

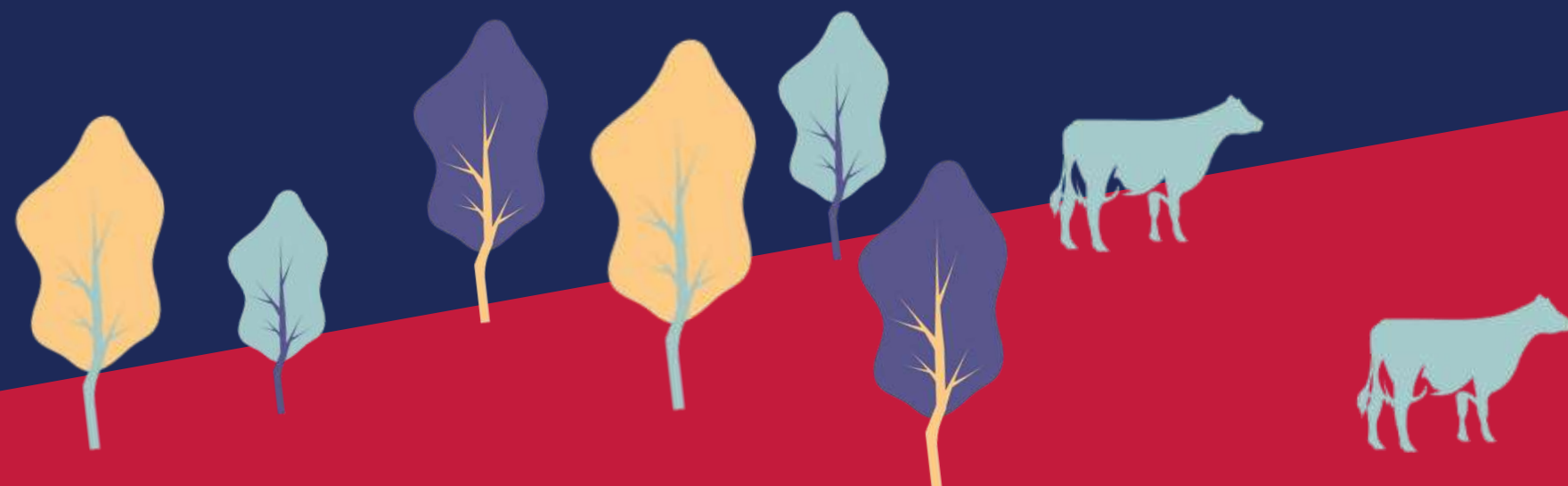


MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN Y TRASFERENCIA EN TECNOLOGÍA AGROPECUARIA
DIRECCIÓN NACIONAL DE EXTENSIÓN AGROPECURIA

GOBIERNO
DE COSTA RICA

RECARBONIZACIÓN DE LOS SUELOS DE LAS FINCAS GANADERAS DE COSTA RICA

SERGIO ABARCA MONGE



CÁMARA
NACIONAL DE
PRODUCTORES
DE LECHE

29^o Congreso Nacional
LECHERO
16 - 17 Octubre 2024 - Hotel Wyndham Herradura

Métrica utilizada para medir carbono orgánico del suelo (COS)



Estación permanente de muestreo

Indicadores:

1. Proporción: COS %
2. D. aparente: g/cm^3
3. Masa (peso): COS ton/Ha
combina las dos anteriores



Diferencias de masa del COS entre dos momentos de muestreo se expresan en CO_2e



CÁMARA NACIONAL DE PRODUCTORES DE LECHE

29° Congreso Nacional LECHERO

¿Como se mide el carbono orgánico del suelo?

Volumen de una hectárea: $100 \times 100 \times 0.30 = 3000 \text{ m}^3$
Peso del suelos: $3000 \times 0.80 = 2400$ toneladas de suelo
Cantidad de COS: $2400 \times 4,3 = 103,2$ toneladas



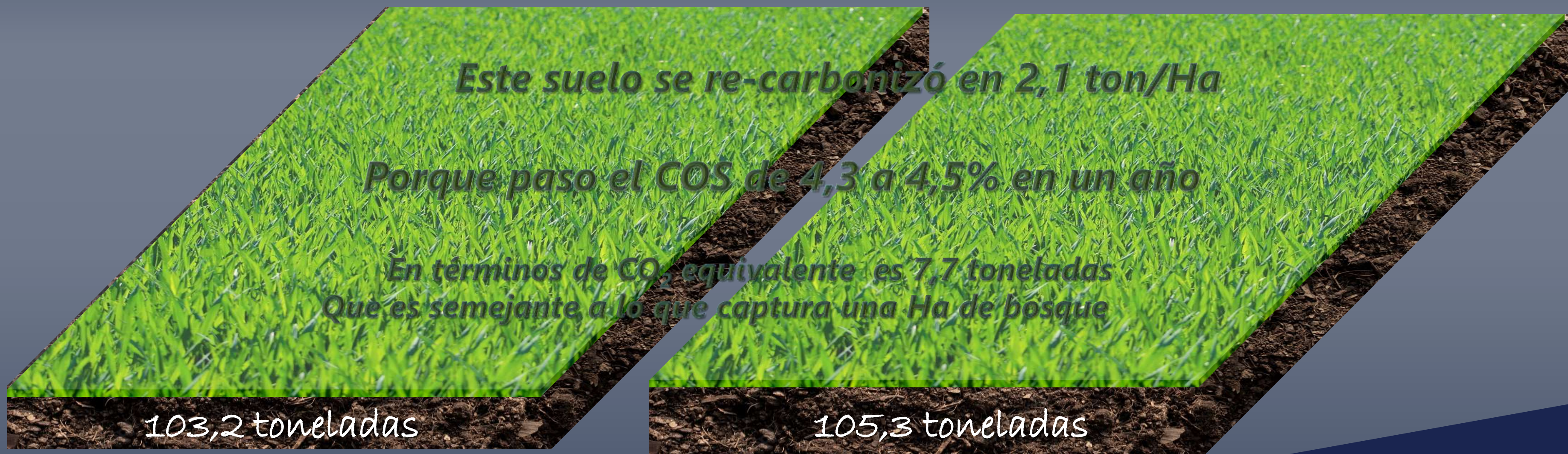
$\text{COS ton/Ha} = \% \text{COS} \times \text{DA} \times \text{cm de profundidad}$



CÁMARA
NACIONAL DE
PRODUCTORES
DE LECHE

Lo que nos interesa es la variación del COS en el tiempo.

Por ejemplo MAG en el MRV de la NAMA mide anualmente



$Año 1 : 4,3 \times 0,80 \times 30 = 103,2 \text{ ton}$

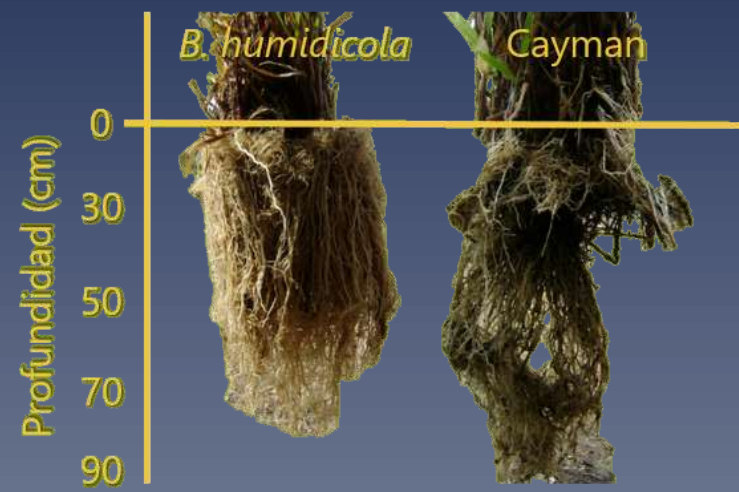
$Año 2 : 4,5 \times 0,78 \times 30 = 105,3 \text{ ton}$

Constante por pesos moleculares
 $3,67 = CO_2/C = 44/12$

$Diferencia Año 2 - año 1 = 2,1 \text{ toneladas de adicionalidad}$

$2,1 \text{ ton de COS adicionales} \times 3,67 = 7,7 \text{ ton de CO}_2 \text{ e removidas}$

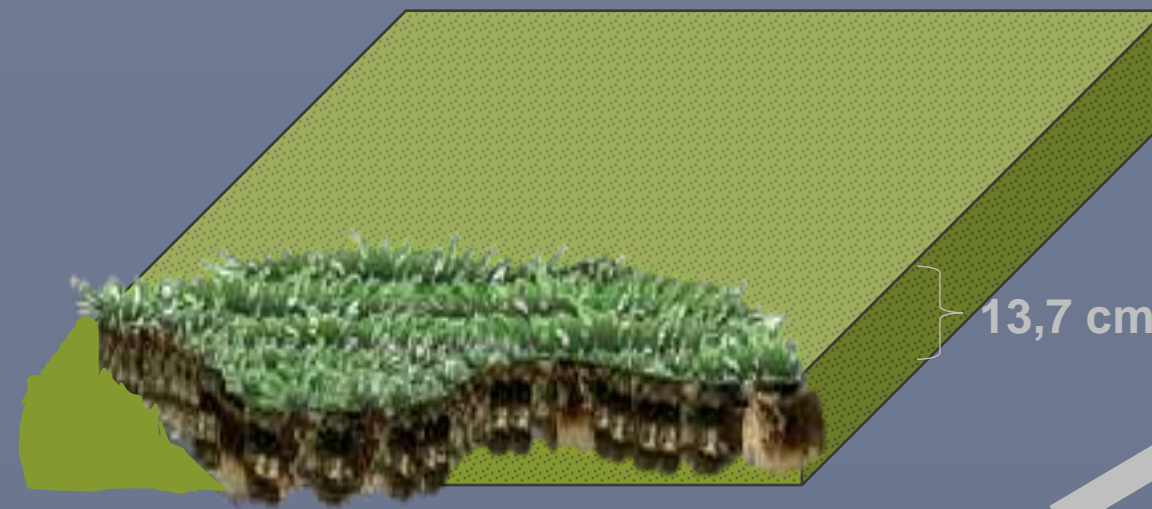
¿Como en América los agroecosistemas de pasturas tropicales bien manejadas re-carbonizan los suelos?



DA	C	Prof	COS
g/cm ³	%	cm	ton/ha
0,8	1,73	13,7	19,0

DA	C	Prof	COS
g/cm ³	%	cm	ton/HA
0,6	3,07	18,4	33,9

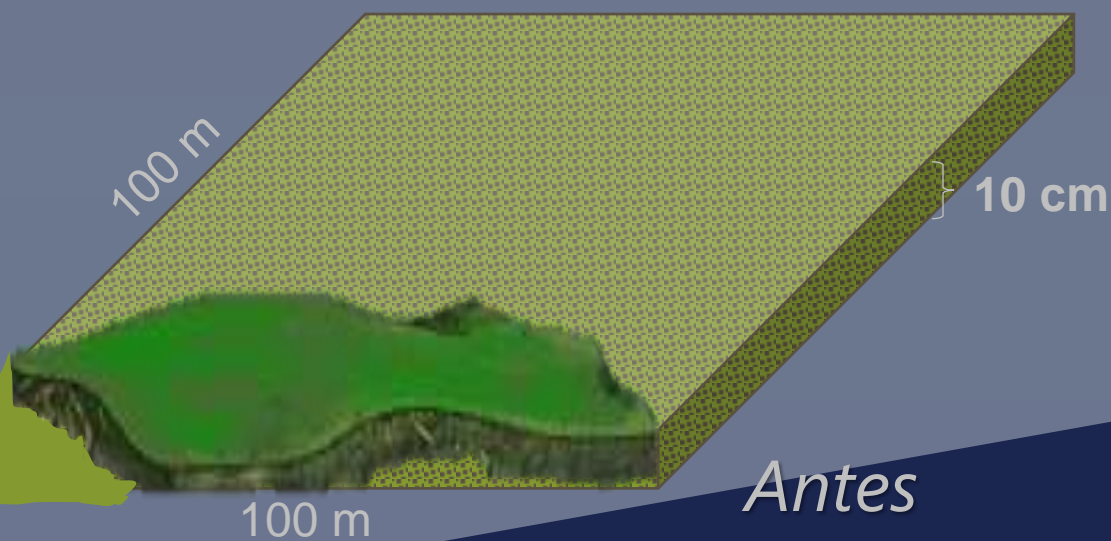
DA	C	Prof	COS
g/cm ³	%	cm	ton/ha
1,1	1,06	10	11,7



ocho años después

cuatro años después

*EELD, 2012 -2019
Arguedas, et al, 2021*

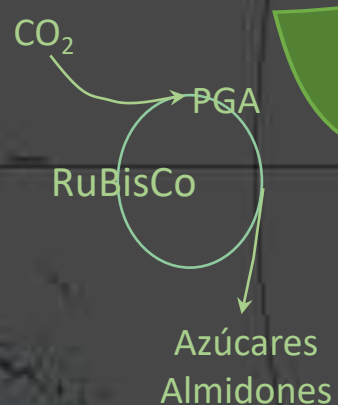


Antes

Las plantas con mecanismo fotosintético C4 como los pastos utilizados en Costa Rica son en general más eficientes en la asimilación de CO₂. Además han co-evolucionado con herbívoros en los ecosistemas de sabana

Por lo tanto, las pasturas C4 siempre que sean bien manejadas depositarán carbono en los primeros centímetros de suelo, que junto con las excretas y los árboles mejoran la salud de este.

Mesófilo planta C3



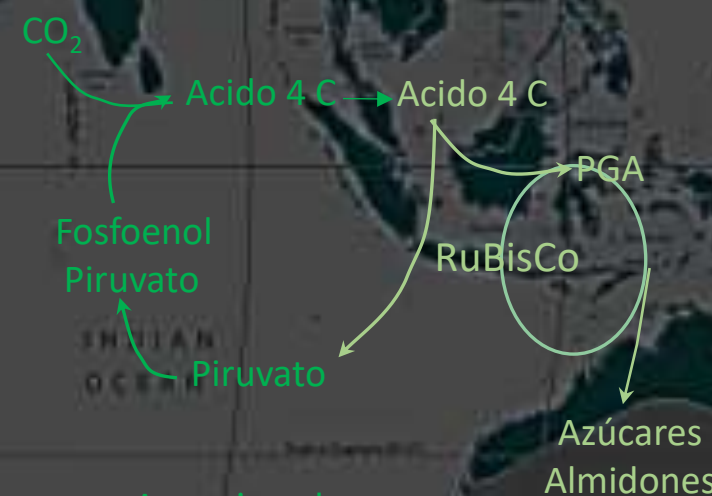
Aproximadamente
20 moles de CO₂ (880 g/m² área foliar/día)

Pastos tropicales



Mesófilo planta C4

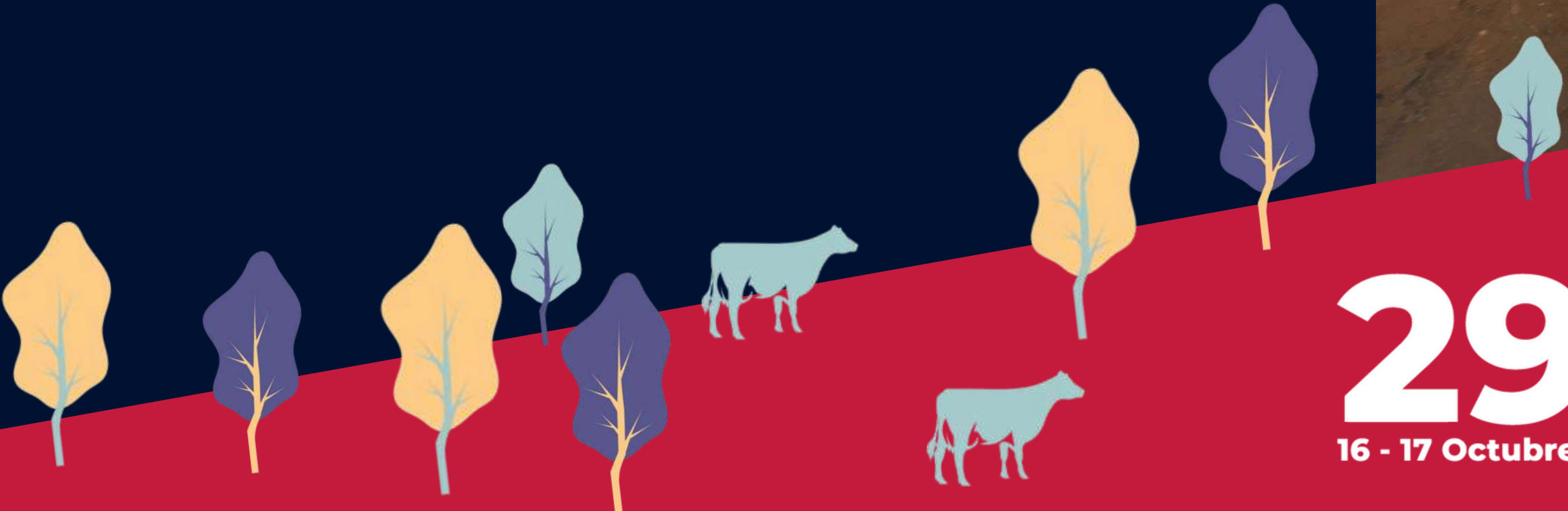
Vaina planta C4



Aproximadamente
30 moles de CO₂ (1320 g/m² área foliar/día)

Los pastos tropicales, pueden ser hasta un 50% más eficientes que las plantas C3 originarias en condiciones de altas temperaturas, radiación solar y menor humedad

¿Estamos seguros que los pastos mejorados y el pastoreo racional en Costa Rica están depositando carbono en el suelo?

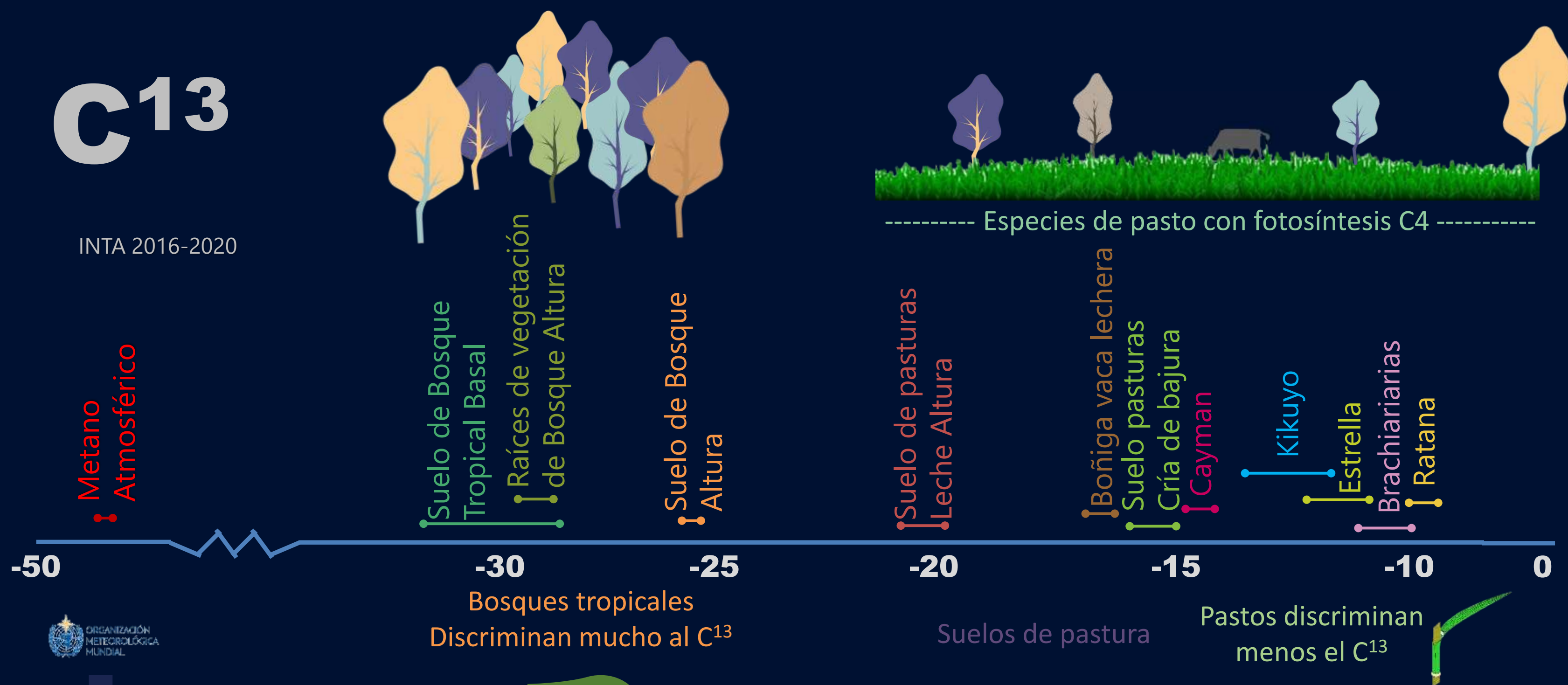


29^o Congreso Nacional
LECHERO

16 - 17 Octubre 2024 - Hotel Wyndham Herradura

C13

INTA 2016-2020



Parece que el metano atmosférico no es de vacas que consumen pastos que discriminan menos al carbono 13

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) en su boletín número 18 de 26 de octubre del 2022, sobre los gases de efecto invernadero indica que el metano atmosférico está sufriendo un empobrecimiento fuerte de $\delta^{13}\text{C}$ con valores entre -47,1 y -47,7.

29° Congreso Nacional LECHERO
16 - 17 Octubre 2024 - Hotel Wyndham Herradura

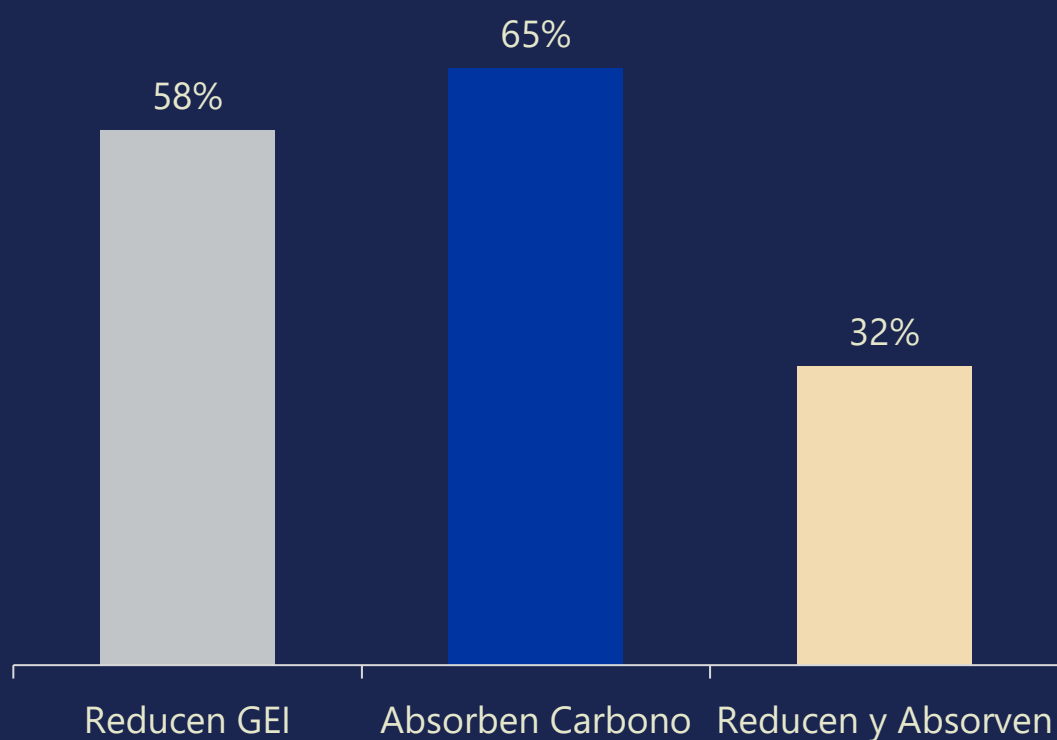


■ Mitigación



La absorción (remoción) de carbono es la mayor contribución a la mitigación del cambio climático de fincas ganaderas en Costa Rica. Donde el COS es una de las tres la remoción de C (absorción) en fincad de Leche.

MAG MRV NAMA Ganadería
Mitigación de 401 fincas en 2023



----- Toneladas de CO₂e -----

Mitigadas

Reducidas

Absorbidas

133,265

13,978

119,286

100%

10%

90%

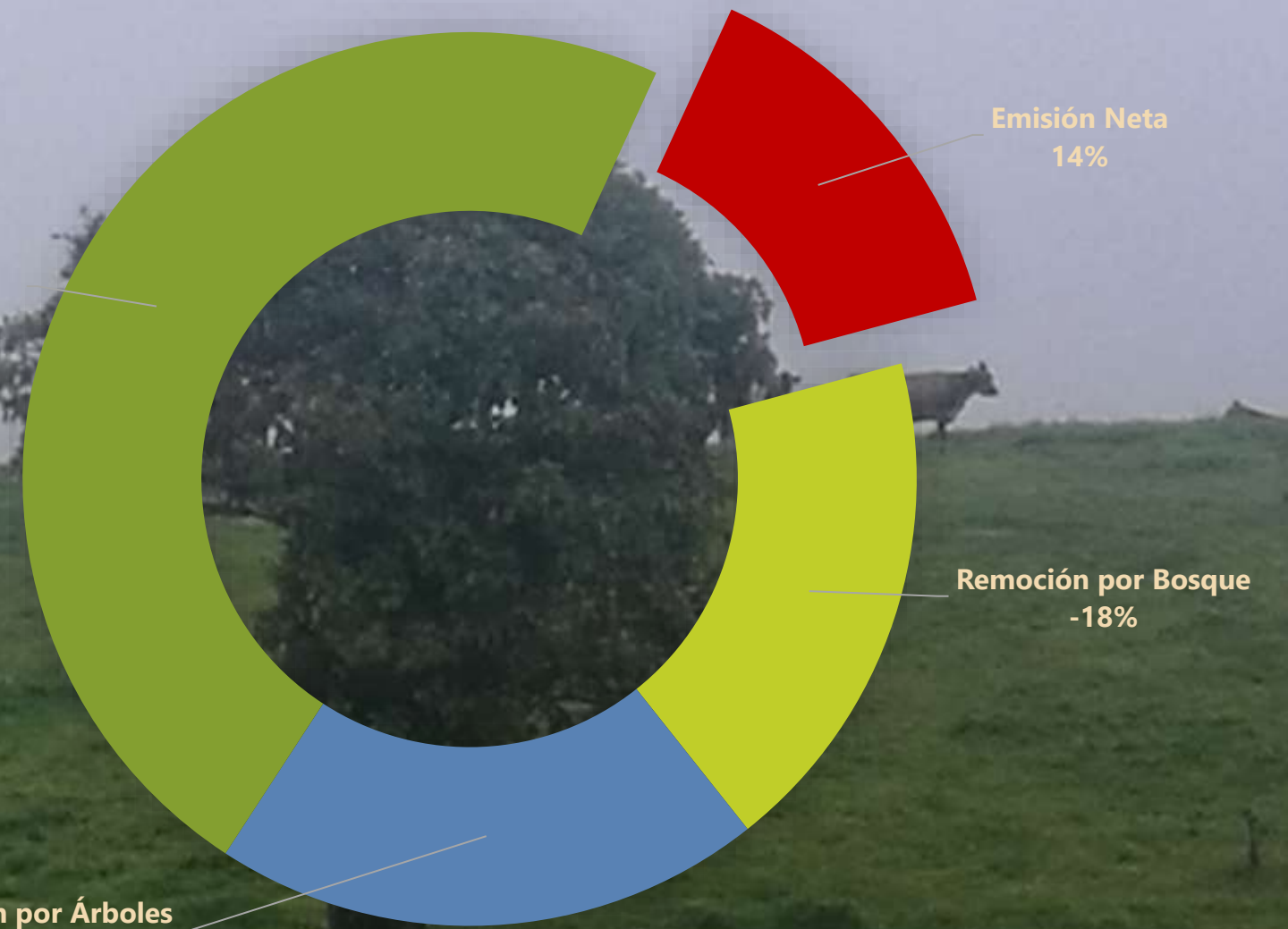


29^o Congreso Nacional LECHERO



Remoción por Carbono del Suelo
-48%

Remoción por Árboles
-19.9



**CORREDOR BIOLÓGICO RIBEREÑO
INTERURBANO SUBCUENCA REVENTADO
AGUA CALIENTE**

Devolviendo el carbono a la Tierra: El manejo holístico de pasturas como alternativa para recuperar la capacidad productiva del suelo y los equilibrios naturales
(Reflexiones y experiencias en la producción de leche en las zonas altas de Costa Rica)

Proyecto Validación de buenas prácticas agropecuarias que contribuyan a la conectividad biológica, diversidad biológica e incrementen la rentabilidad en fincas lecheras
Marzo, 2019 - Julio, 2020



**CÁMARA
NACIONAL DE
PRODUCTORES
DE LECHE**

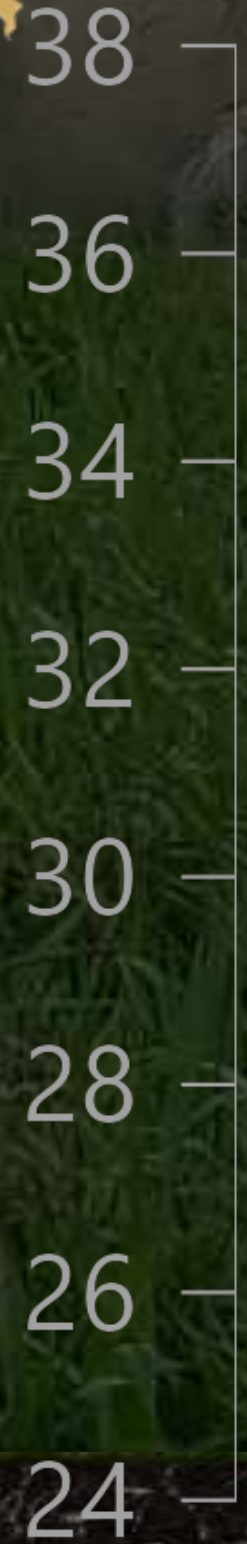
**29° Congreso Nacional
LECHERO**

16 - 17 Octubre 2024 - Hotel Wyndham Herradura

Principal Acción de Mitigación Nacionalmente Apropiada (NAMA) en Ganadería

Pastoreo racional eje de la
re-carbonización

COS (ton C/Ha de pastura)



Incremento promedio anual de COS/Ha

Tasa de incremento

1.97

Límite inferior

1.35

Límite superior

2.58

Fuente MAG MRV NAMA Ganadería: 1102 muestreos



CÁMARA
NACIONAL DE
PRODUCTORES
DE LECHE

¿En Costa Rica están las pasturas depositando carbono en el suelo por el mejoramiento de las pasturas, los sistemas silvopastoriles y el manejo con pastoreo racional?



CÁMARA
NACIONAL DE
PRODUCTORES
DE LECHE

29^o Congreso Nacional
LECHERO



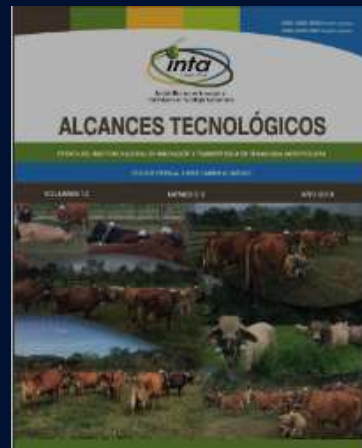
Determinación de carbono en suelos de pasturas.
En carne-cría y doble Propósito
INTA – CORFOGA 2016-17

Google earth

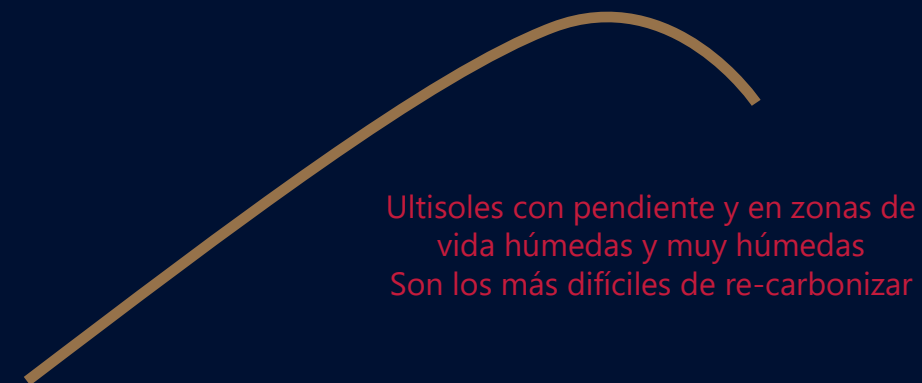
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image Landsat / Copernicus
© 2016 Google
US Dept of State Geographer



Cobertura	Orden	$d^{13}C$	E.E.
Pastura	Inceptisol	-16,15a	1,00
Pastura	Ultisol	-20,30b	1,84
Bosque	Inceptisol	-30,18c	1,19
Bosque	Ultisol	-29,59c	1,30



http://revista.inta.go.cr/index.php/alcances_tecnologicos/issue/view/9



Orden	COT^P (mg/ha)	COS^P (% de COT^P)
Inceptisol	45.35 a	47.76 a
Ultisol	39,03 b	43,54 a
EE	1,42	1,59

Carbono Orgánico Total del suelo cubierto por pastura COT^P
Carbono Orgánico aportado por la cobertura de pastura COS^P

^{13}dC en monitoreo de la gestión del suelo en ganadería de carne

Sitio	Condición/Manejo	Orden	COT^P (mg/ha)
La Cruz	Plano, Brachiaria, RM	Inceptisol	31,61
Hojancha	Plano, Brachiaria, BM	Inceptisol	42,31
Golfito	Plano, Natural, MM	Inceptisol	22,76
Sarapiquí	Plano, Natural, BM	Inceptisol	50,33
Pococí (EELD)	Plano, Natural, BM	Inceptisol	46,71
Garabito	Ladera, Mezcla, RM	Ultisol	33,60
San Mateo	Ladera Mezcla, RM	Ultisol	34,44
Turrialba	Ladera, Mezcla, RM	Ultisol	30,66
B. Aires	Plano Bachiaría BM	Ultisol	54,06
Upala	Plano, Brachiaria, BM	Ultisol	40,52
San Carlos	Plano, Brachiaria, BM	Ultisol	44,22

Promedios a 20 cm de profundidad. B,R,M: Bueno, Regular, Mal Manejo (M)



Acciones tecnológica para la recarbonización de suelos en ladera con ganadería de carne:

1. Especies de pasto mejoradas rastreras, de fuerte anclaje
2. Sistemas silvopastoriles con árboles leguminosos

INTA / CNPL / DOS PINOS / FITTACORI, 2018

V. Poas



Alajuela

Pacífico

San José

V. Irazú

V. Turrialba

Caribe

Cartago



16.3 km



Google Earth

La estimación del aporte de COS de la pastura (COS^P) al carbono orgánico total del suelo (COT^P)

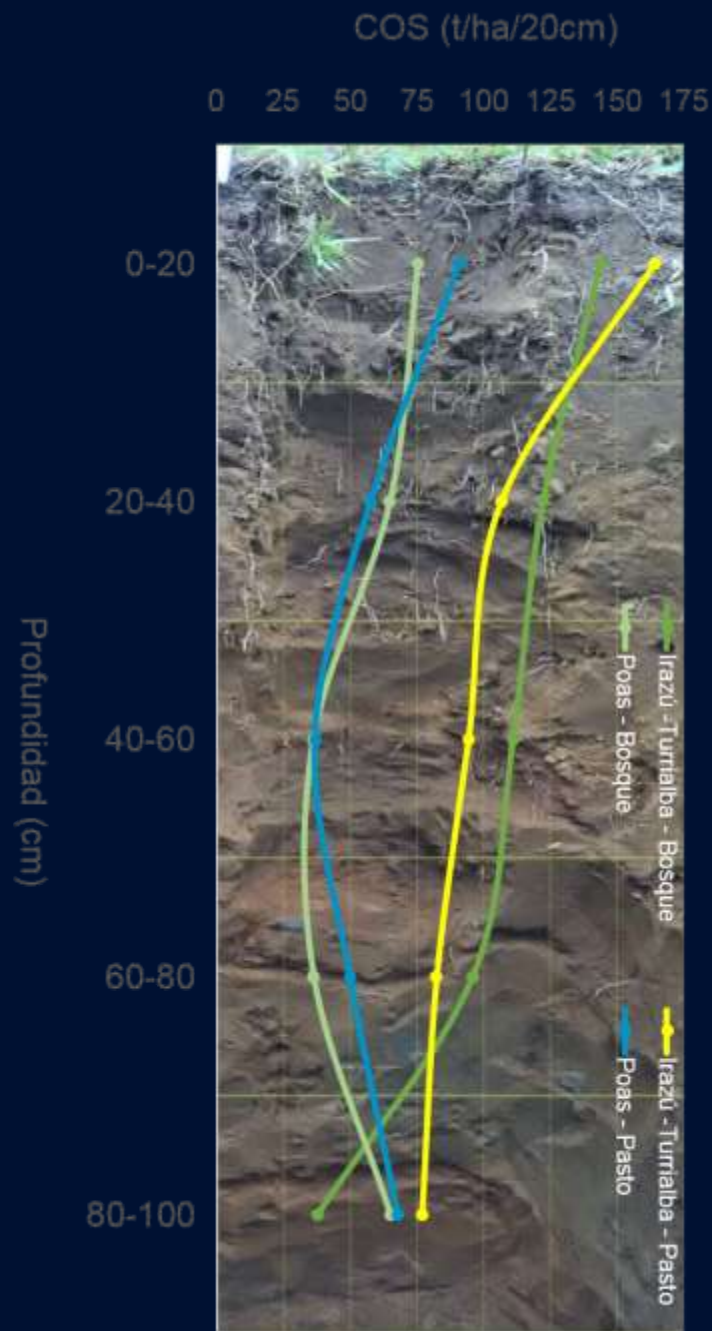
$$COT^P * d^{13}C_p = COS^B * d^{13}C^B + COS^P * d^{13}C^{RP}$$

Donde:

- COT^P = COS Total de la Pastura,
- COS^B = COS del Bosque,
- COS^P = COS del Pasto,
- d¹³C^P = Valor de d¹³C del Pasto,
- d¹³C^B = Valor de d¹³C del Bosque,
- d¹³C^{RP} = Valor de d¹³C de Raíces del Pasto

Promedios a un metro de profundidad

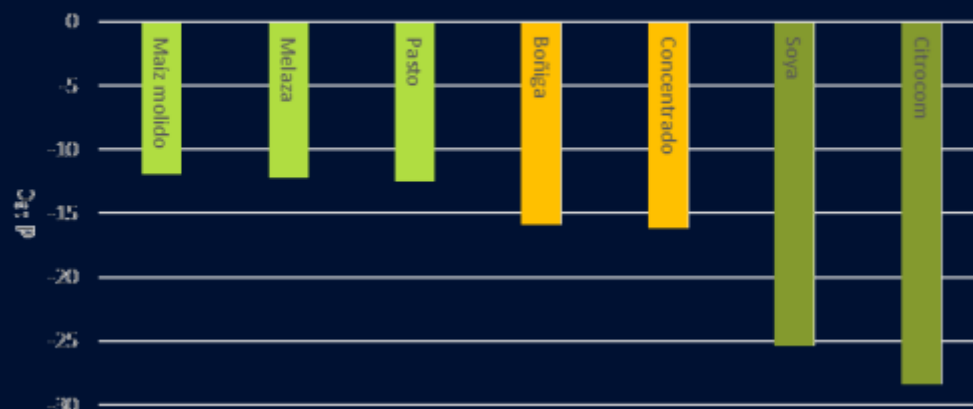
Macizo	COS(%)	DA (g/cm ³)	NT (%)	Rel. C:N
Irazú-Turrialba	7,39	0.85	0,53	13,94
Poas	5,49	0.57	0,46	13,35



Finca	COS (ton/ha/lámina 20 cm)		COS depositado por la pastura (%)
	C. Boscosa	C. Pastura	
1. Oreamuno	101,9	115,4	71,1
2. Oreamuno	297,3	212,3	50,2
3. Alvarado	23,7	62,2	86,7
4. Turrialba	37,7	29,7	59,7
5. Poas	44,3	51,9	71,0
6. Poas	52,3	57,3	69,7
7. Poas	59,2	68,8	65,3
8. Poas	64,3	61,7	66,3
E.E.	9,9	12,3	6,4

Medias con una letra común en la misma columna no son significativamente diferentes (p > 0,05)

¹³dC Alimentos de los suplementarios



Fincas con o en:

- 70 a 106 años de producir leche a pastoreo
- zonas de volcanes con erupciones recientes
- entre 1500 a 2500 metros de altitud
- suplementación a los animales

¿Como estamos en Costa Rica?

CARBONO ORGÁNICO DEL SUELOS DE PASTURAS POR ACTIVIDAD PRODUCTIVA.
MAG NAMA GANADERÍA. FINCAS MRV. PERIODO 2019-2023.

ACTIVIDAD	FINCAS	% *
LECHE	278	6.12 (3.56) a
D. PROPÓSITO	303	3.45 (1.64) b
CARNE-CRÍA	432	3.30 (2.11) b

- Difieren significativamente ($P < 0,05$)
- () Desviación estándar

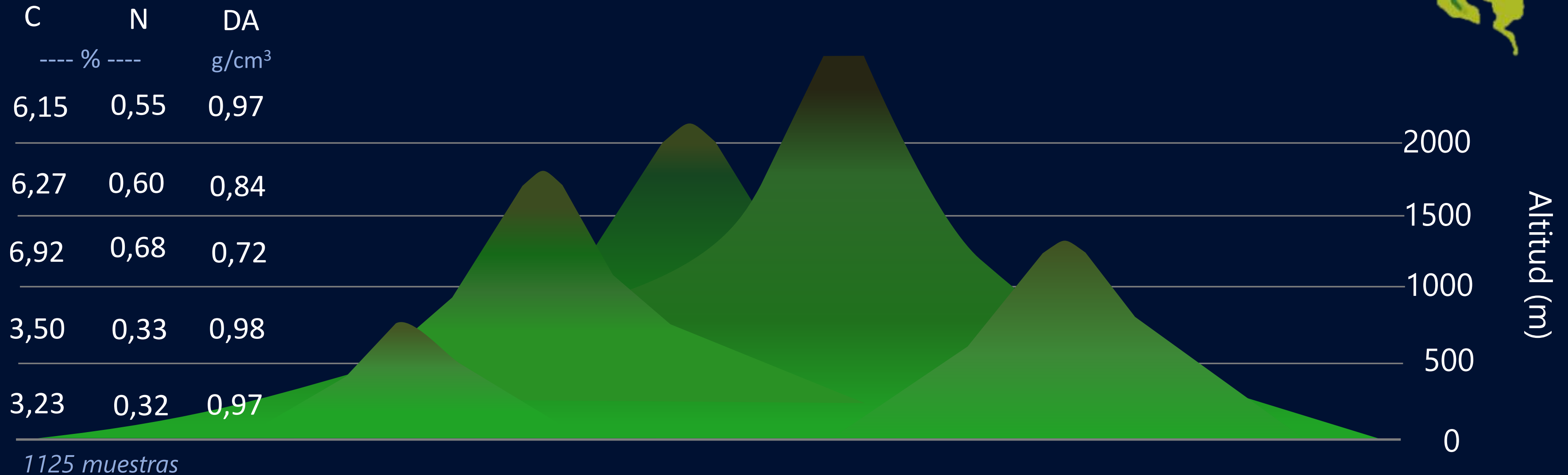


CÁMARA
NACIONAL DE
PRODUCTORES
DE LECHE

29^o Congreso Nacional
LECHERO



CARBONO ORGÁNICO (C) NITRÓGENO (N) Y DENSIDAD APARENTE (DA) EN PASTURAS. FINCAS MRV. PERIODO 2019-2023



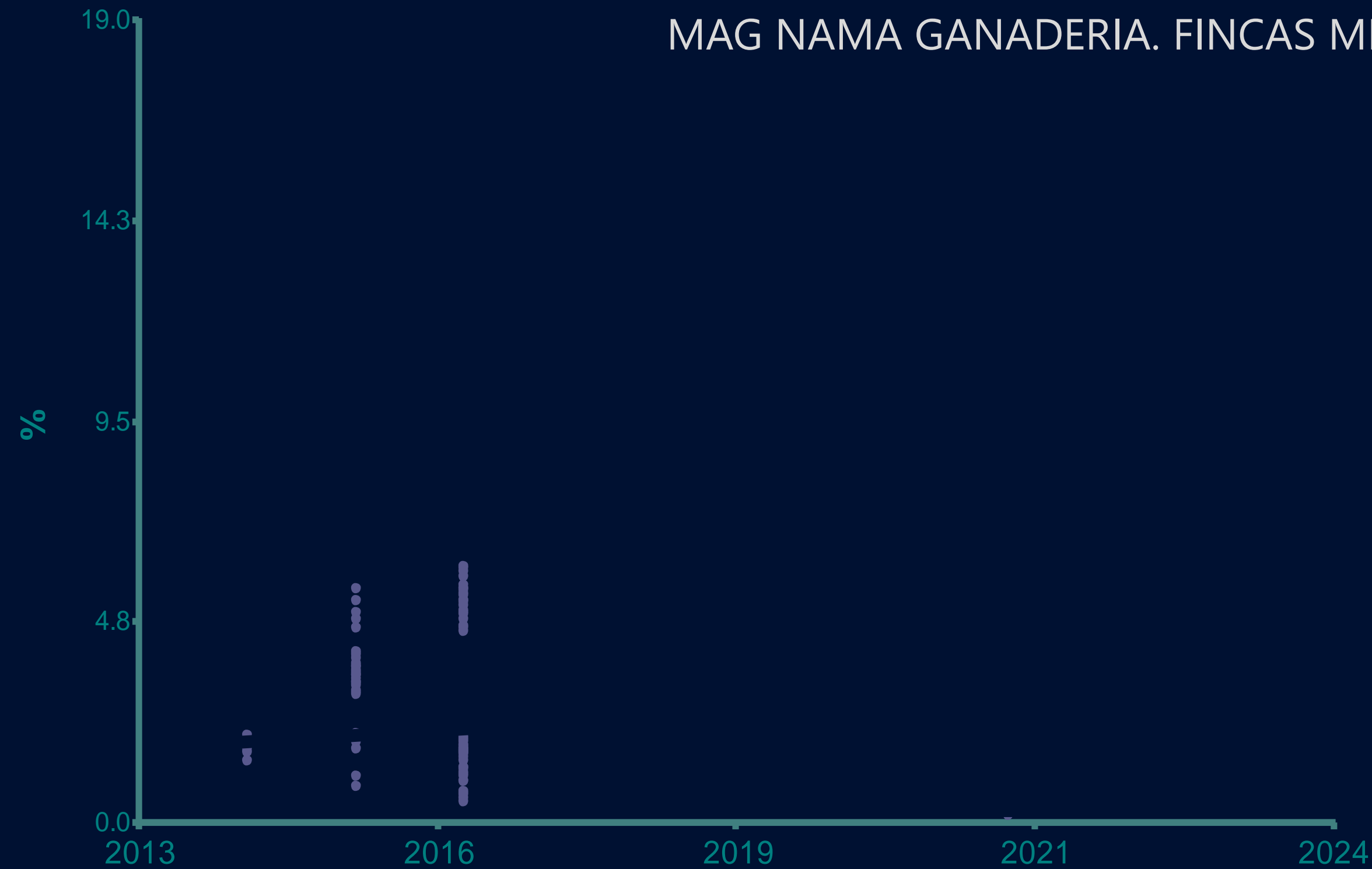
CARBONO ORGÁNICO DEL SUELOS BAJO PASTURAS POR REGIÓN Y ACTIVIDAD PRODUCTIVA.
MAG NAMA GANADERIA. FINCAS MRV. PERIODO 2019-2023.



REGION	LECHE	D. PROPOSITO
	% COS	
CENTRAL SUR	2.61	3.15
BRUNCA	3.72	3.89
H. NORTE	4.54	3.38
CHOROTEGA	5.10	3.61
P. CENTRAL	6.47	4.11
C. ORIENTAL	6.95	
C. OCCIDENTAL	7.27	

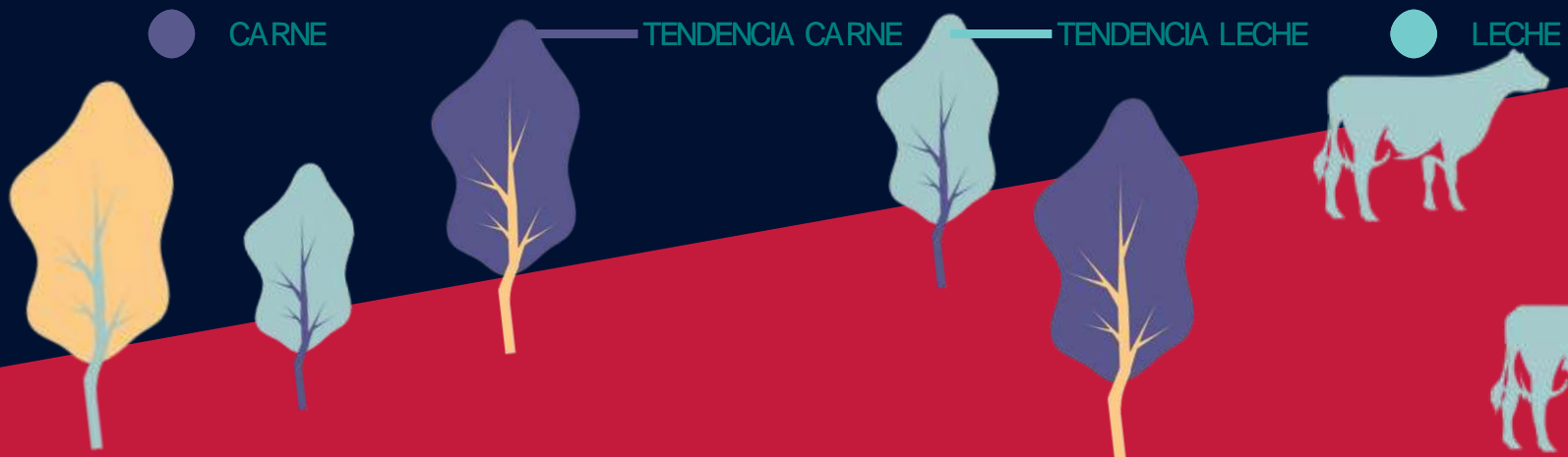


29° Congreso Nacional
LECHERO
16 - 17 Octubre 2024 - Hotel Wyndham Herradura

INCREMENTO ANUAL ESTIMADO DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO BAJO PASTURAS. MAG NAMA GANADERIA. FINCAS MRV. 2019-2023



ACTIVIDAD	FINCAS	COS (%) *
	278	0.47
	302	0.22

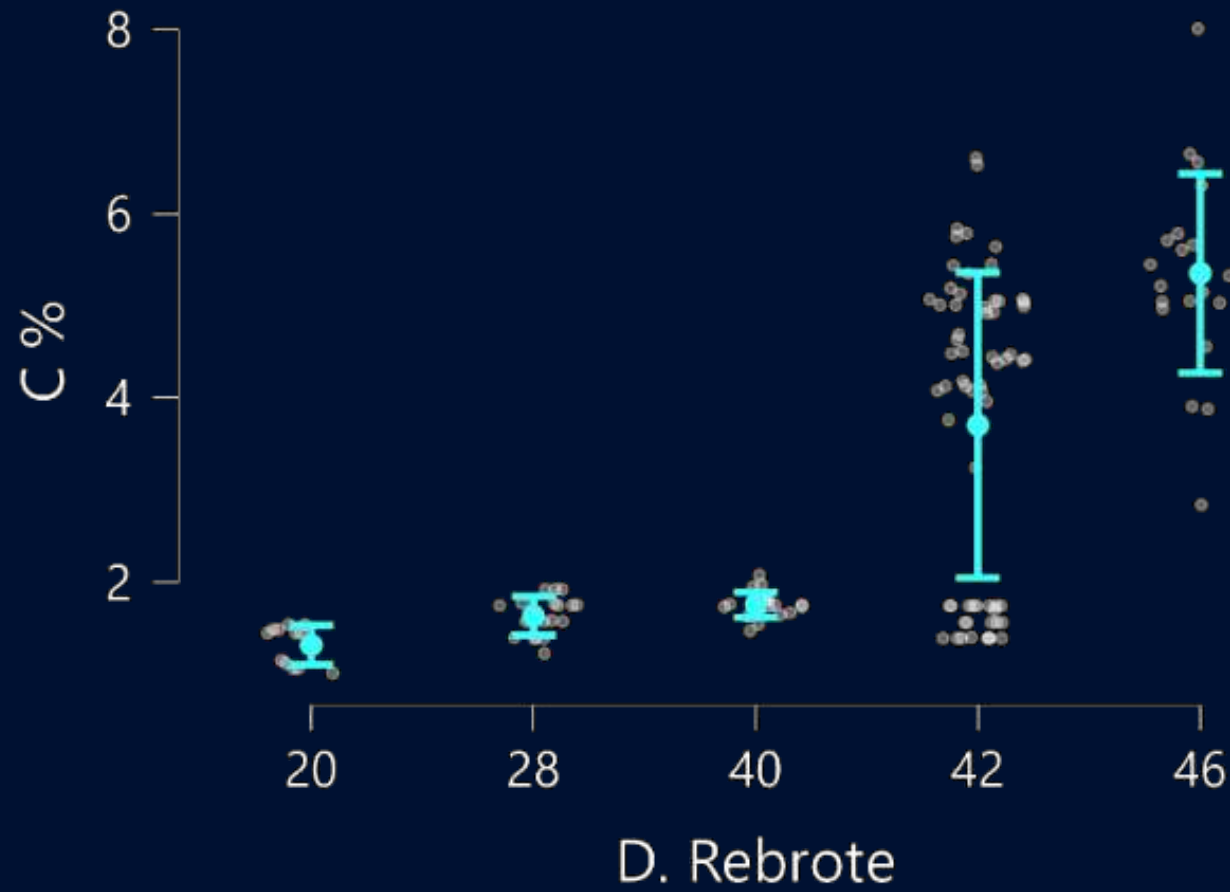
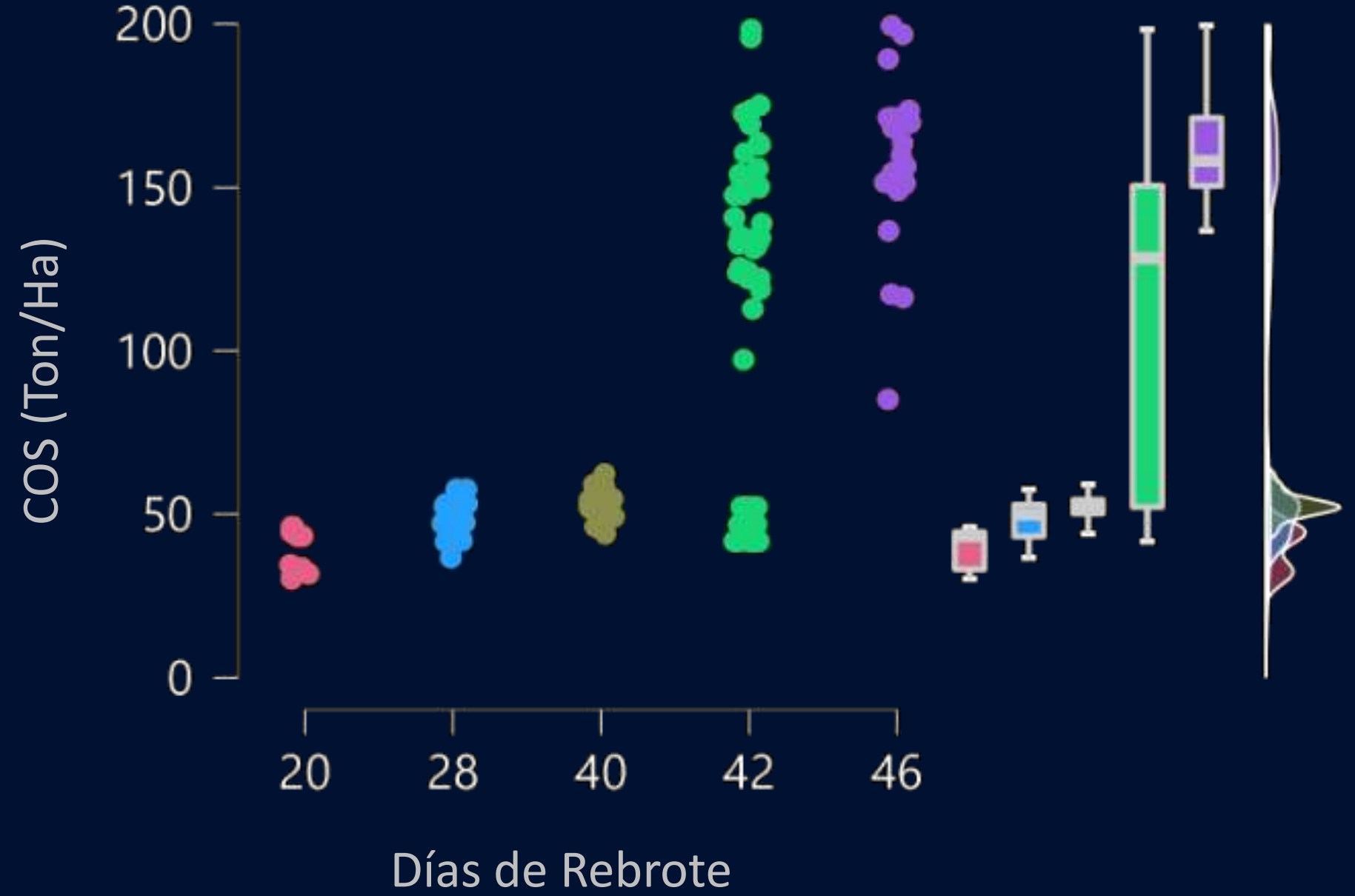
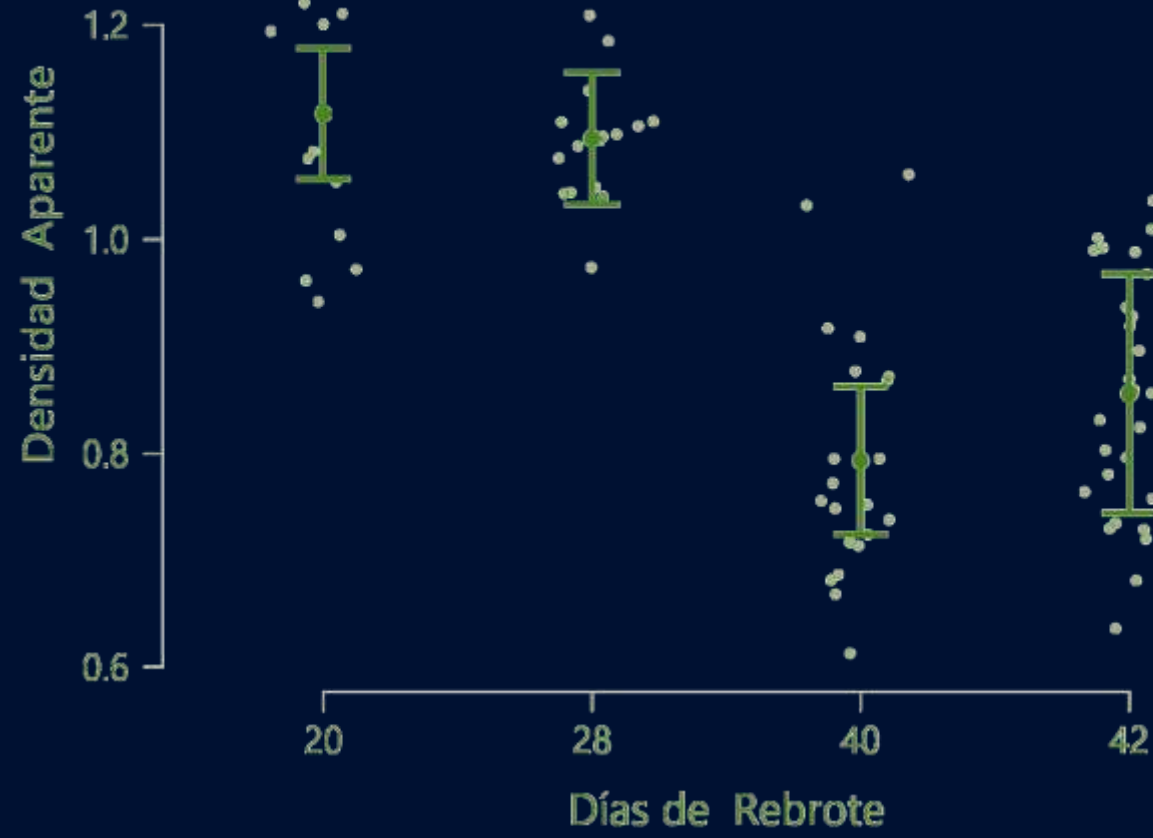



29° Congreso Nacional LECHERO
16 - 17 Octubre 2024 - Hotel Wyndham Herradura

¿Qué se debe hacer además del pastoreo racional y buen manejo para seguir re-carbonizando los suelos?



29^o Congreso Nacional
LECHERO
16 - 17 Octubre 2024 - Hotel Wyndham Herradura



La variable días de rebrote parece ser muy importante en la re-carbonización del suelo bajo pasturas en el trópico muy húmedo

*Datos preliminares, EELD, 2012 -2022
Hernández et al, 2023*



Para la re carbonización de los suelos bajo pasturas tropicales la cantidad de nitrógeno en el agro-ecosistema pastura es importante

Bosque



Pasturas PRV



- ✓ Las pasturas tropicales mesoamericanas no retienen nitrógeno en el agro-sistema
- ✓ Es más emisor de óxido nitroso el bosque natural mesoamericano que la pastura no fertilizada

N



El 50% de las especies de árboles del bosque tropical americano son leguminosos.

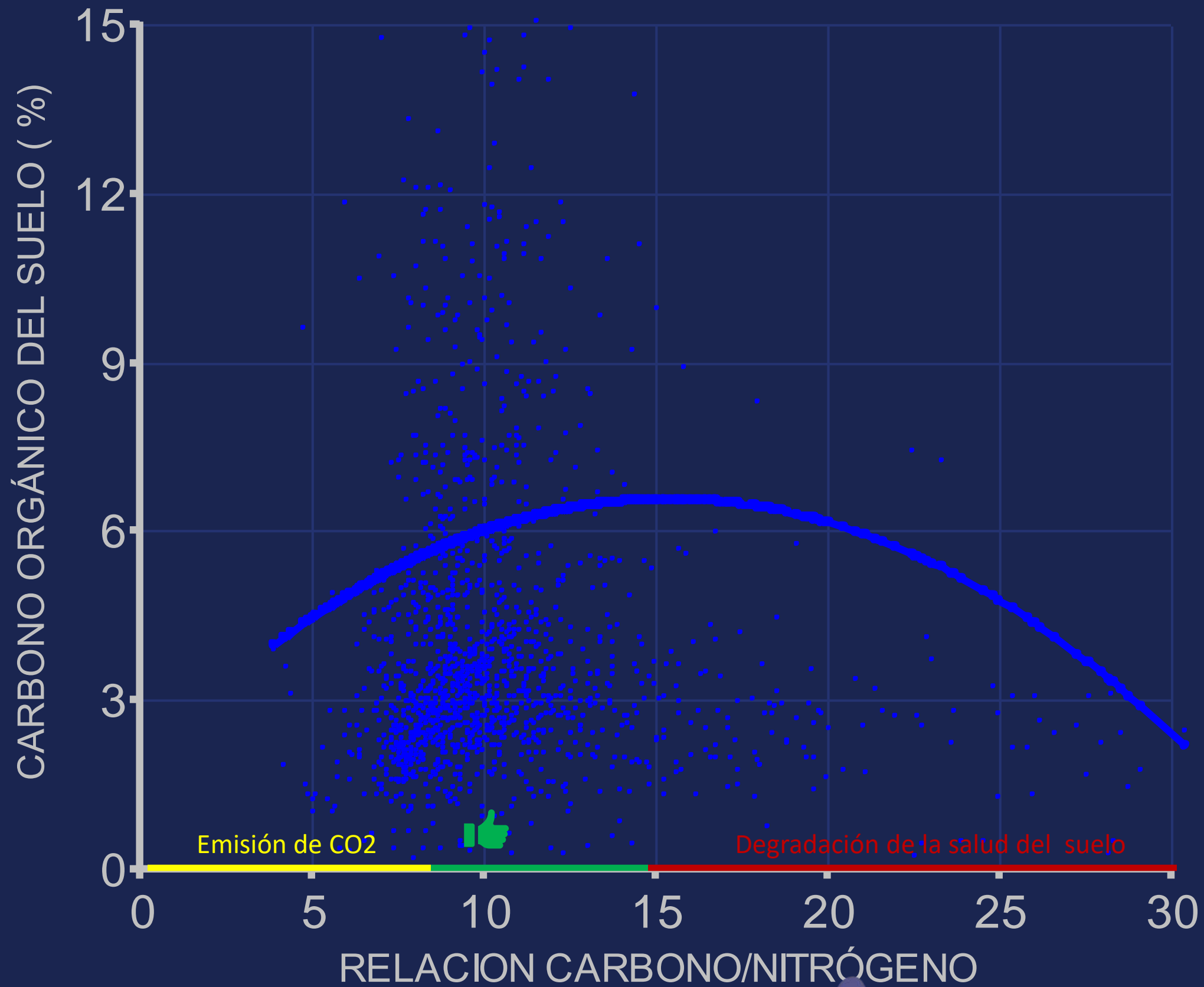
Gei, M et al 2018. Legume abundance along successional and rainfall gradients in Neotropical forests (en línea). Nature Ecology & Evolution 2:1104-1111.
<https://www.nature.com/articles/s41559-018-0559-6>

Arreglo de figura con datos de: Keller 1999; Melillo et al 2001; Niel et al 2005; Koehler 2008; Meurer et al 2016; Abarca et al 2018; Arguedas et al 2020. En Costa Rica, Panamá, y Brasil.



CÁMARA
NACIONAL DE
PRODUCTORES
DE LECHE

29^o Congreso Nacional
LECHERO
16 - 17 Octubre 2024 - Hotel Wyndham Herradura



Un indicador clave en la recarbonización de los suelos bajo pasturas tropicales

Relación C:N

MAG. NAMA GANADERIA. MRV.
2019-2023.
1603 muestreos.



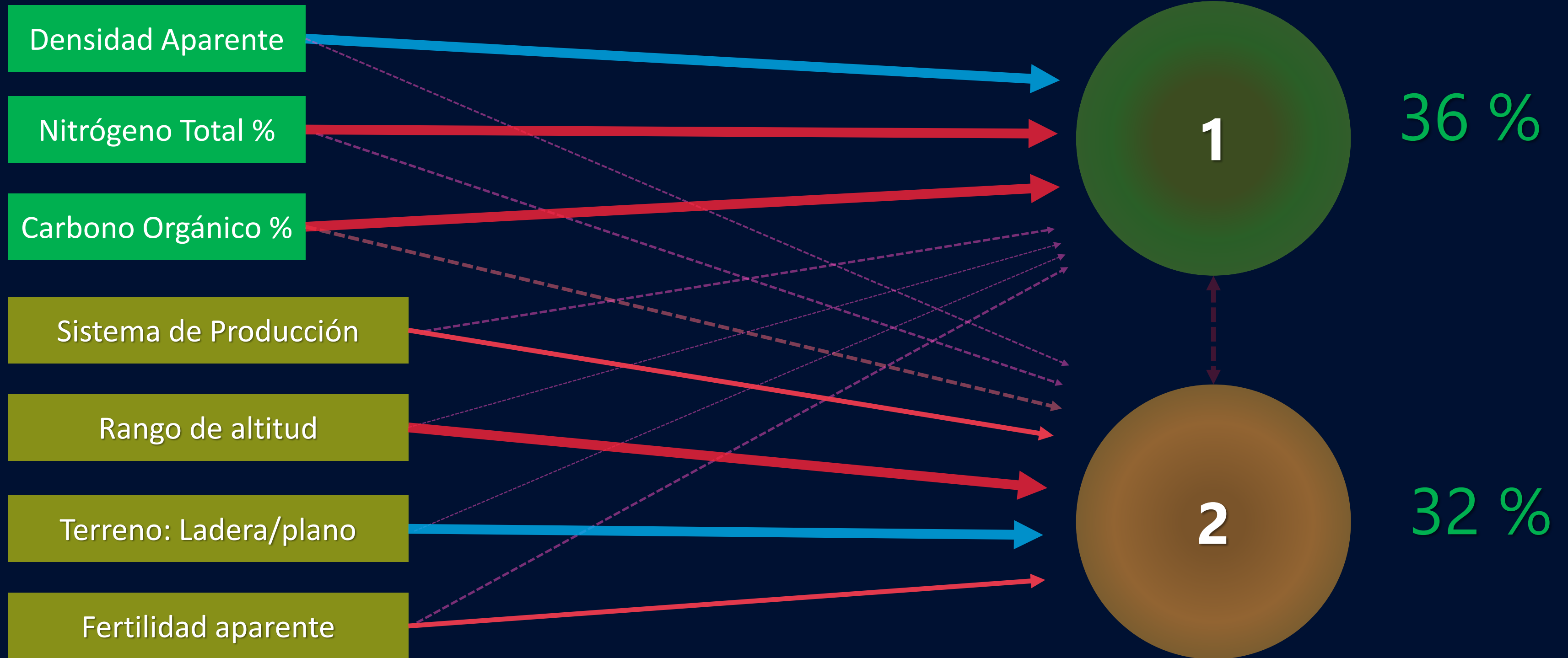
CÁMARA
NACIONAL DE
PRODUCTORES
DE LECHE

29^o Congreso Nacional
LECHERO



Variación de COS a nivel de finca. MRV de la NAMA Ganadería para la estimación de la masa del COS

68% de la varianza en dos componentes



Corr. negativa

Corr. positiva



De mayor importancia



Escases: principal limitante para aumentar COS y rendimientos de productividad en pasturas

Correlaciones de Pearson altamente significativas**
($p > 0.001$) en relación al COS

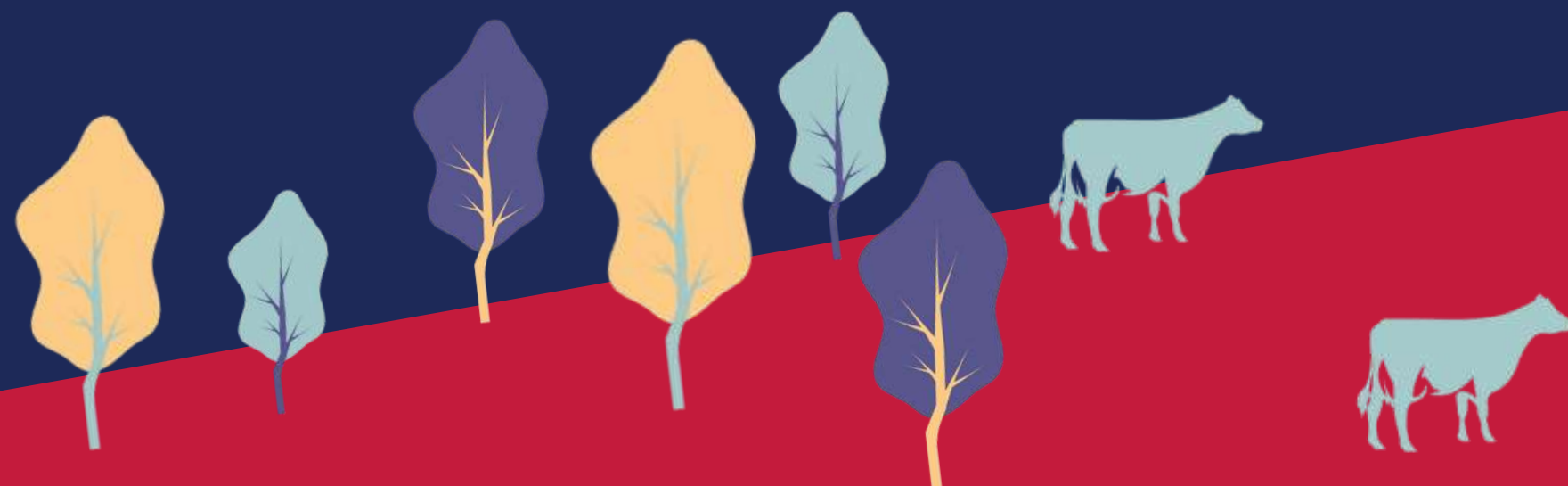


MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN Y TRASFERENCIA EN TECNOLOGÍA AGROPECUARIA
DIRECCIÓN NACIONAL DE EXTENSIÓN AGROPECURIA

GOBIERNO
DE COSTA RICA

RECARBONIZACIÓN DE LOS SUELOS DE LAS FINCAS GANADERAS DE COSTA RICA

SERGIO ABARCA MONGE



CÁMARA
NACIONAL DE
PRODUCTORES
DE LECHE

29^o Congreso Nacional
LECHERO
16 - 17 Octubre 2024 - Hotel Wyndham Herradura