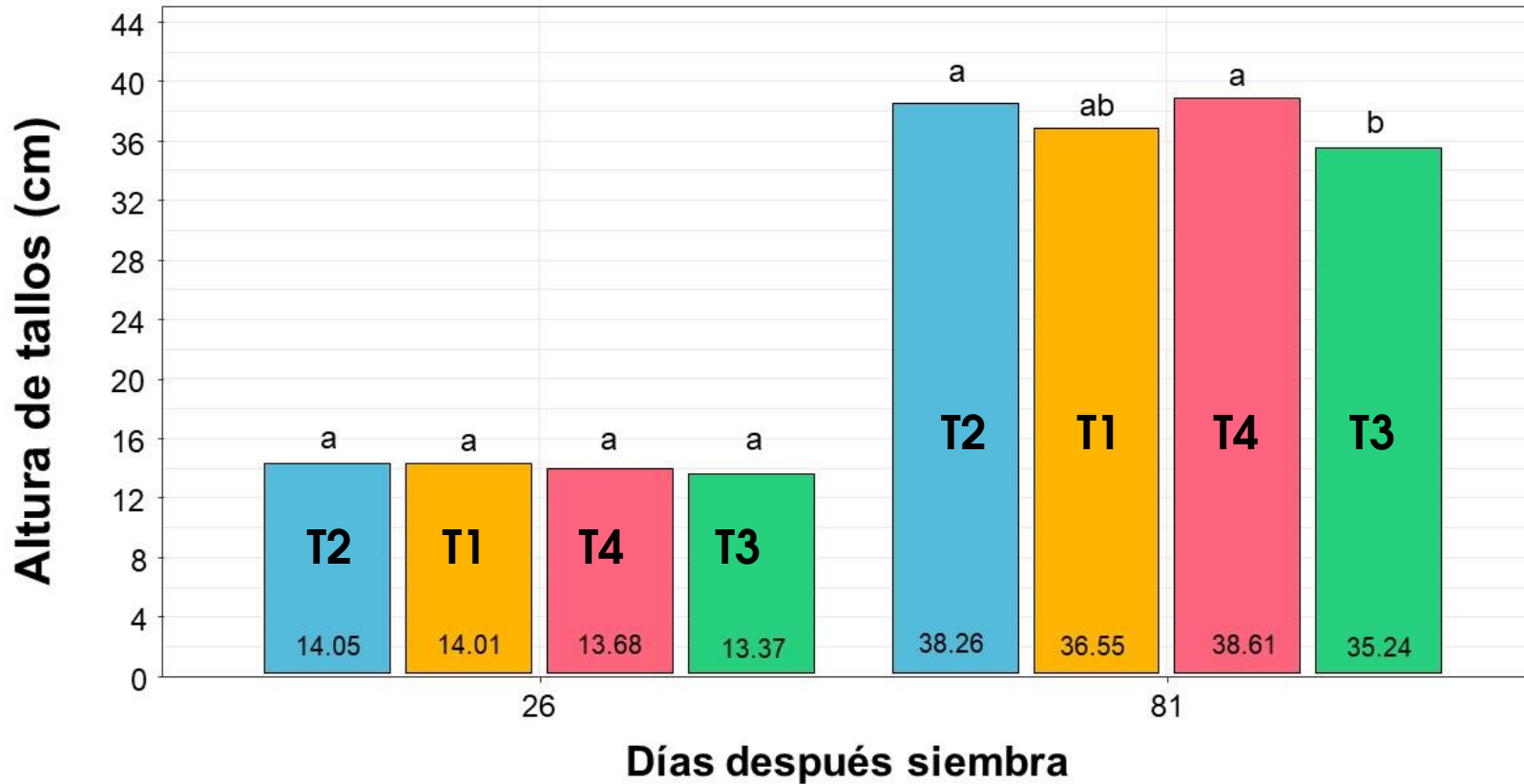
Programa de agronomía
Mecanización Agrícola

Mitigación de la compactación del suelo – Crecimiento de la caña, 6 meses.

Roturación mecanizada

Textura: Franca arcillosa limosa

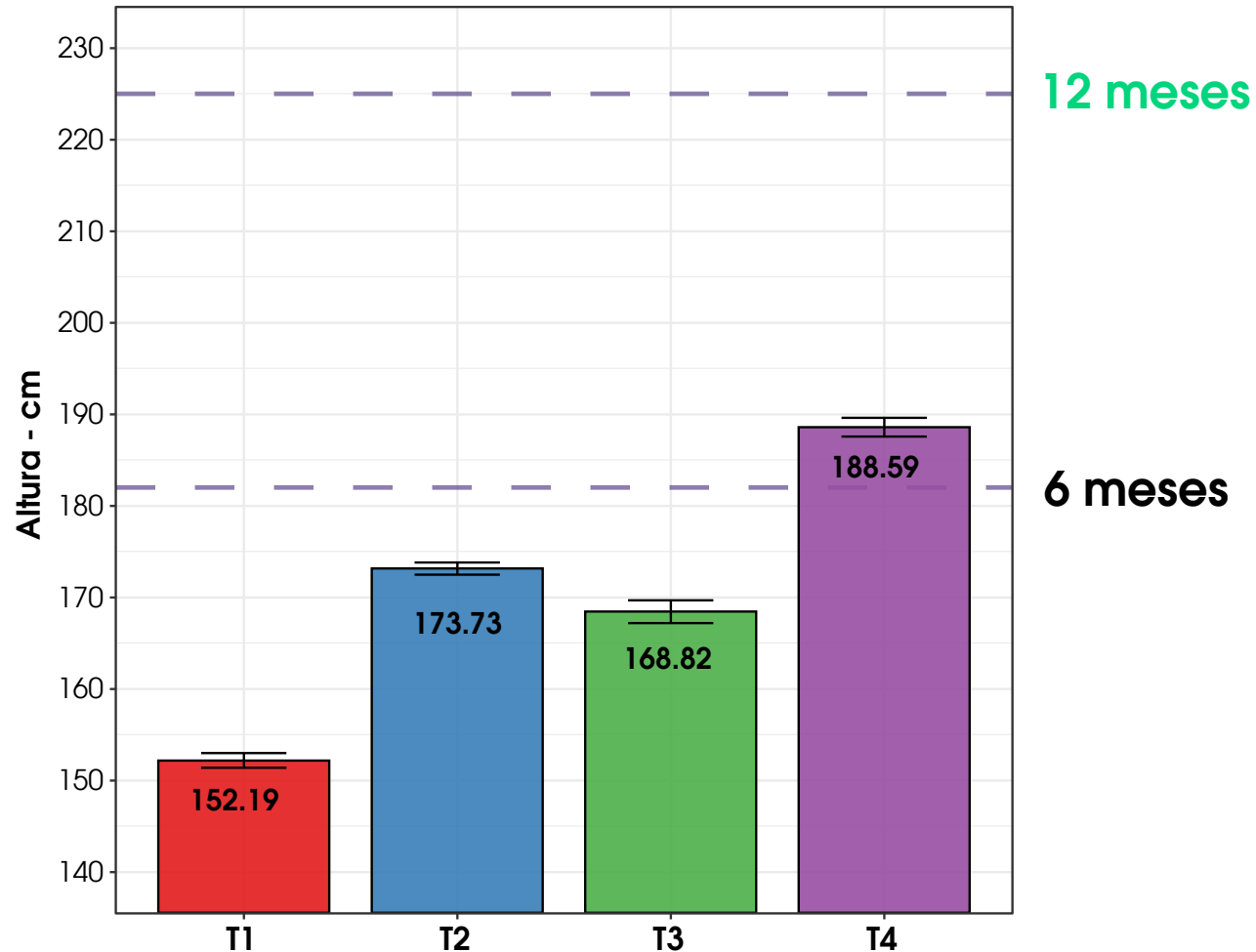
Grupo de humedad: H0 – H1



Mitigación de la compactación del suelo – Crecimiento de la caña, 6 meses.

Roturación mecanizada

A los 6 meses, sin roturar, la caña presenta atraso de 30 cm en su crecimiento



Conclusiones parciales

En suelo de textura franco arcillosa limosa, localizados en grupos de humedad H0 – H1, roturaciones simples, livianas ayudan a mitigar la compactación del suelo, disminuyendo la resistencia a la penetración en el surco y el entresurco de la caña



Roturación mecanizada

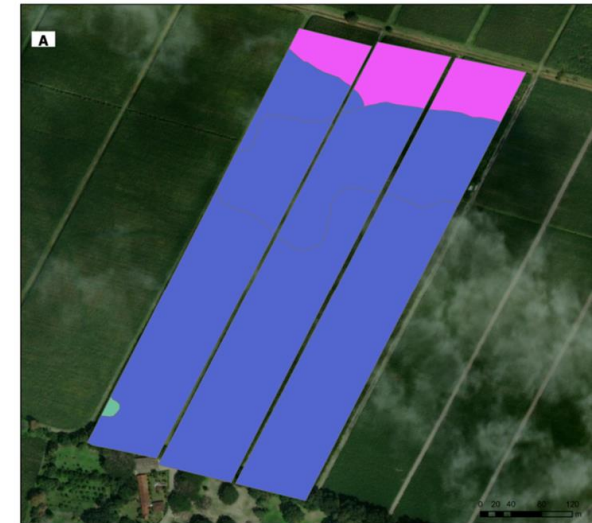
Características del suelo

Conscn.: Manuelita

Orden de suelo: *Mollisols*

Textura: Franca arcillosa limosa

Grupo de humedad: H0 – H1



Conclusiones parciales

En el manejo 0x0 de los residuos de la cosecha de la caña es posible realizar prácticas de roturación, utilizando implementos ajustados a este manejo y permitiendo mantener la distribución de los residuos en toda el área de la caña.



Conclusiones parciales

Utilizar implementos de despeje de cepas y posteriormente utilizar implementos de roturación liviana, con pases simples y abiertos a las cepas, reducen la compactación del entresurco del suelo y sin riesgo para el surco de la caña.



Conclusiones parciales

Después de 6 meses de haber realizado las labores de roturación con manejo de residuos en caña de 6to corte, esta pudo crecer de 15 a 36 cm más que en la ausencia de prácticas de roturación.





Sociedad Azcarate

muchas  integra

gracias

Agronomía
Mecanización

¿Cómo hacerlo?



Reducir la compactación del suelo



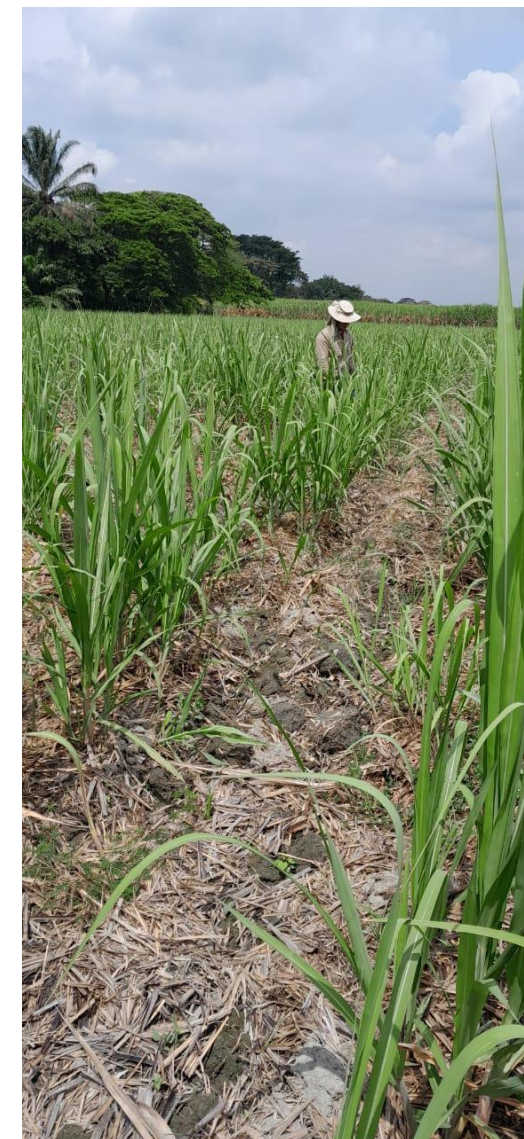
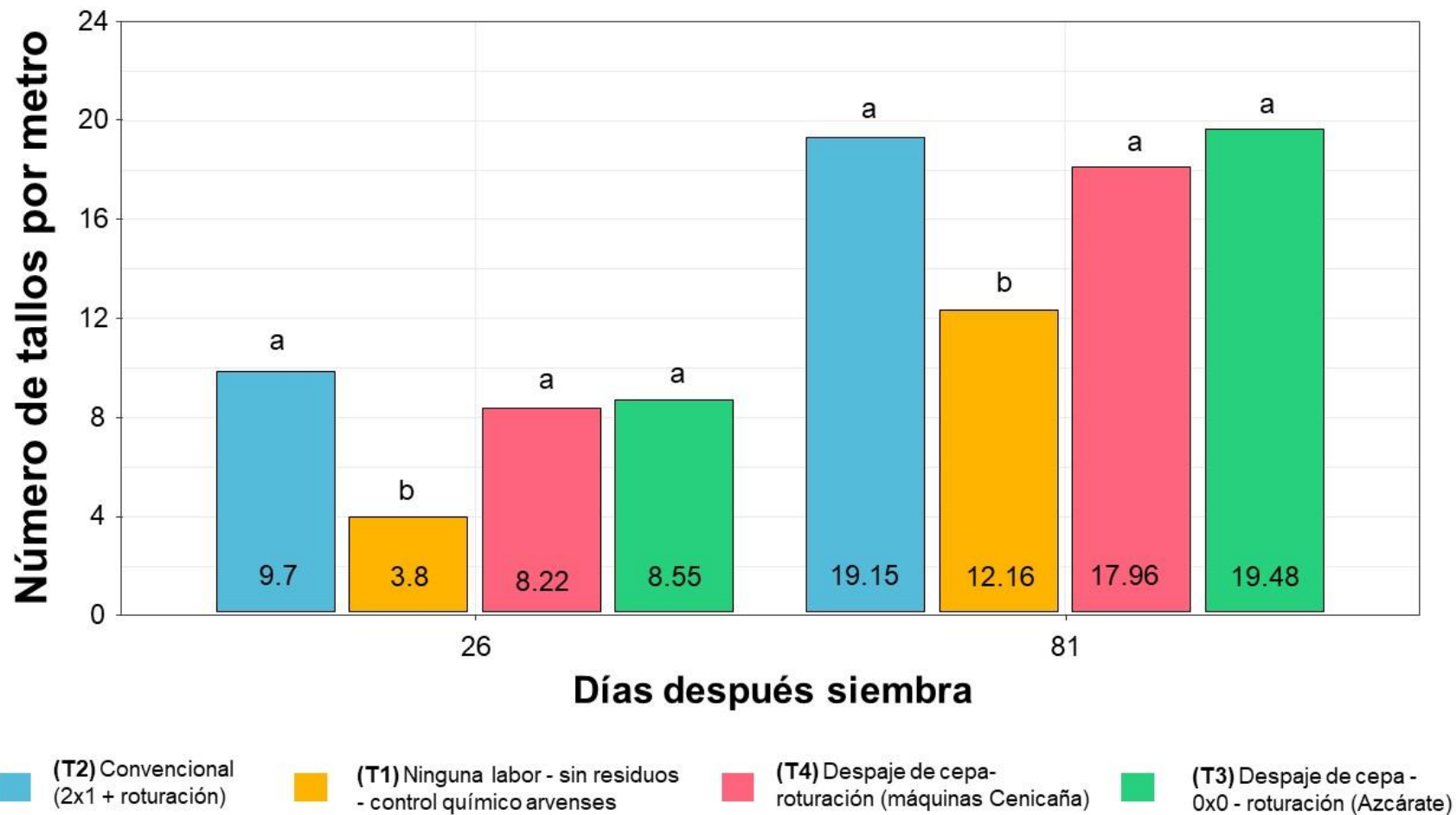
Conservar los residuos de la cosecha de la caña



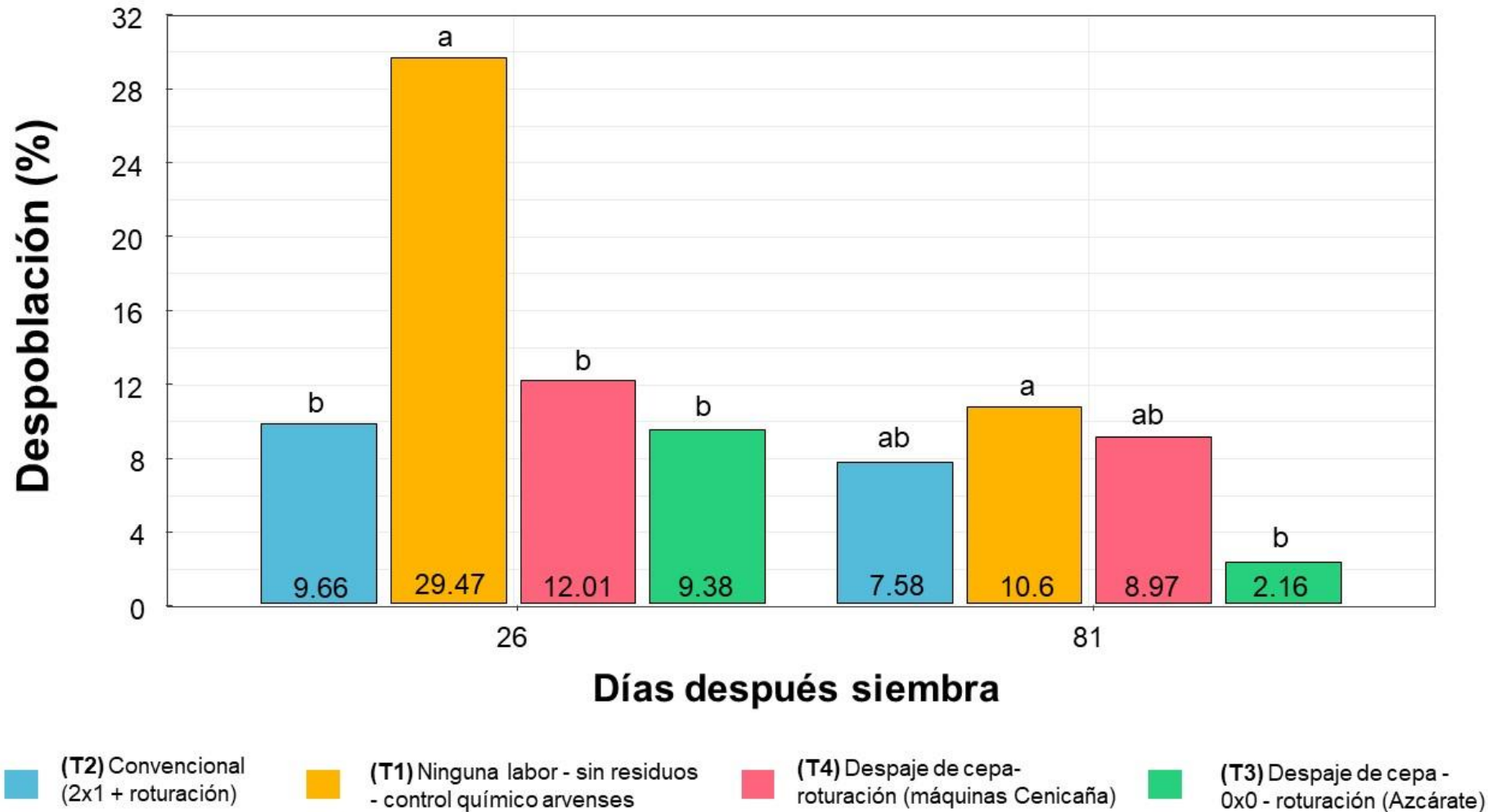
Control de tránsito agrícola

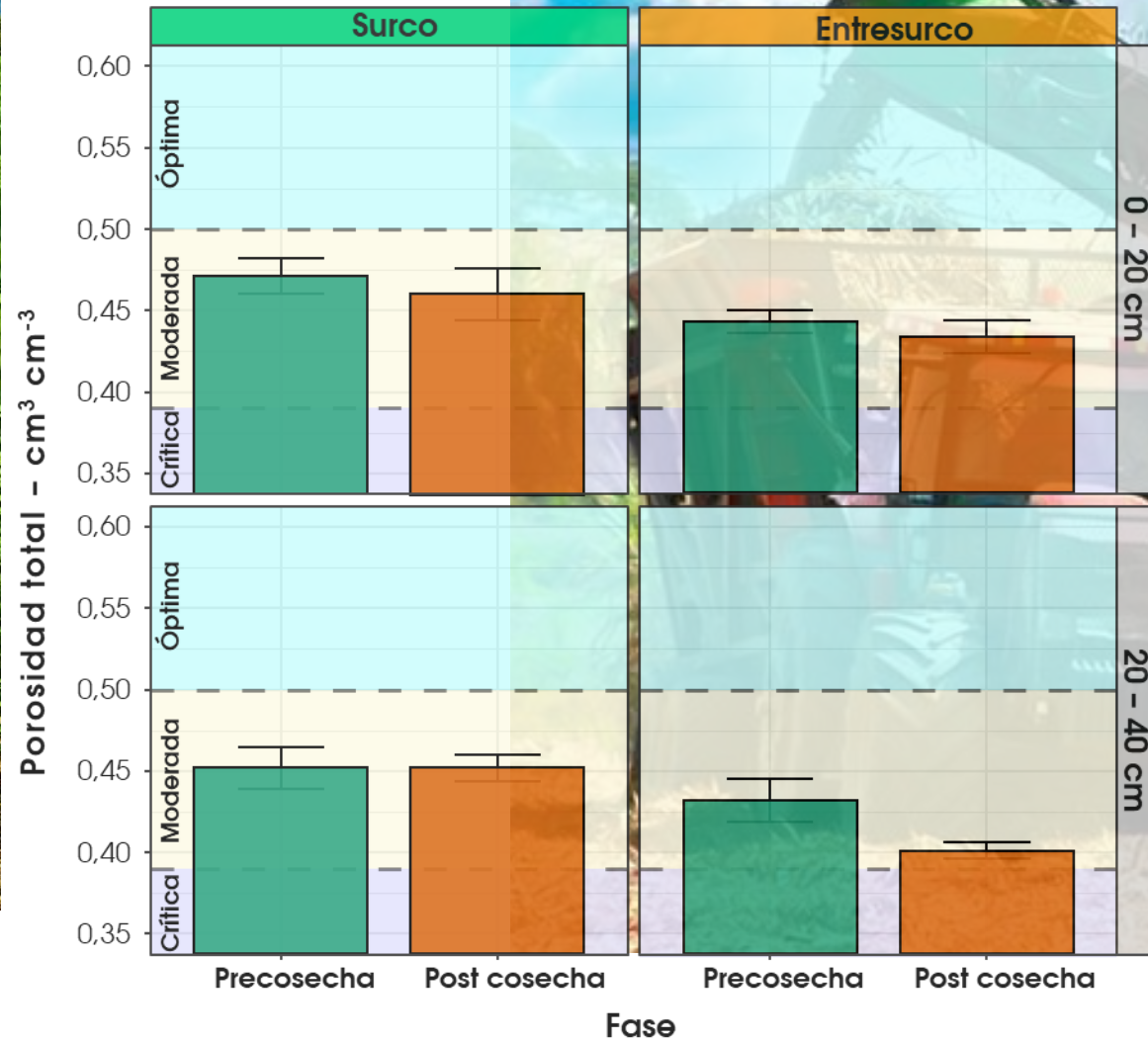
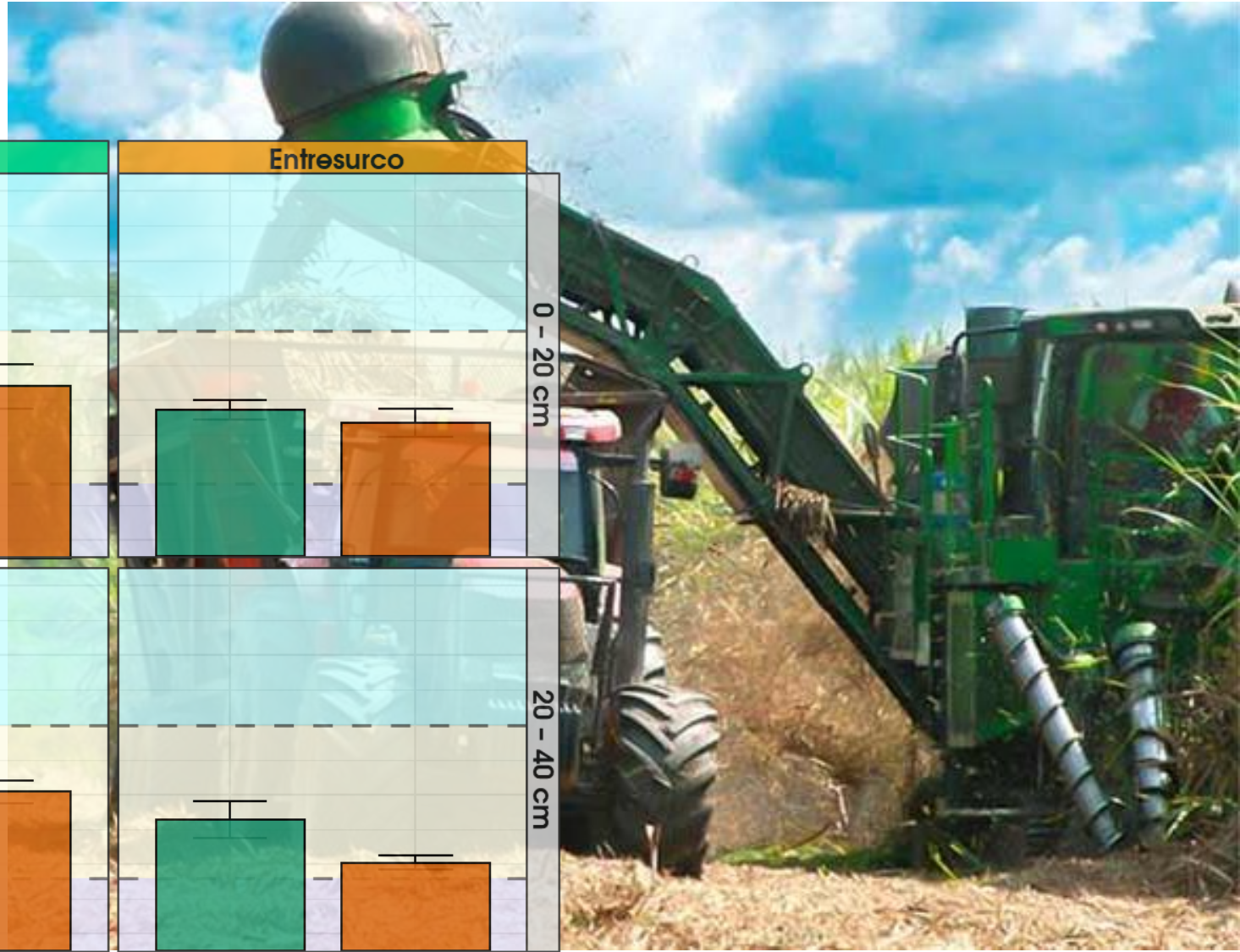


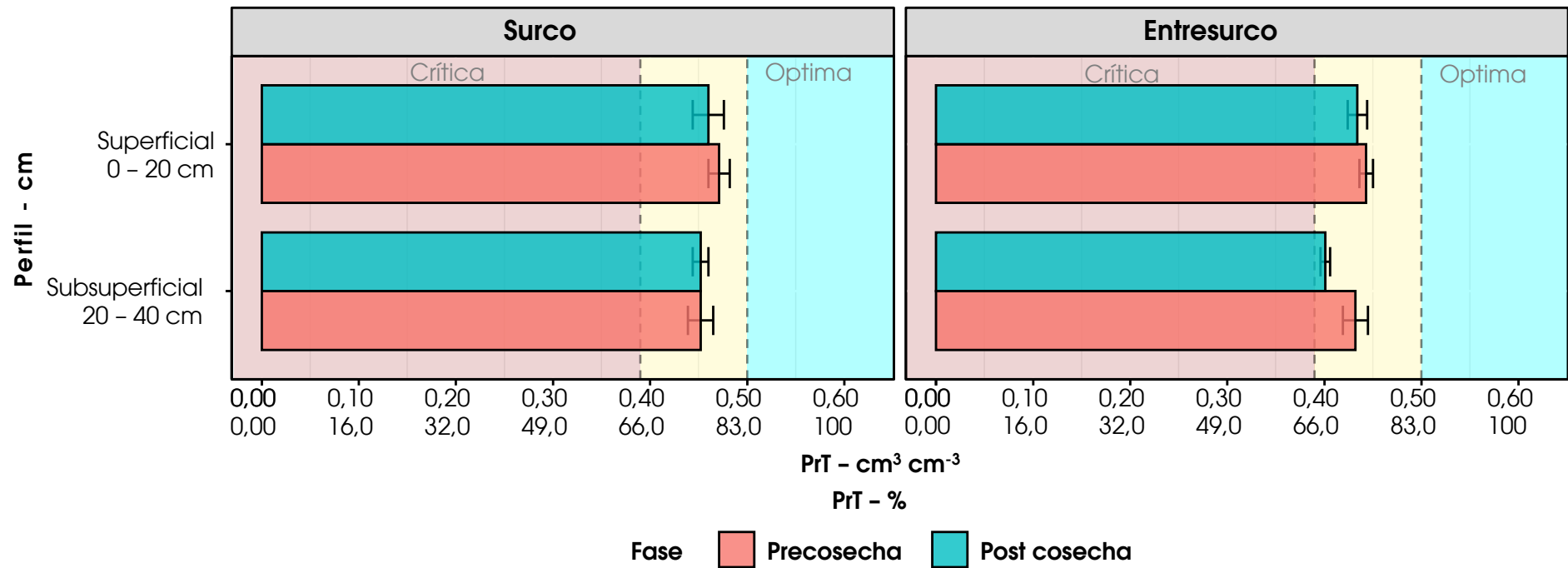
Hay diferencias en el manejo del suelo sin ninguna labor con menor número de tallos a los 81 DDS

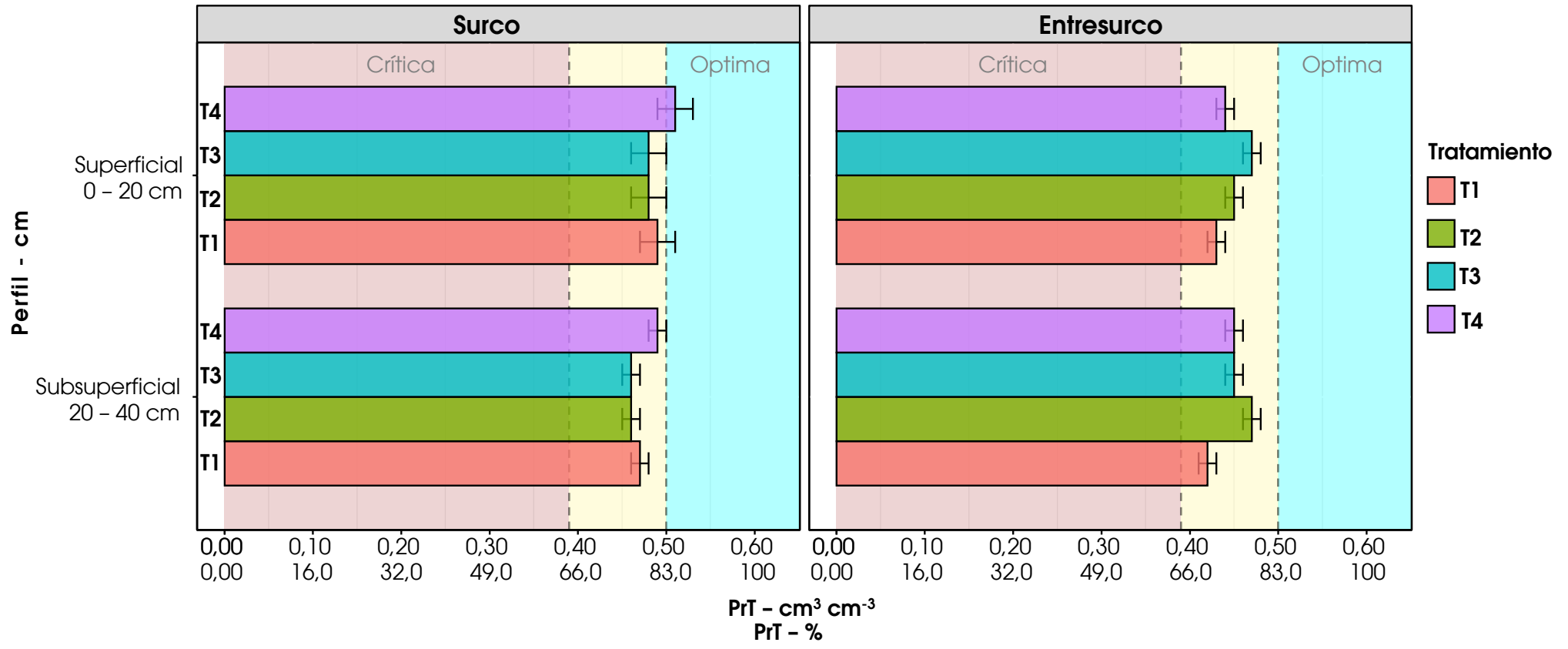


La despoblación fue similar en todos los manejos del suelo a los 81 DDS







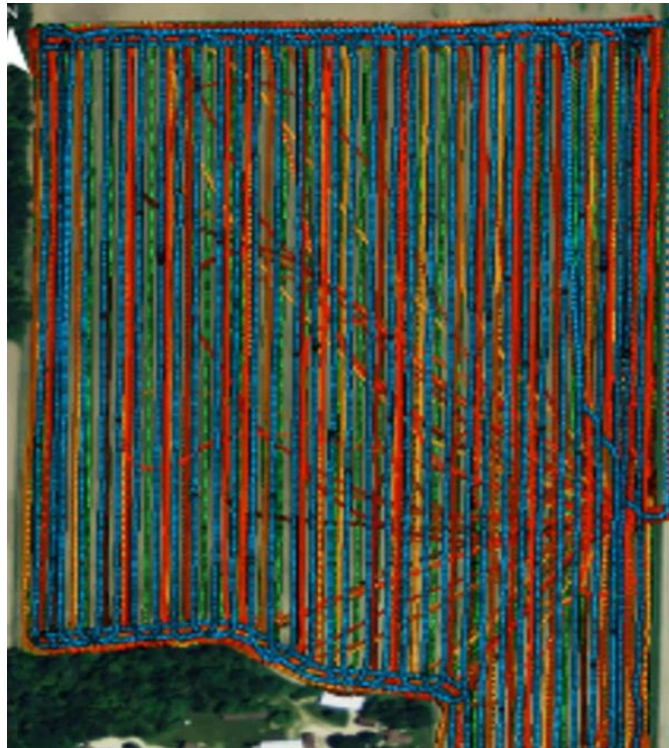


¿Cómo mitigar los efectos de la compactación en el cultivo de la caña?

Programa de agronomía
Mecanización Agrícola

Control de tráfico agrícola

- ✓ Organizar y reducir el número de pases de las máquinas (sistemas autoguiados y pilotos automáticos)



¿Cómo mitigar los efectos de la compactación en el cultivo de la caña?

Programa de agronomía
Mecanización Agrícola

Control de tráfico agrícola

- ✓ Transitar en condiciones de baja humedad del suelo.
- ✓ Usar llantas agrícolas e inflados adecuados para el tránsito.
- ✓ Trochas alineadas



Tránsito en baja humedad



¿Cómo mitigar los efectos de la compactación en el cultivo de la caña?

Programa de agronomía
Mecanización Agrícola

Control de tráfico agrícola

- ✓ Controlar el peso de la máquina agrícola.





Soil tillage affects root penetration in Oxisols under sugarcane in Brazil

João Roberto Barbosa^{a,b}, Zigomar Menezes de Souza^a, Henrique Coutinho J. Franco^a,
 João Rossi Neto^a, Alan L. Garside^d, João Luís Nunes Carvalho^{a,*}

^a Soil Science and Technology Laboratory (CTBE), National Center for Research in Energy and Materials (CNPq), Rua Giuseppe Máximo Scalfaro
 Alta Tecnologia, CEP 13083-970 Campinas, São Paulo, Brazil
^b Universidade Federal de Lavras (UFLA), Agricultural Engineering (Fogru), Av. Cárdiso Rondon, 501, Barão Geraldo, 13.083-875 Campinas, São Paulo, Brazil
^c São Paulo, Department of Soil Science–ESALQ/USP, Av. Pádua Dias, 11, 13418-900 Piracicaba, São Paulo, Brazil
^d University, Townsville, QLD 4811, Australia



ABSTRACT

Two field trials were set up in Brazil to investigate the effects of soil tillage practices on soil physical condition, root distribution, and sugarcane yield in areas under sandy loam and clayey soils. Additionally, we identified the critical limits for sugarcane root development in soils under contrasting texture using the boundary line approach. The treatments with two tillage practices (conventional tillage - CT and no-tillage - NT) were established in a randomized block design with four replications within two paired areas, one under crop rotation and the other under bare fallow during the sugarcane replanting period. Measurements of soil bulk density (BD), macroporosity (MaP), microporosity (MiP), soil resistance to penetration (Pr), root biomass (RB) and sugarcane yield were performed. Soil MaP and MiP were not affected by the treatments in both soils. The Pr values were higher in NT than CT in both sites, especially in surface layers. For clayey soil, BD values were higher in NT at depths of 0.0–0.1 and 0.1–0.2 m in crop rotation and at the depth of 0.1–0.2 m in bare fallow area. Sugarcane yield for clayey soil (153 Mg ha⁻¹) was more than twice that measured at the sandy soil (58 Mg ha⁻¹). In general, the CT promoted a slight increase root production and did not affect sugarcane yields. In both soil types, most part of RB (60 to 70%) was concentrated near the sugarcane row (horizontal aspect) and within the top 0.4 m of depth (vertical profile), indicating that much of the root system is retained within the planting furrow. Our study demonstrates the potential for using the boundary line method to estimate the effects of BD and Pr on root growth. Root system was severely restricted at sandy soil when BD > 1.70 Mg m⁻³ and Pr > 1.5 MPa, while for clayey soil the critical values were BD > 1.25 Mg m⁻³ and Pr > 2.5 MPa. While our study provides valuable insights, we advocate that further studies should be done to better understand the effect of differing levels of BD and Pr for sugarcane yields in soils of different textures.

impacts for root development (De Souza et al., 2014), and hence, reduce sugarcane yields (Otto et al., 2011). Therefore, the above issues have worsened in semi-perennial crops such as sugarcane, where soil preparation practices are performed only in replanting period, which generally occur in periods of five or six years.

Currently, the majority of the sugarcane growing areas in Brazil employ conventional tillage and rely heavily on mechanization from the planting stage until harvest. An alternative management system aimed at minimizing the problems arising from such conventional tillage (which involves; ploughing, harrowing and sub-soiling) is the adoption of soil conservation practices such as reduced tillage or no-tillage (Segnini et al., 2013). The adoption of no-tillage systems can increase soil carbon stocks (Segnini et al., 2013), and at the same time improve the chemical (Bayer and Mielniczuk, 1997), physical (Castro

most part of RB (60 to 70%) was concentrated near the sugarcane row (horizontal aspect) and within the top 0.4 m of depth (vertical profile), indicating that much of the root system is retained within the planting furrow. Our study demonstrates the potential for using the boundary line method to estimate the effects of BD and Pr on root growth. Root system was severely restricted at sandy soil when BD > 1.70 Mg m⁻³ and Pr > 1.5 MPa, while for clayey soil the critical values were BD > 1.25 Mg m⁻³ and Pr > 2.5 MPa. While our study provides valuable insights, we advocate that further studies should be done to better understand the effect of differing levels of BD and Pr for sugarcane yields in soils of different textures.

Nuestros hallazgos indican variaciones en el límite para Rp dependiendo de la textura del suelo, con límites críticos más altos para suelos arcillosos (2,5 MPa) que para suelos franco-arenosos (1,5 MPa). Para validar nuestros resultados, se recomiendan futuros estudios que determinen el efecto en los rendimientos de caña de azúcar en suelos de diferentes texturas.

Barbosa, 2018

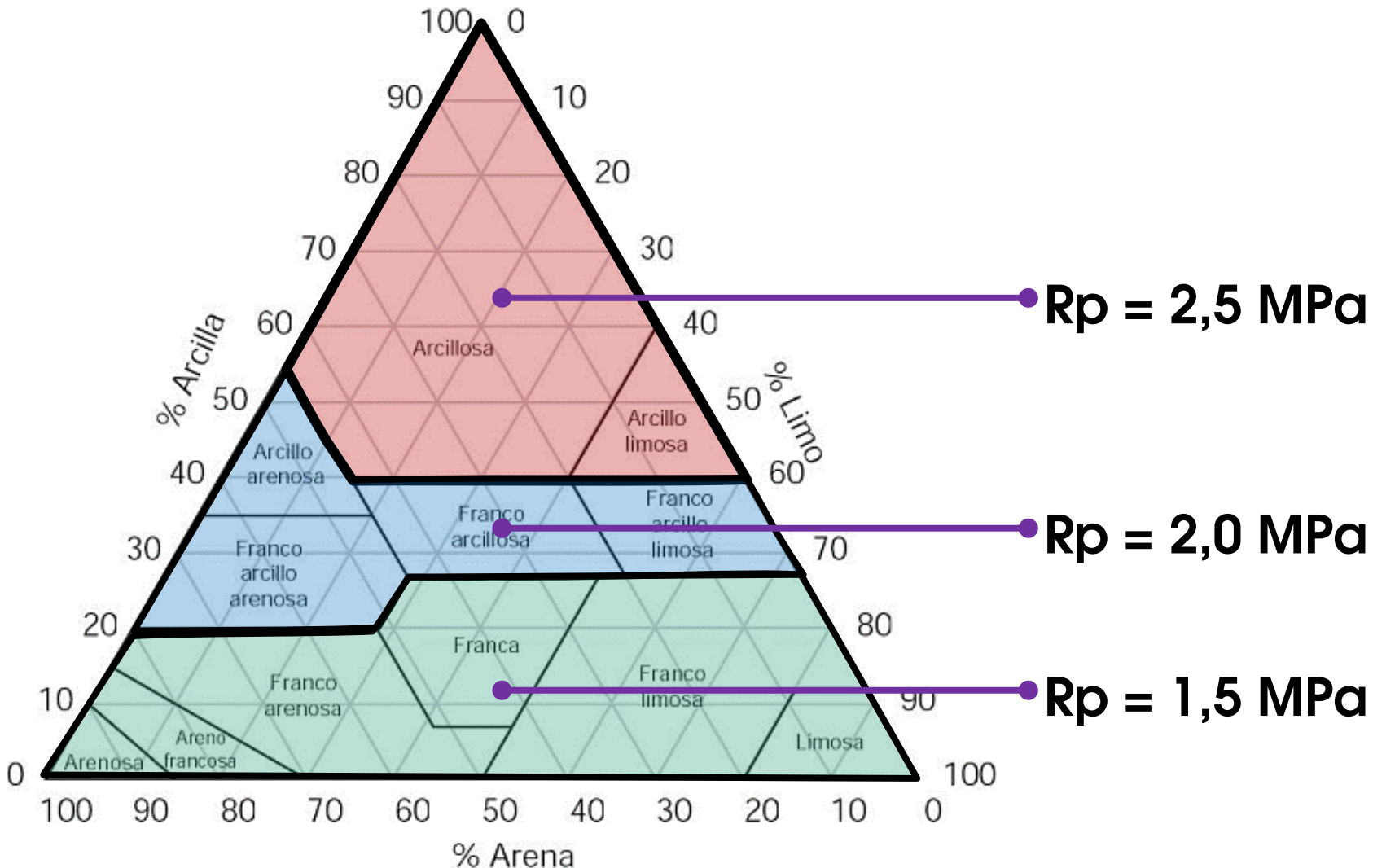
* Corresponding author.
 E-mail: joao.carvalho@ctbe.cnpem.org.br (J.L.N. Carvalho).

0.1016/j.geodrs.2018.03.002
 Received 15 February 2017; Received in revised form 23 February 2018; Accepted 6 March 2018
 08 March 2018
 Published by Elsevier B.V.

Textura del suelo y resistencia a la penetración limitantes para la caña

Nuestros hallazgos indican variaciones en el límite para R_p dependiendo de la textura del suelo, con límites críticos más altos para suelos arcillosos (2,5 MPa) que para suelos franco-arenosos (1,5 MPa). Para validar nuestros resultados, se recomiendan futuros estudios que determinen el efecto en los rendimientos de caña de azúcar en suelos de diferentes texturas.

Barbosa, 2018



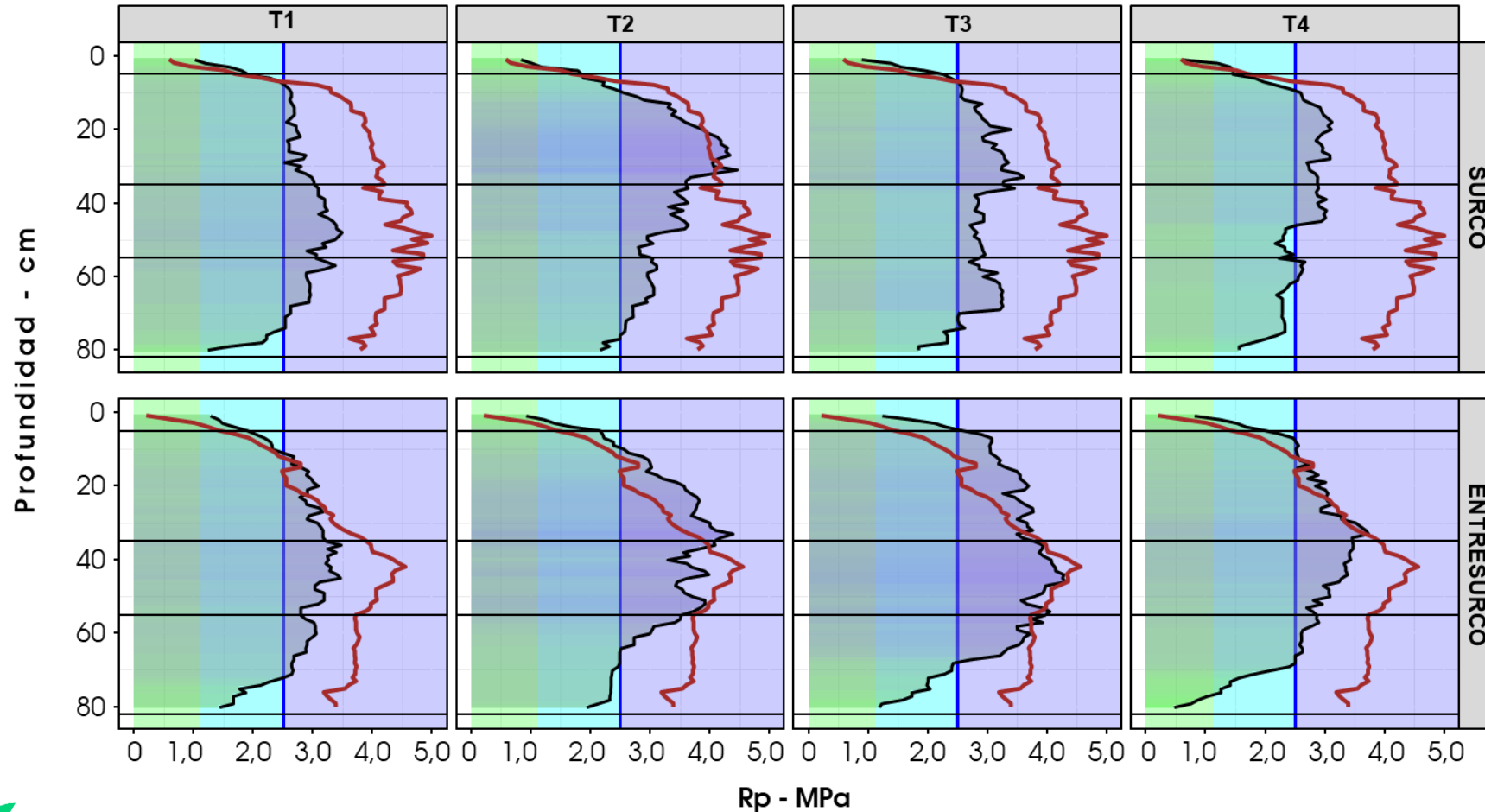
Las prácticas de roturación incrementaron la resistencia a la penetración en los entresurcos

T1: Sin labor

T2: Convencional 2x1. Parbol.

T3: Roturación con residuos

T4: Escarificador



Programa de agronomía

Mecanización Agrícola

GH: H0 - H1

Conscn.: Manuelita

Orden de suelo: *Mollisols*

Textura: Franca fina

Variedad: CC 01-679

No cortes: 5to - 6to

✓ **cenicaña Labores de roturación, sencillas (1 pase) y de manera superficial, favorecieron en la reducción de la resistencia a la penetración**

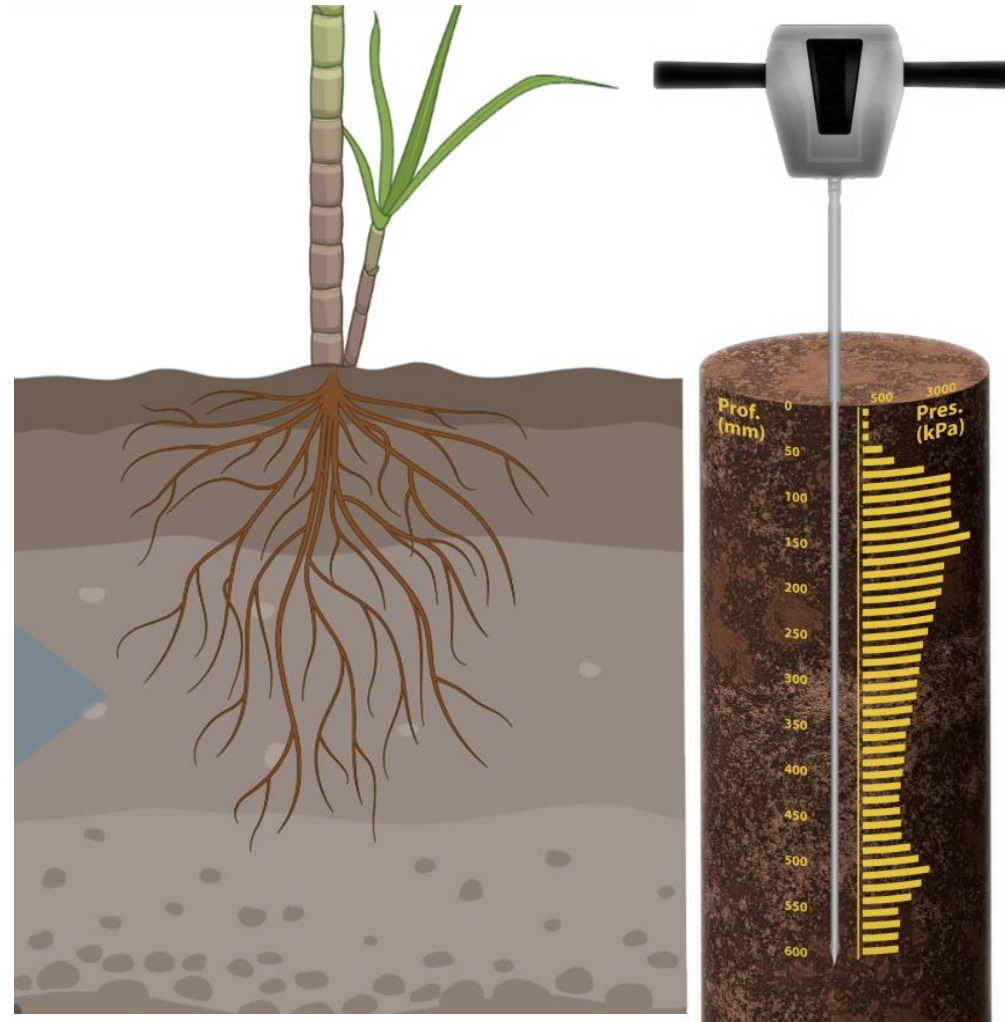
¿Cómo hacerlo?

- ✓ Conservar los residuos de la cosecha en el 100% del área de la caña, sin despajes.
- ✓ Conservar los residuos para mantener la humedad, aportar materia orgánica al suelo para estructurar y dar porosidad
- ✓ Reducir los efectos de compactación post cosecha con la ruptura mecánica.



Obt. Efc. 1: Evaluar la acción de la roturación en la descompactación del suelo post labores de cosecha mecanizada

Evaluación de la resistencia a la penetración del suelo, posterior a las cosechas y roturaciones



Programa de agronomía
Mecanización Agrícola