

**Emisión de gases
por la caña de azúcar:
*Propuesta metodológica para
realizar un Balance de Carbono***

**Johnny Montenegro Ballesterro
(MAG-IMN)**

**Marco Chaves Solera
(LAICA-DIECA)**

**Colegio Ing. Agrónomos
Moravia, San José
Costa Rica
Setiembre 2009**

Presentado en:

***XVII Congreso Azucarero ATACORI
“Cooperativa Agrícola Industrial
El General R.L.”***

***Organizado por la Asociación de
Técnicos Azucareros de Costa Rica
(ATACORI).***

***Colegio de Ingenieros Agrónomos,
Moravia, San José,
Costa Rica***

2,3 de Setiembre 2009



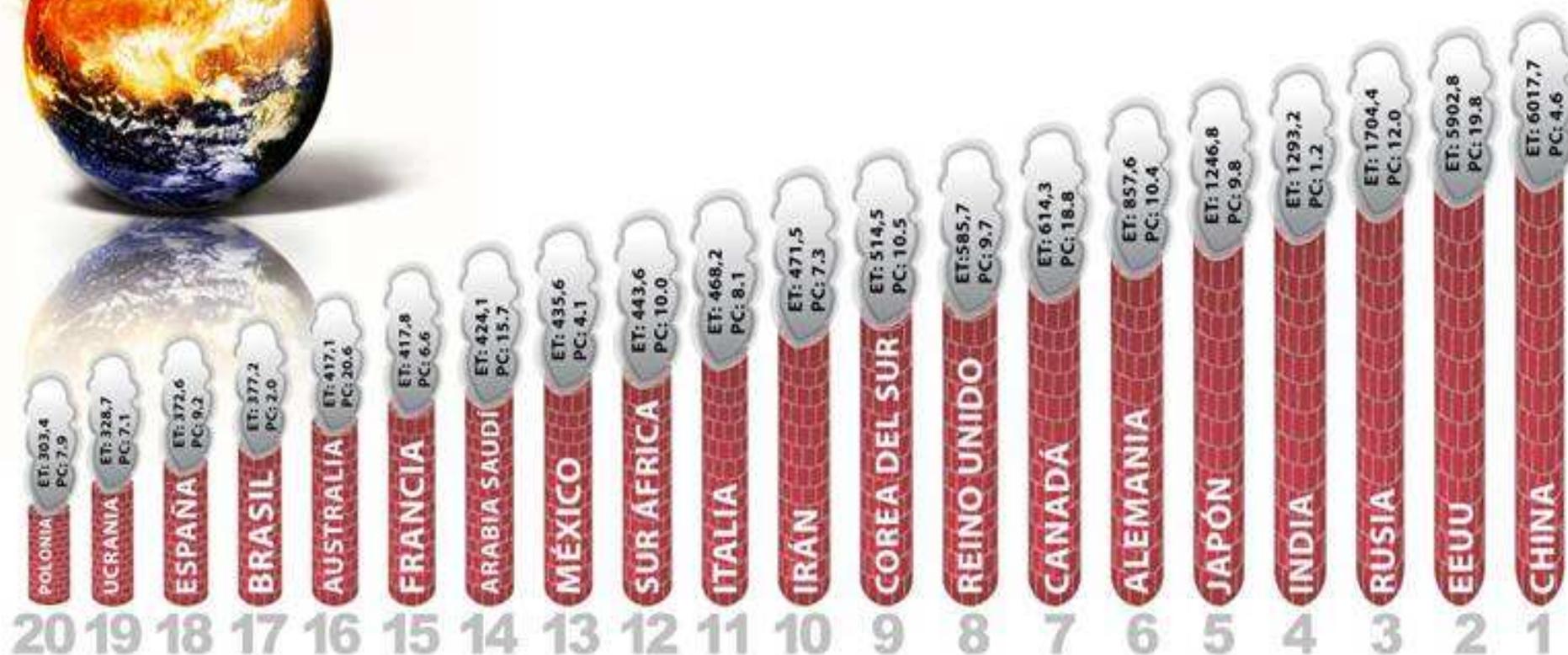
OBJETIVO

Comentar y profundizar en relación al tema de la fijación y emisión de CO₂ por parte de la caña de azúcar y los atributos que la planta posee y que la tipifican como “excepcional” por poseer dotes muy favorable en ese sentido. Se proponen asimismo, los principios generales de una metodología sencilla para realizar un Balance de Carbono.



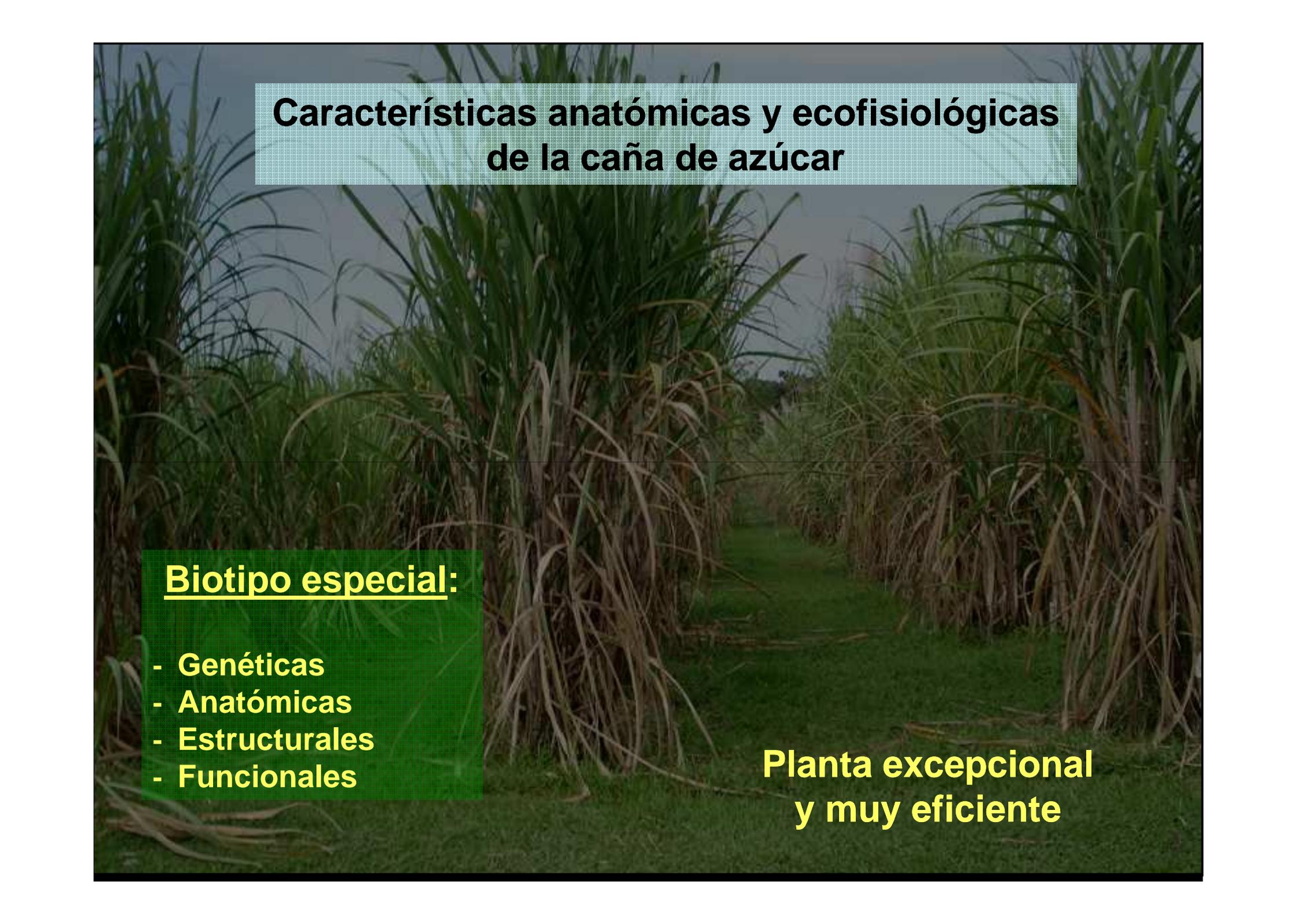


Ranking Mundial de Emisiones de CO2



ET: Emisiones totales (Mill. de toneladas de CO2)

PC: Emisiones Per-Cápita (Toneladas/cápita)



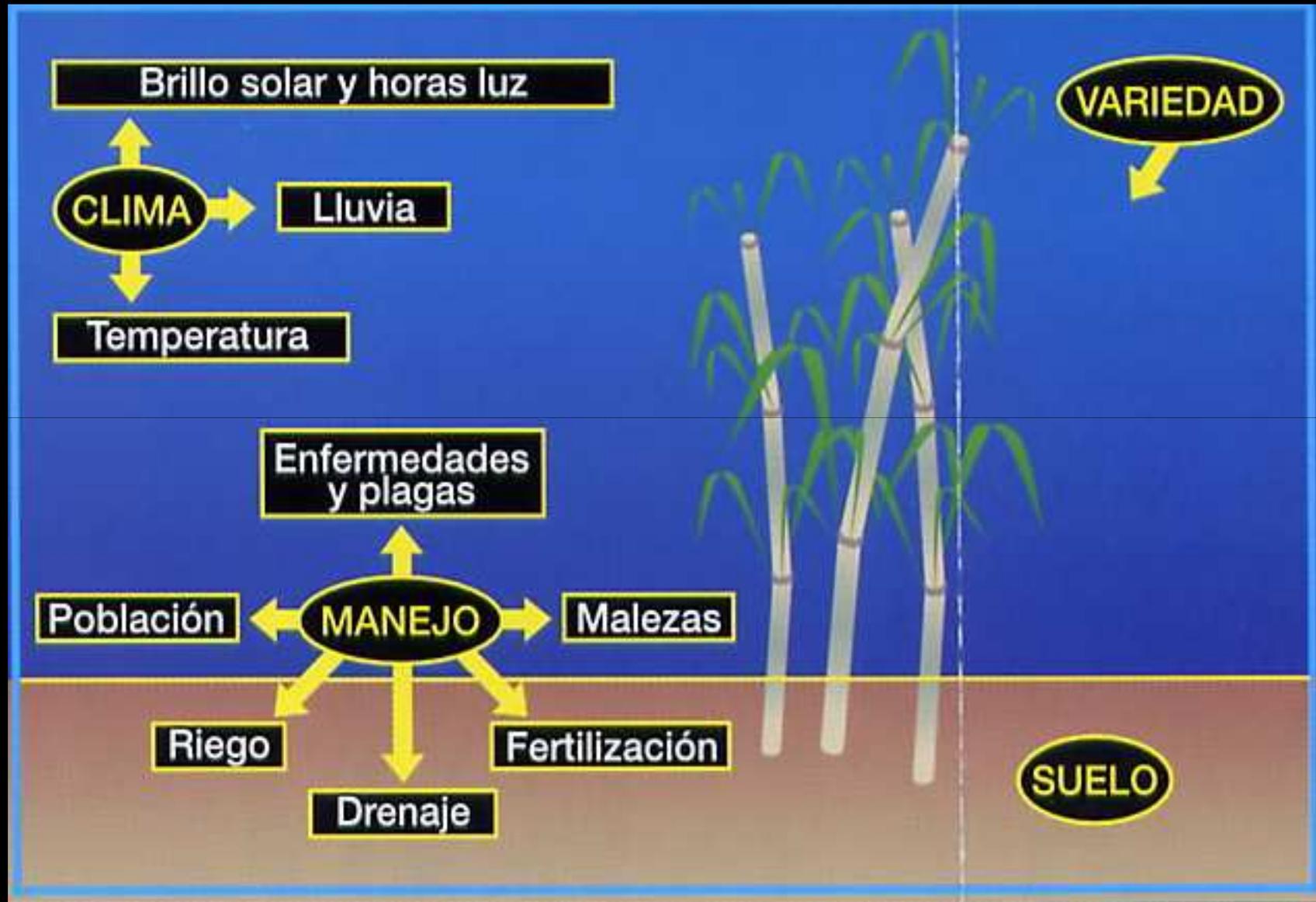
Características anatómicas y ecofisiológicas de la caña de azúcar

Biotipo especial:

- Genéticas
- Anatómicas
- Estructurales
- Funcionales

**Planta excepcional
y muy eficiente**

Influencia del entorno



Biotipo especial

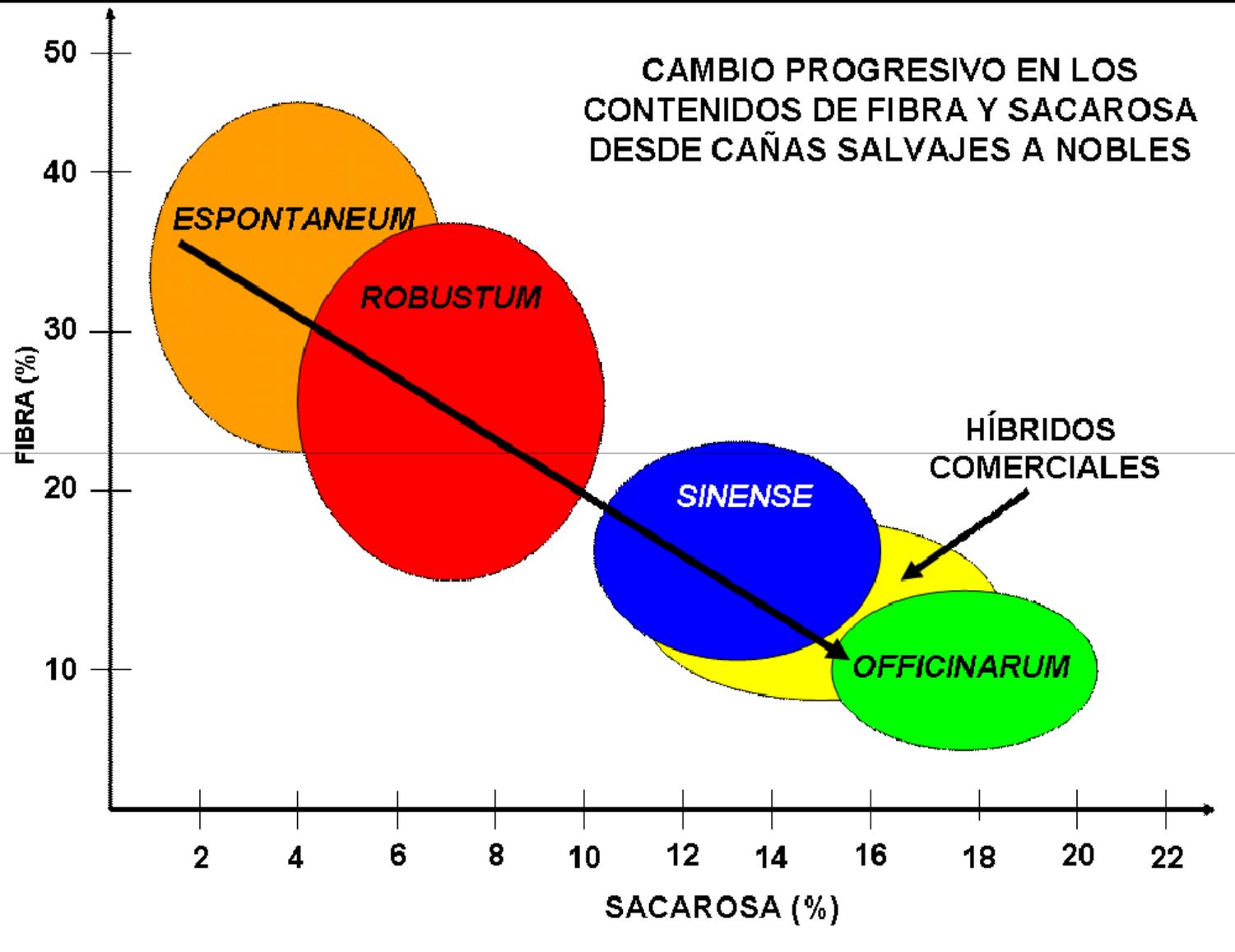
1. Genéticas:

- **Varias especies aportan variabilidad potencial:**

S. barberi	2n = 81-124
S. sinensis	2n = 111-120
S. edule	2n = 60-80
S. officinarum	2n = 80
S. spontaneum	2n = 40-128
S. robustum	2n = 60-80
Hibr. Comerc	2n = 100-140
- **Poliploide (2n = 40-140): *Alta capacidad de cruzamiento***
- **Reproducción Clonal: *Perpetúa características***
- **Flor (*Panícula - Hermafrodita*)**



CAMBIO PROGRESIVO EN LOS
CONTENIDOS DE FIBRA Y SACAROSA
DESDE CAÑAS SALVAJES A NOBLES



Biotipo Especial

2. Anatómicas:

- Biomasa ($IAF \approx 4 - 10$): Elevada asimilación de luz
- Producción materia seca – máximo teórico : 280 TM / año / ha
- Estructura Kranz (*Cloroplastos mesófilo y vaina vascular*)
- Fija CO_2 por vías C_3 (*Calvim*) y C_4
- Disposición vertical hojas mejoran captación
- Posee un poderoso Sistema Radicular: 3 subsistemas





Composición de la caña:

Tallos Molederos	71,80%
Cogollo	12,58%
Hojas y otros	8,70%
Mamones	6,92%



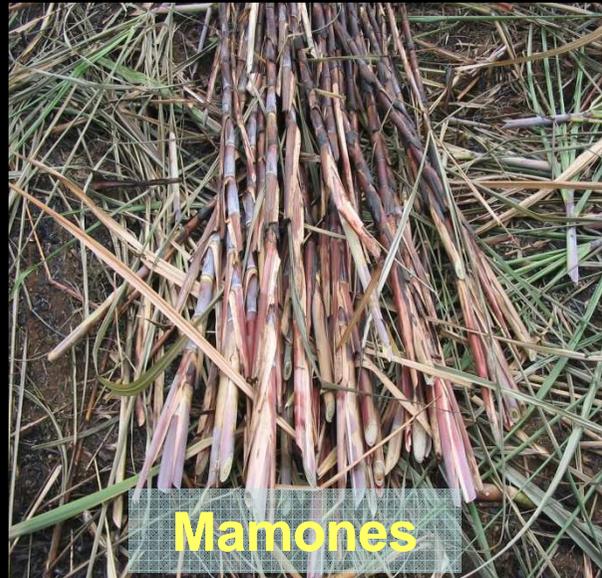
**Alta producción
de Biomasa**



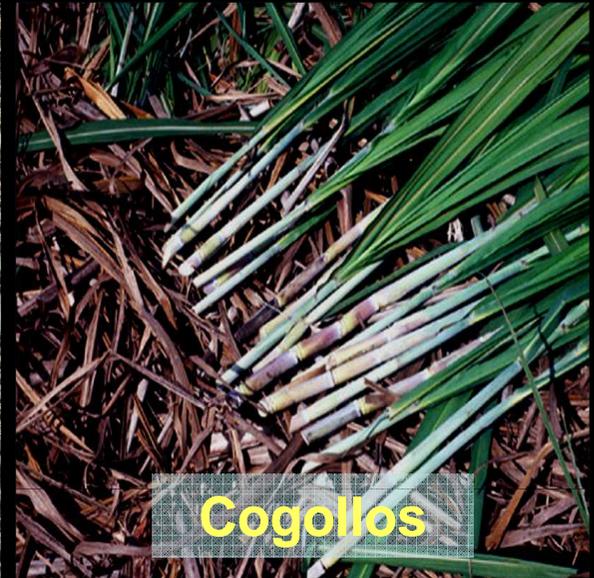
Composición de la materia prima



Talos industriales



Mamones



Cogollos



Hojas verdes y vainas



Hojas y tallos secos



Cepas

Raíces:

- **Superficiales
-ramificadas**
- **Profundas
de fijación**
- **Cordón
(hasta 6 m)**



Biotipo especial

3. Funcionales:

- Planta de sol y luz
- Privilegiada C_4 (*Vía ácido Carboxílico*)
- Velocidad fotosíntesis 2-3 veces mayor a C_3 :
34-86 mg CO₂ / dm² / hr
- Alto punto de compensación
- Alto punto de saturación luz (*6,5 a 150 Klux*)
- Gran eficiencia en uso de luz: conversión 3 – 5%



Biotipo especial

3. Funcionales:

- **Energía metabólica potencial.**
- **Puede fotosintetizar con estomas cerrados: Eficiencia en uso del agua y transpiración relativa.**
- **Excepcional tolerancia a condiciones extremas: Altas y bajas temperaturas; sequía-inundación; acidez suelo.**
- **Gran rusticidad y capacidad de adaptación: Clima, suelo, manejo, altura.**
- **Posee demostrada capacidad para fijar nitrógeno.**



Caña de Azúcar y Carbono (1)

- La caña de azúcar es una planta tipo C_4 , en la cual la captación del CO_2 ocurre en las células del mesófilo.
- Las plantas C_4 , son muy eficientes fijando Carbono.
- Poseen una reducida fotorespiración lo cual reduce la pérdida del Carbono fijado en la fotosíntesis.
- Esta condición permite tener una gran cantidad de Carbono durante el ciclo productivo, tanto en la biomasa aérea, la raíz, como por supuesto en la sacarosa.

Caña de Azúcar y Carbono (2)

- **La caña creciendo en condiciones agroecológicas satisfactorias y con adecuada nutrición, tiene la capacidad de producir grandes cantidades de azúcar por unidad de área.**
- **De esta manera se está incrementando la cantidad de Carbono dentro del proceso productivo.**

Producción de azúcar en los últimos 40 años

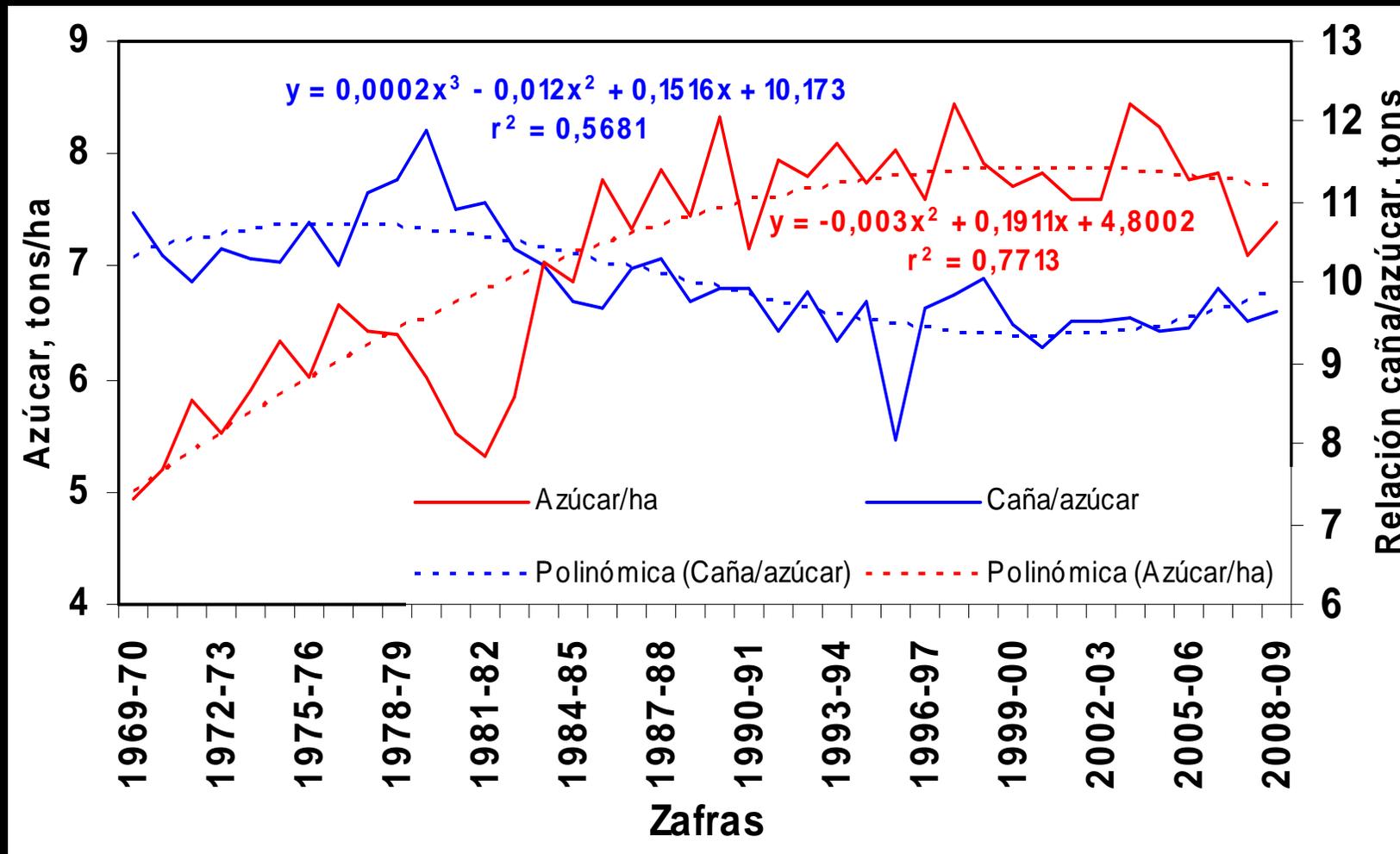


Fig. 1. Producción de azúcar por hectárea y relación Caña/Azúcar en TM, durante los últimos 40 años en el sector cañero costarricense.

Area cosechada

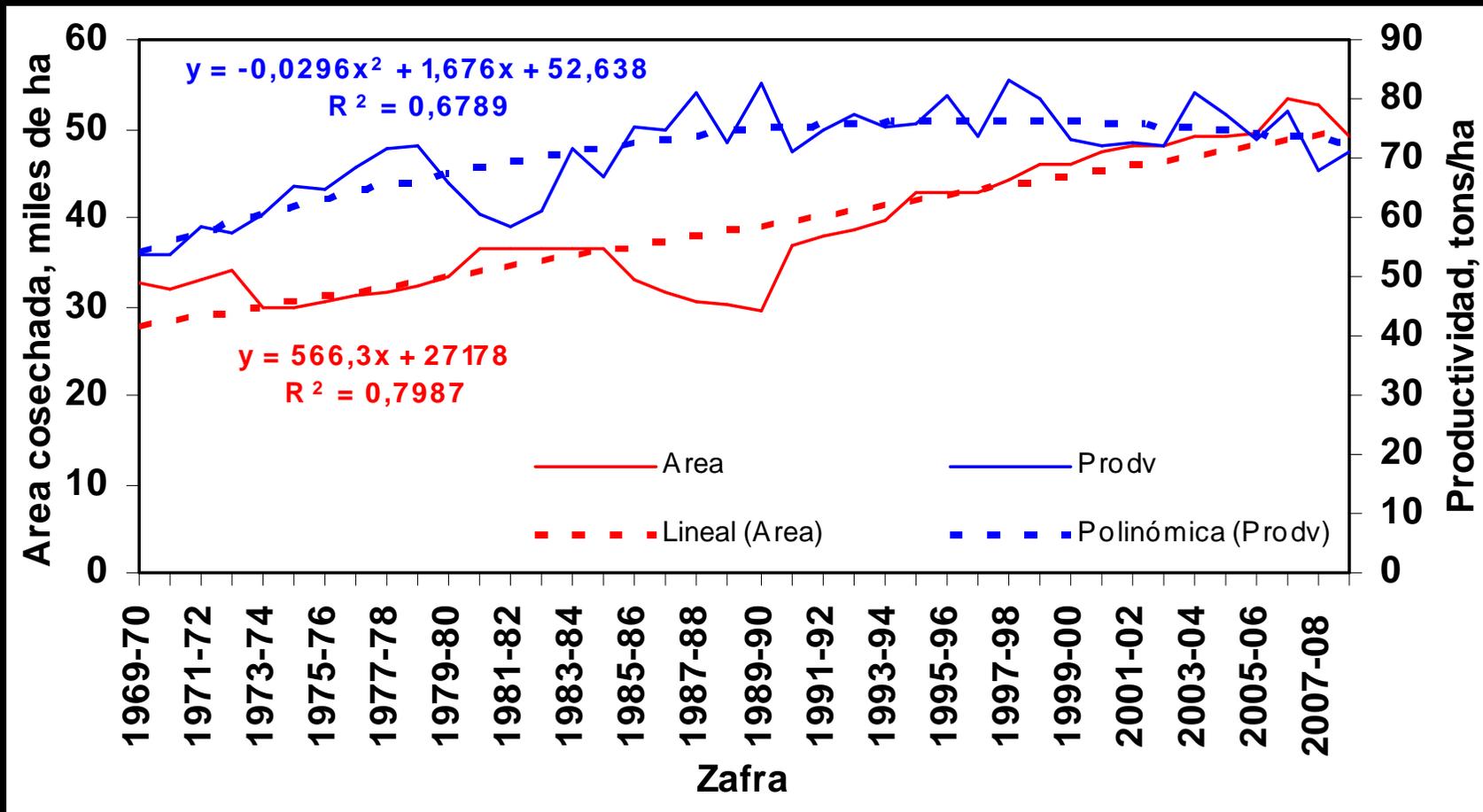


Fig. 2. Área cosechada y productividad del sector cañero durante los últimos 40 años.

Evolución del Carbono fijado

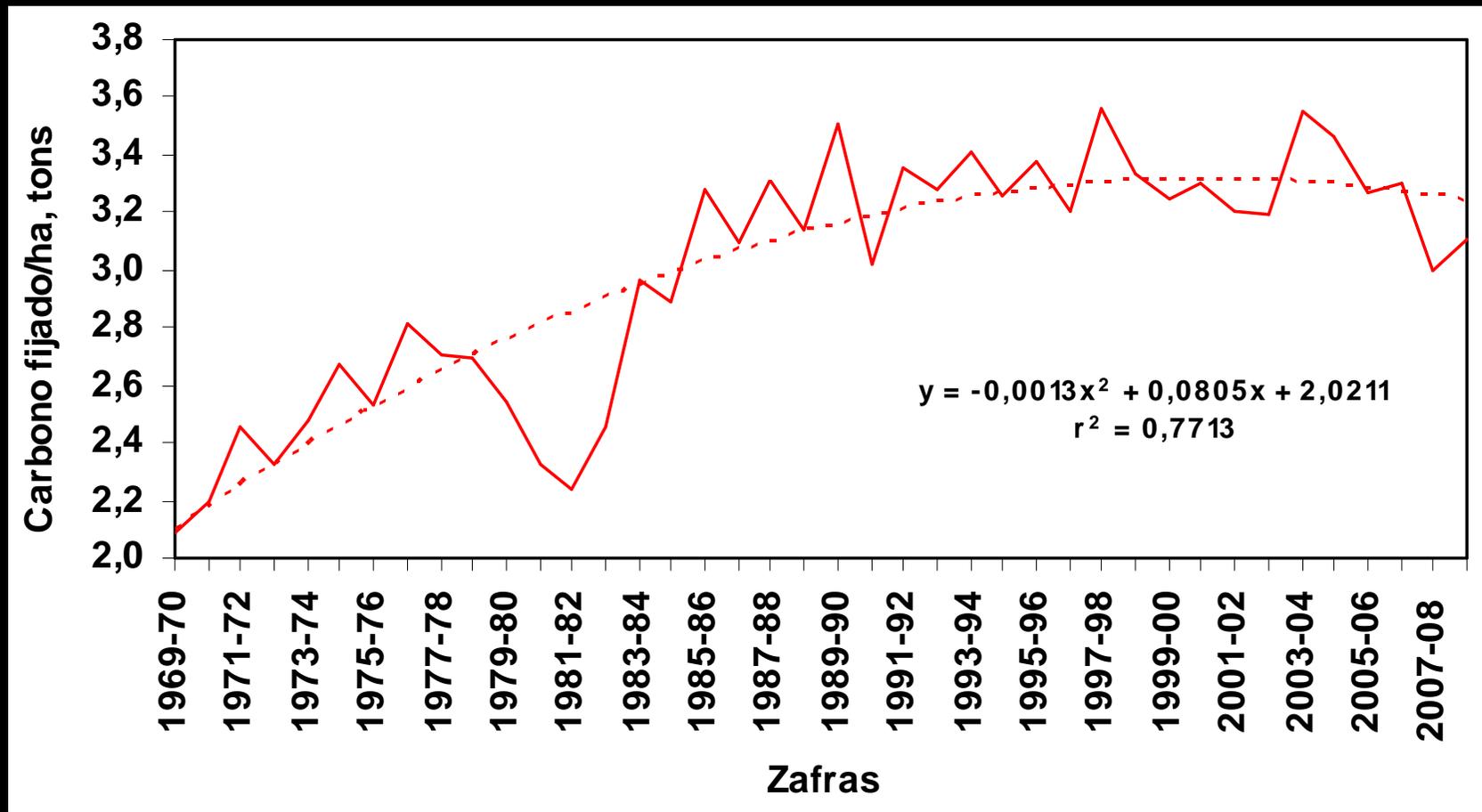


Fig. 3. Evolución del Carbono fijado en el azúcar durante los últimos 40 años en el sector cañero costarricense.

Caña de Azúcar y Carbono (3)

- Se estima que cada año la actividad cañera, solo por el incremento en la producción de azúcar, ha estado adicionando en su ciclo productivo 2.158 kilos de Carbono por hectárea.
- Este Carbono es altamente voluble, la vida media del mismo es muy corta.
- No se puede contabilizar como C fijado tal y como ocurre, por ejemplo, con el C fijado en la madera o en el suelo (nuevas posibilidades).

Evolución del Carbono fijado

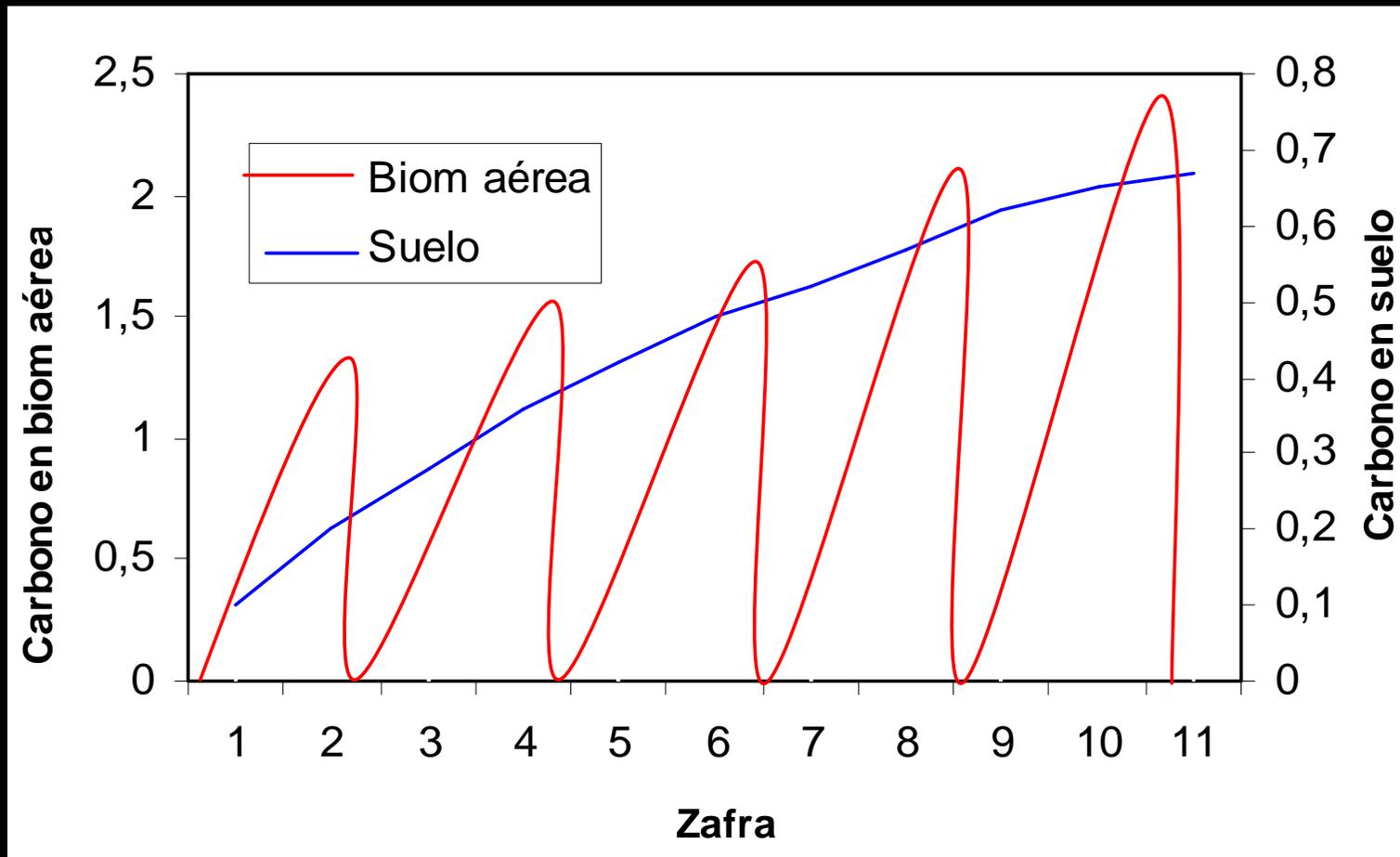


Fig. 4. Evolución del Carbono fijado en la biomasa aérea y en el suelo durante varios ciclos de cultivo.

Evolución del Carbono fijado

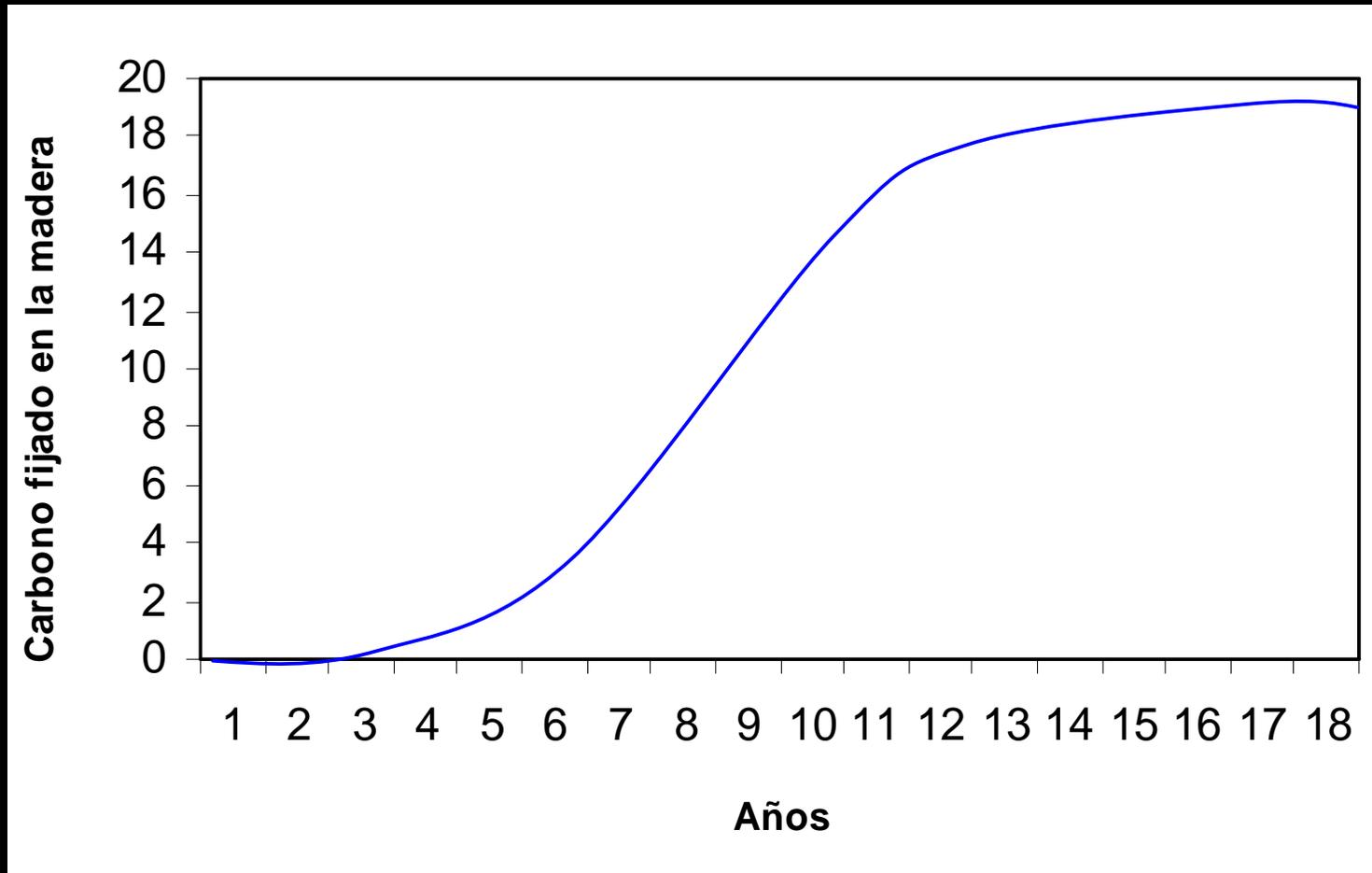
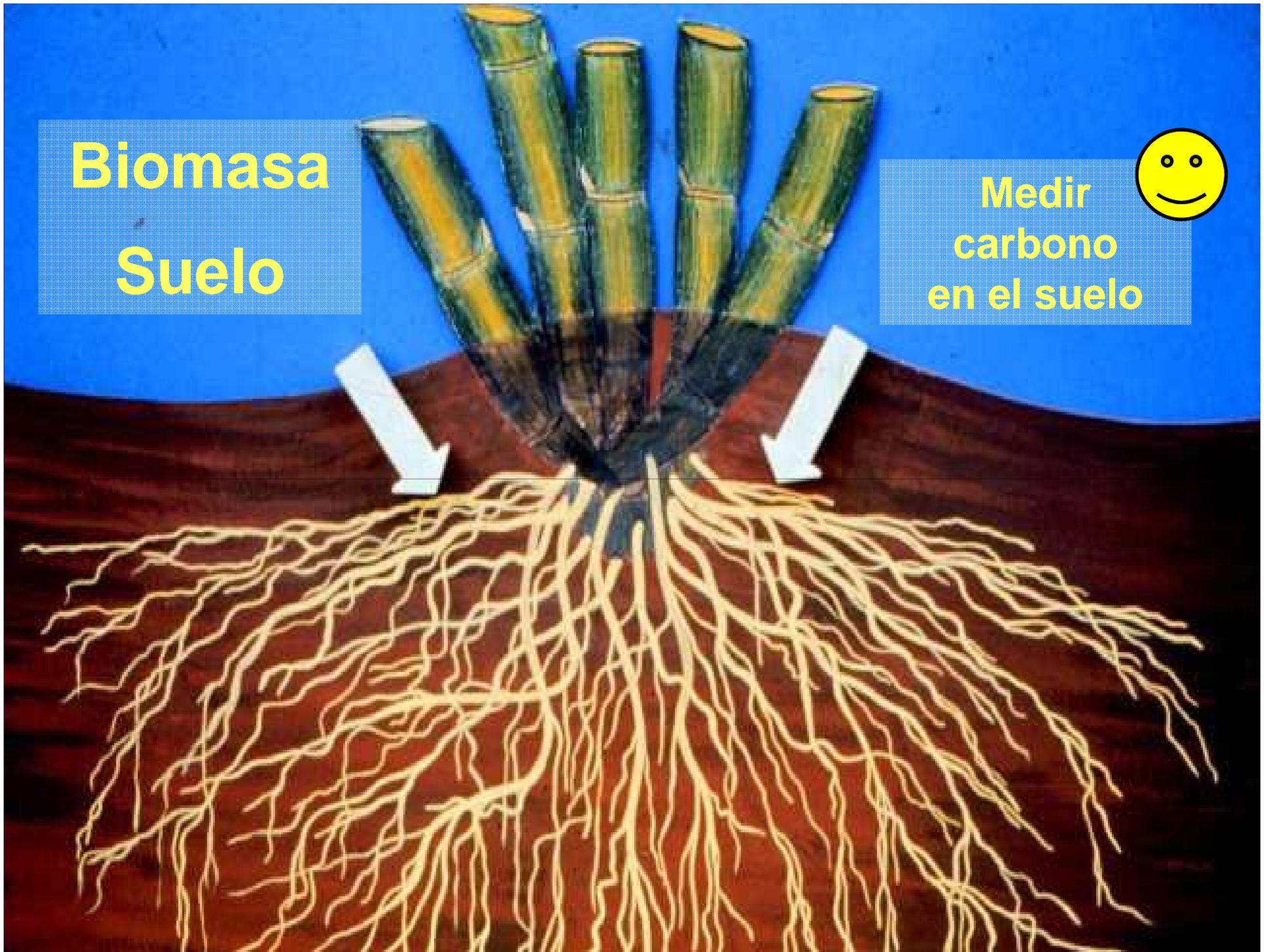


Fig. 5. Evolución del Carbono fijado en la biomasa de árboles a través del tiempo.

***¿Como estimar y dónde
medir el Carbono Fijado:
Biomasa - Suelo?***

Biomasa
Suelo

Medir
carbono
en el suelo



- a) Hacer un muestreo de suelo similar al que se realiza para determinar la fertilidad.**
- b) La metodología y consideraciones son las mismas que para extraer muestras de suelo para análisis de fertilidad.**
- c) Es necesario realizar un muestreo para conocer la Densidad del suelo.**
- d) De ser posible la profundidad del muestreo puede ser al menos hasta un metro.**



¿Estoy fijando o perdiendo Carbono en el suelo de mi finca?

- Para saberlo se requiere tener mediciones históricas de medición de Carbono.
- Los intervalos de muestreo deben ser de al menos 4 a 5 años.
- Se debe hacer una resta del valor actual contra el valor histórico, y el resultado se divide entre el número de años.

» Valor inicial (1990) = 50 tons

» Valor final (2005) = 55 tons

» Carbono/ha/año = 333 kg

***Propuesta para realizar
un Balance de Carbono
en la actividad cañera***

Pasos a seguir

- 1) Lo primero que hay que definir es el límite del estudio a realizar.**
- 2) Incluir un límite físico-geográfico, el cual correspondería a la finca.**
- 3) Incluir también un límite a las actividades realizadas, lo recomendable inicialmente es incluir sólo aquellas sobre las que se tiene completo dominio y control.**
- 4) En este caso se estarían incluyendo por ejemplo, el transporte de la cosecha o de los insumos empleados en la finca, cuando los mismos son transportados mediante equipo que pertenece a la empresa agrícola.**

Información básica y mínima requerida (1)

Hidrocarburos:

- Información mensual del gasto de combustibles (*gasolina, diesel, otros*).
- Sería deseable disponer esta información por actividad: *agrícola, administrativa, transporte*.

Energía eléctrica:

- Parte de la electricidad se produce con energía proveniente del petróleo.
- Se debe considerar el consumo eléctrico mensual para las áreas administrativas y productivas por separado y, así calcular la generación de CO₂ asociada.

Información básica y mínima requerida (2)

Fertilizantes:

- **Que contenga Nitrógeno como parte de la fórmula comercial aplicada.**
- **Se requiere conocer la cantidad aplicada en la finca o por unidad de área.**

Agroquímicos:

- **Solo se considerará lo correspondiente a lo generado, a lo correspondiente al consumo de combustible para su aplicación.**

Información básica y mínima requerida (3)

Quemas:

- Debe estimarse el volumen de biomasa quemada y, con base en ello, calcular la consecuente generación de Metano y Óxido Nitroso generados durante la misma.
- Reduce incorporación Carbono al suelo.



Captura de Carbono

- La captación de Carbono ocurre en diversas partes de la finca (*zonas protegidas en crecimiento activo, crecimiento secundario, zonas de reforestación y en el suelo de estas zonas*).
- Dependiendo del manejo del cultivo, se podría estar capturando Carbono en el suelo.
- El Carbono acumulado no es considerado como parte de la Ecuación de Balance de Carbono.

Balance de Carbono

¿Para que sirve?

- **El balance de Carbono demostrará la emisión o captura neta de Carbono en la actividad, para un año o período determinado.**
- **Para ello, se sumarán todas las emisiones determinadas y a ellas se les restará la cantidad de Carbono capturado en el sistema de producción.**
- **Para poder realizar un Balance, todas las unidades deben estar expresadas como CO₂ equivalente utilizando para ello los factores de conversión nacionales o sugeridos por el IPCC.**

Beneficios del Balance (1)

Permitirá determinar en la empresa, dónde:

- **Se están generando la mayor cantidad de Gases con Efecto Invernadero (GEI).**
- **Se es más eficiente en el uso de la energía.**
- **Existen posibilidades de desarrollar opciones viables de mitigación.**
- **Puede reducirse el costo de producción.**
- **Se puede incrementar la captura de Carbono.**

Beneficios del Balance (2)

- **Herramienta Estratégica de Comercialización.**
- **Se obtendrá un producto con calidad climática lo cual hará posible la diferenciación del producto en los mercados nacionales e internacionales.**
- **Permitirá bajar costos de producción.**
- **Incrementará la rentabilidad de la empresa.**

Beneficios ambientales colaterales

- **Contribuir significativamente a la disminución de Gases con Efecto Invernadero (GEI), como Metano y Óxido Nitroso, provenientes de los combustibles fósiles.**
- **La producción de alcohol tendría un efecto ambiental muy positivo, reductor de la contaminación provocada por el sector transporte.**
- **Una Política Alcohólica de mezcla permitiría:**
 - **Contribuir Plan País C-Neutral en el 2021**
 - **Reducir Factura Petrolera**
 - **Contribuir estabilidad socio económica**
 - **Aportar soluciones al Calentamiento Global**

Carbono en el ciclo productivo 2008-2009

71 tons de caña/ha

7,38 tons azúcar/ha

Se estarían produciendo:

6,81 tons de carbono/ha, en el Bagazo

3,25 tons de carbono/ha, en el Azúcar

2,81 tons de carbono/ha, en los Residuos en el Campo

3,41 tons de carbono/ha, en la Raíz

**En CR en un ciclo productivo nuestros cañales tendrían
alrededor de 16,28 tons C/ha.**

Conclusiones y recomendaciones (1)

- 1) De acuerdo con los cálculos, durante los últimos 40 años (1969-2009), el sector azucarero ha venido incrementando la cantidad de Carbono en su ciclo productivo. Sólo en el azúcar producido, el promedio anual es de 2.158 kg de Carbono/ha.
- 2) Para poder contabilizar correctamente el Carbono utilizado durante el proceso productivo, se requiere información muy específica (*cantidad de combustibles, fertilizantes*), así como de prácticas de manejo del cultivo (*p.e. quemas*).
- 3) Los criterios de cuantificación de Carbono aplicados al sector forestal son también aplicables al sector cañero.

Conclusiones y recomendaciones (2)

- 4) El lugar donde se almacena el Carbono en el sistema de producción de caña se limita al suelo, o algún área de protección en crecimiento secundario, bosque, proyectos de reforestación que existan en la finca, y en donde se puede aplicar la misma metodología de cuantificación utilizada por el sector forestal.
- 5) Se dispone de una metodología para realizar Balances de Carbono en la agroindustria azucarera.
- 6) La Quema reduce la incorporación de Materia Orgánica al suelo, y en consecuencia, disminuye la capacidad de incrementar el Carbono del suelo.

Conclusiones y recomendaciones (3)

- 7) La Quema aplicada en la cosecha o en los residuos del cultivo en el campo, produce Metano y Óxido Nitroso, dos poderosos Gases con Efecto Invernadero (GEI).**
- 8) La Quema concentra la liberación de CO₂ a la atmósfera en un período muy corto de tiempo, mientras que la liberación del CO₂ por la descomposición de los residuos de cosecha en el suelo, ocurre en periodos mucho más largos y se estimula la captura de Carbono en el suelo.**
- 9) Se deben hacer y orientar esfuerzos para cuantificar la posible fijación de Carbono principalmente en el suelo de las fincas cañeras.**

Conclusiones y recomendaciones (4)

- 10) Deben continuarse los positivos y efectivos esfuerzos que el sector azucarero realiza, en torno a reducir sistemáticamente la práctica de Quemar las plantaciones para su cosecha.**
- 11) La agroindustria azucarera costarricense cuenta con todos los instrumentos y ventajas para integrarse a la iniciativa de Carbono Neutral.**

MUCHAS GRACIAS

Ing. Agr. MARCO A. CHAVES SOLERA, M.Sc.

DIRECTOR EJECUTIVO

***DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN DE LA
CAÑA DE AZÚCAR (DIECA)***

***LIGA AGRÍCOLA INDUSTRIAL DE LA CAÑA
DE AZÚCAR (LAICA)***

SAN JOSÉ, COSTA RICA

Tel: (506) 2284-6066

Fax: (506) 2223-0839

E-mail: mchavezs@laica.co.cr

