



ESTIMACIÓN DE LA FIJACIÓN DE CARBONO EN EL SISTEMA PALMICULTOR MANEJADO BAJO CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD EN GUATEMALA

Junio 2023



Objetivos

- Generar una ecuación alométrica específica para la estimación de contenido de biomasa y carbono en palma de aceite (*Elaeis guineensis*) en Guatemala, mediante métodos destructivos.
- Estimar el secuestro de carbono en plantaciones de palma de aceite a través de un estudio técnico en campo en las zonas norte, nor-oriente y sur de Guatemala.
- Comparar la fijación de carbono derivada del estudio técnico contra las emisiones de carbono de plantaciones de palma de aceite mediante la utilización de fuentes secundarias.
- Comparar el balance de carbono de palma de aceite con el balance de carbono de: *Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, *Hevea brasiliensis* y *Brachiara brizanta*, así como los sistemas evaluados bajo el marco del proyecto REDD+ en Guatemala, para las regiones identificadas.
- Identificar servicios ecosistémicos derivados del sistema de palma de aceite en Guatemala a partir del carbono fijado.
- Generar recomendaciones para la optimización del manejo de plantaciones de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) en Guatemala con el fin del mantenimiento del secuestro de carbono, la provisión de servicios ecosistémicos y conservación de hábitat para flora y fauna asociada.

Introducción

- La palma aceitera (*Elaeis guineensis*) es una planta perenne de la región tropical calurosa (selva húmeda tropical cálida), crece a altitudes por debajo de los 500 msnm. Alcanza su **mayor producción y rendimiento entre los 25 y 30 años**.
- De la parte carnosa de su fruto se extrae aceite, el cual es utilizado en una amplia variedad de productos, por lo que su **demanda es bastante alta**.
- El área cultivada con Palma de Aceite en Guatemala es de **180,614 hectáreas**, ocupando cerca del **1.66% del territorio nacional**. Guatemala figura entre los principales productores de aceite en el mundo y representando el 1.98% del PIB.
- Las plantaciones ocupan el sur de Petén, valle del Río Motagua, y Polochic en Izabal y Alta Verapaz, Escuintla, San Marcos, Suchitepéquez, norte de Alta Verapaz, Retalhuleu, Quetzaltenango y nororiente de Quiché.



Metodología



Equipo de investigación

- Coordinación General. Gabriela Alfaro
- Coordinación Campo. Erick López
- Análisis Estadístico. Daniel Ariano
- Especialista SIG. Diego Incer
- Técnica de Campo. Rocío Silva
- Técnica de Laboratorio. Andrea Vega



Metodología:



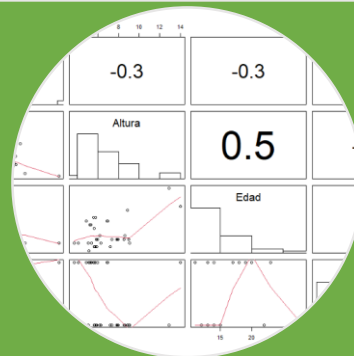
1. Fase de Campo

- Muestreo destructivo palmas
- Levantamiento de parcelas



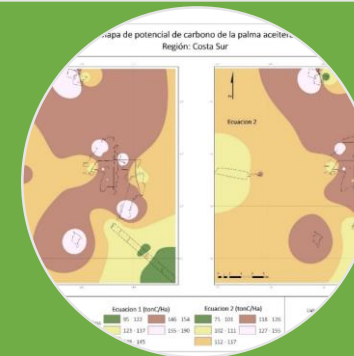
2. Fase de Laboratorio

- Secado y tamizaje
- Determinación del % de Carbono



3. Análisis estadístico

- Selección de variables predictoras
- Selección de la ecuación



4. Cálculo Stock de C



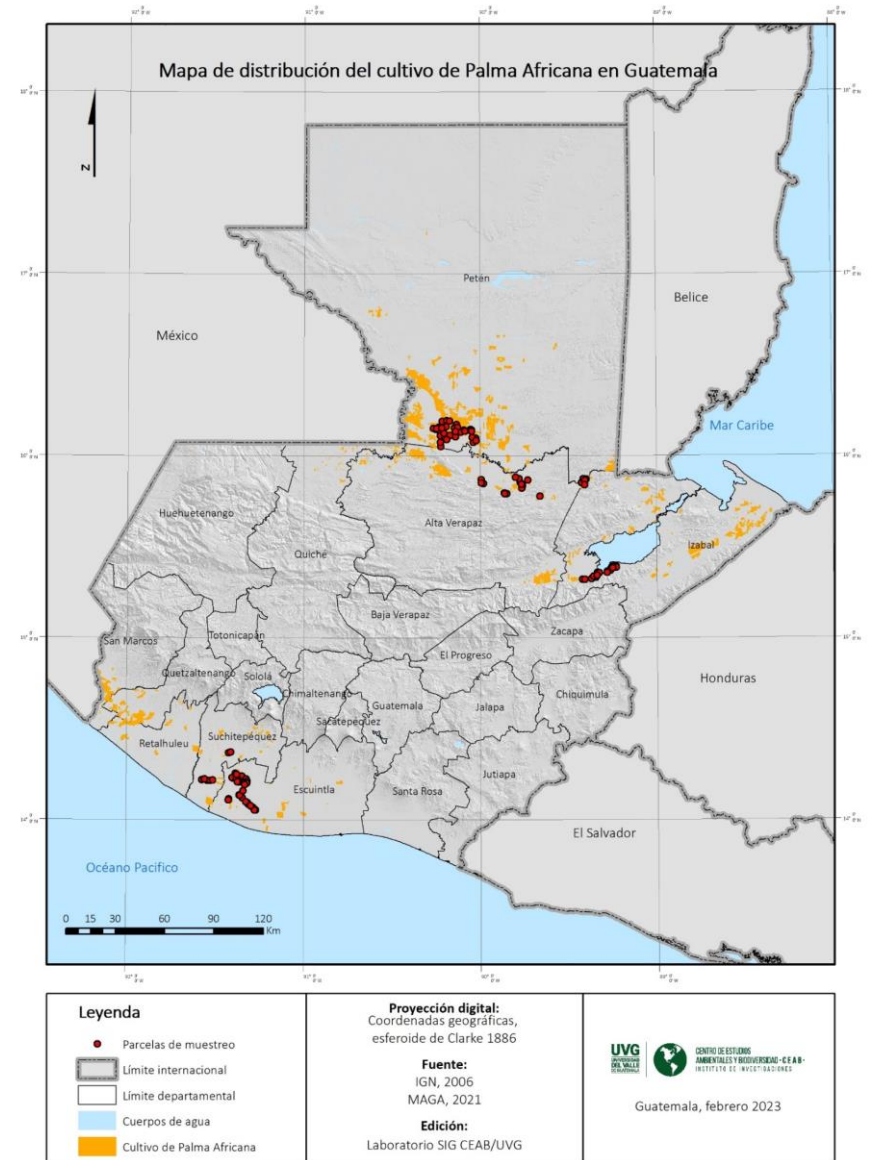
Fase de campo



Sitios de estudio

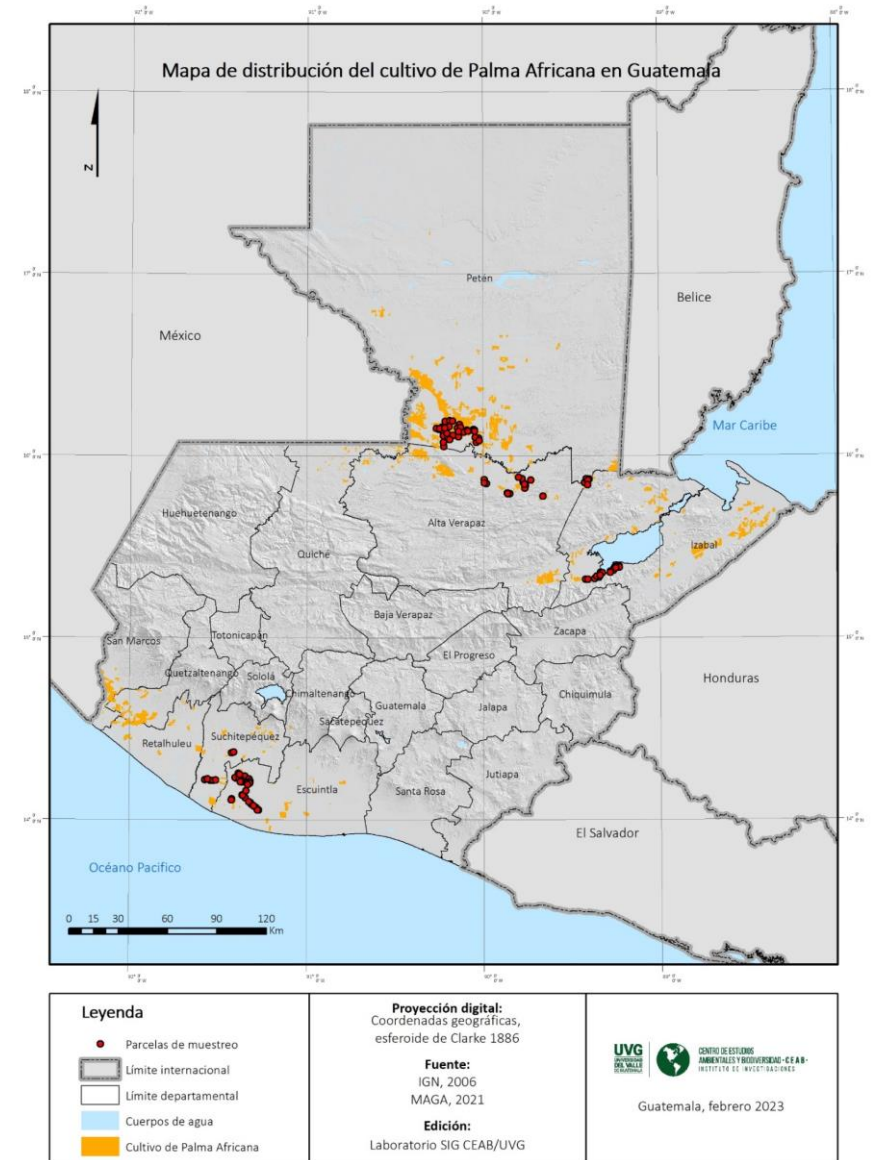
- Región SUR (Costa sur)
- Región POL (Caribe-Polochic)
- Región FTN (Verapaces-Franja Transversal del norte)
- Región PET (Norte-Petén)

Región	Área (ha)	Número de polígonos
PET	12,548	10
SUR	8,188	24
POL	6,379	244
FTN	6,329	255
Total	33,444	533



Sitios de estudio

- Todas las parcelas muestreadas se encuentran bajo certificación de RSPO.
- Las plantaciones de palma sostenible cumplen con los requisitos de la Normativa RSPO, dentro de su principio 7 (Protección, Conservación y Mejora de los Ecosistemas y el Medio Ambiente), se describe que las empresas deben de desarrollar e implementar, planes para reducir la contaminación y las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) diseñando nuevas técnicas para minimizar las emisiones.



Muestreo destructivo de palmas

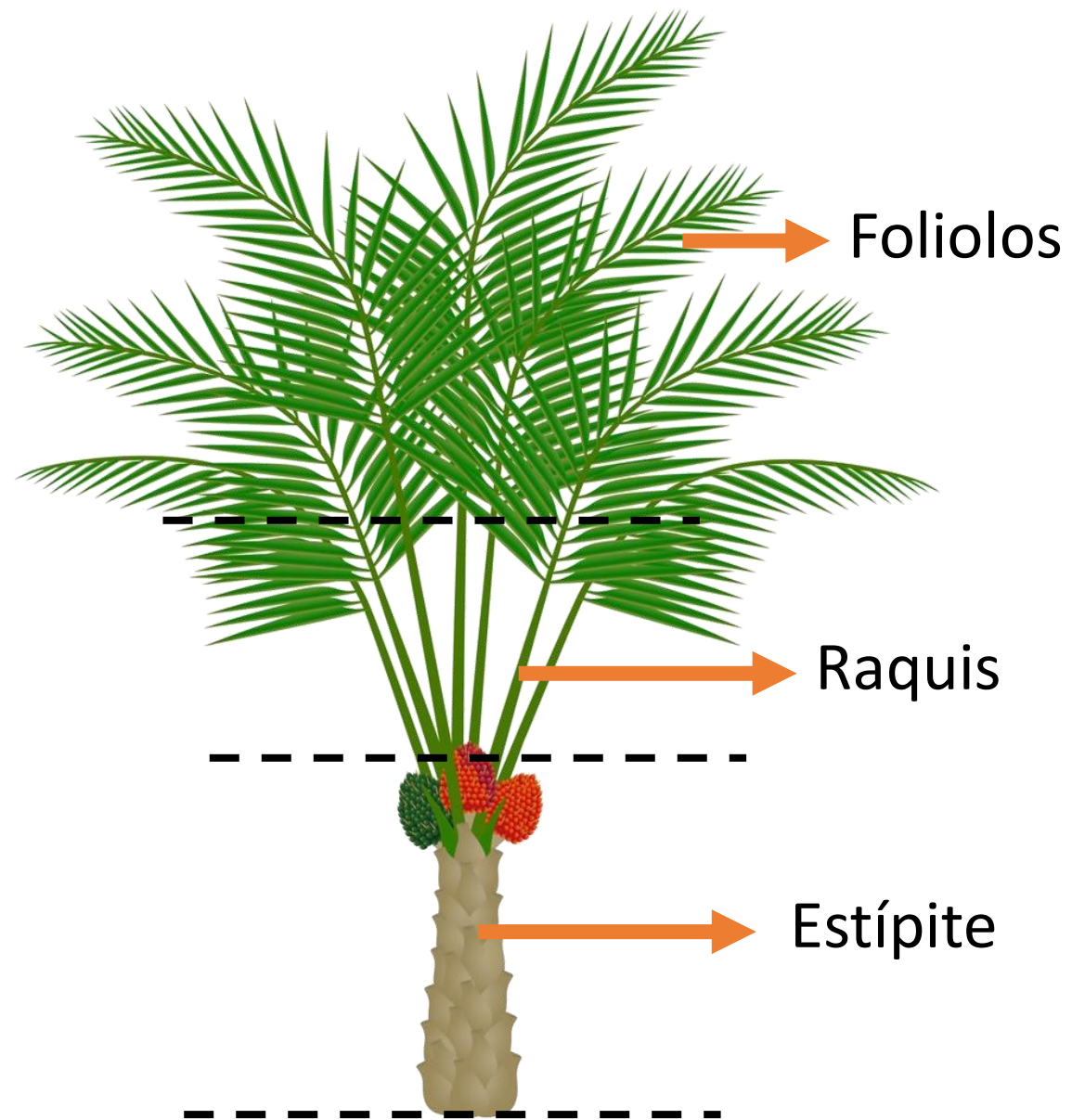


- Una vez cortadas las palmas, se procedió a seccionar y registrar los pesos totales.
- De cada parte se tomaron submuestras que fueron llevadas al laboratorio para conocer el contenido de humedad.
- Una vez secas se obtuvo un polvo fino para determinar el % de C orgánico.

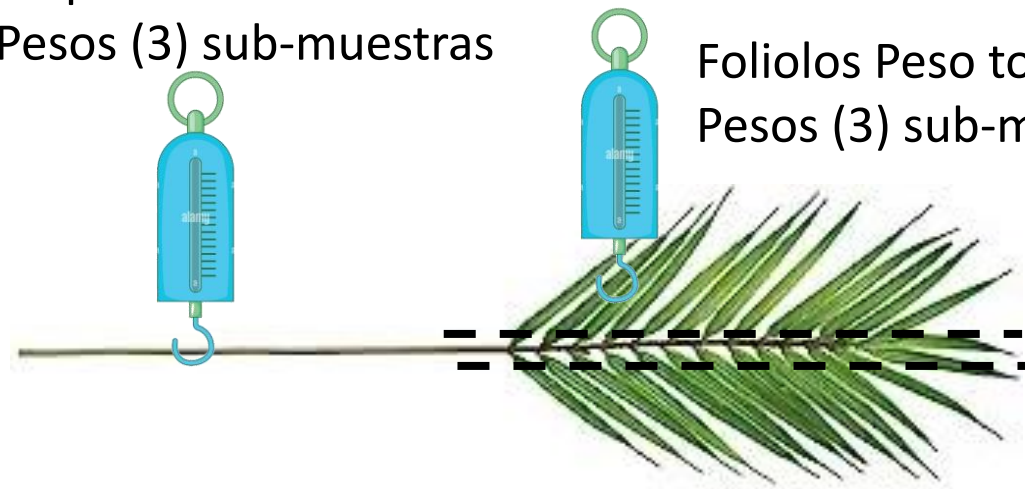
PARTE DE LA PALMA	MEDIDAS	
ESTÍPITE	DAP	ALTURA (de la base al primer raquis)
ESTÍPITE	PESO TOTAL	PESO SUBMUESTRAS (3)
FOLIOLOS	PESO TOTAL	PESO SUBMUESTRAS (3)
RAQUIS	PESO TOTAL	PESO SUBMUESTRAS (3)

REGIÓN	NO DE PALMAS
SUR	11
POL Y FTN	12
PET	11
TOTAL	34

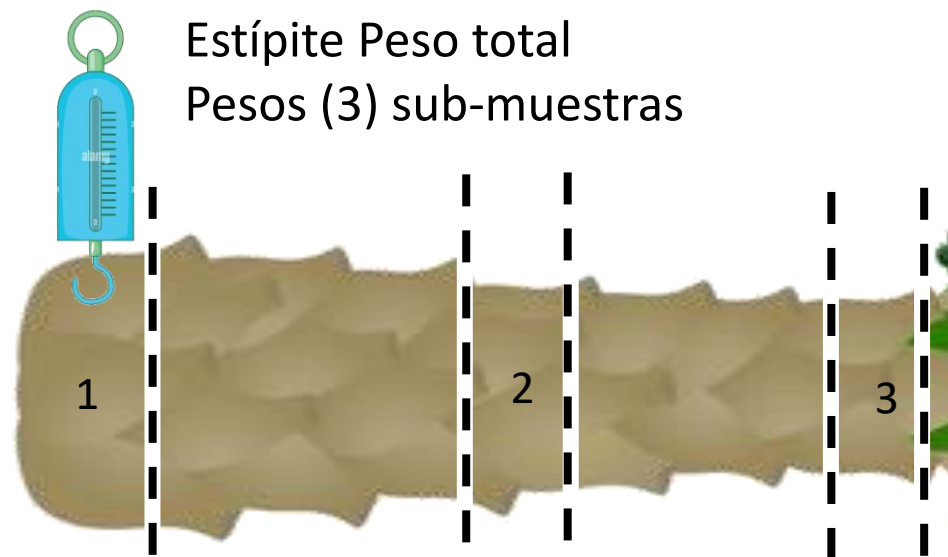




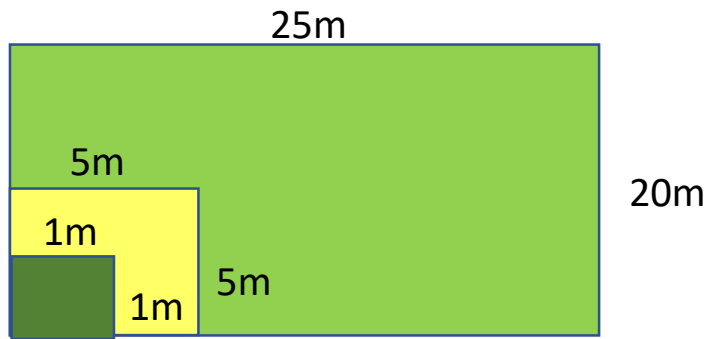
Raquis Peso total
Pesos (3) sub-muestras



Estípite Peso total
Pesos (3) sub-muestras



Levantamiento de parcelas



REGIÓN	NO DE PARCELAS
SUR	36
POL Y FTN	38
PET	36
TOTAL	110

- En cada parcela se levantó información sobre la biomasa y carbono arriba del suelo en palmas, arbustos, maleza, hojarasca y suelos.

No	TIPO DE MUESTRA OBTENIDA
PARCELA GRANDE 25X25m	Área total de 500m ² . Se registró el DAP y altura total de las palmas .
PARCELA MEDIANA 5X5m	Altura y diámetro de arbustos y árboles jóvenes (entre 1 y 9.9cm de DAP)
PARCELA PEQUEÑA 1X1m	Se pesó el total de maleza y hierbas . Muestra de suelo con cilindro de 0 a 10 cm de prof.



Fase de laboratorio



Secado de submuestras de Maleza, Hojarasca y palma

- Las submuestras de *maleza*, *hojarasca* y las submuestras de la palma (*estípites*, *raquis* y *foliolo*s) se secaron en hornos de convección a 75°C y 85°C, hasta obtener peso estable.
- El contenido de carbono de *hojarasca* y *maleza*, se estimó utilizando un factor de conversión de 0.5 sobre la materia seca (peso seco).
- Una vez secas las submuestras de *raquis*, *estípites* y *foliolo*s se desgastaron hasta obtener un polvo fino, que pasara a través de un tamiz no 100, para su posterior análisis en cromatógrafo de gases para la determinación del % de Carbono.



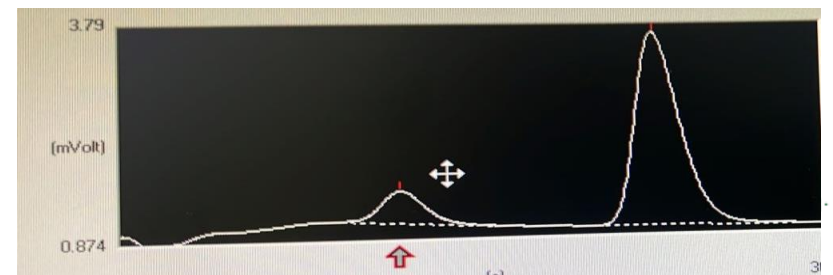
Determinación de carbono en Palmas de aceite

- El polvo obtenido de las submuestras de *raquis, estípites y foliolos* se analizaron dentro en el cromatógrafo de gases Flash EA 1112 NC Soil.
- Se realizó corrección de humedad atmosférica en el momento en que se realizó el análisis, para obtener el porcentaje neto de carbono en la muestra totalmente seca.
- El analizador da como resultado el porcentaje de Carbono orgánico y Nitrógeno.

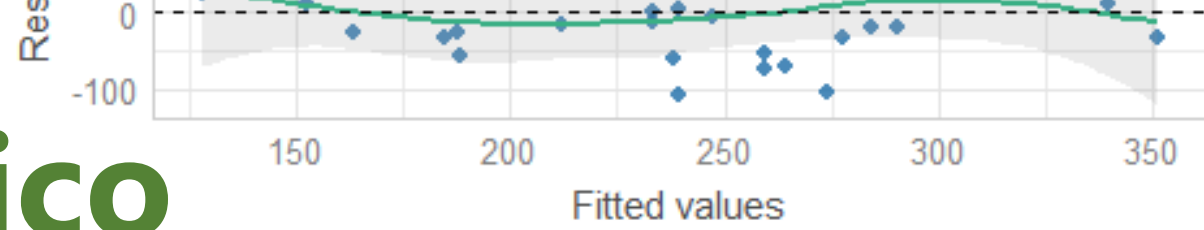
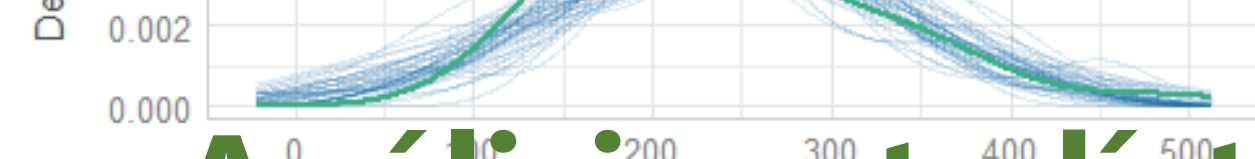


Determinación de carbono en suelos

- La muestra de *suelo* se secó a temperatura ambiente.
- Se tamizó para separar rocas y raíces.
- Se pulverizó para pasar por tamiz No 100, con el objetivo de obtener una submuestra de suelo fino.
- Las submuestras finas se analizaron dentro del analizador de carbono Flash EA 1112 NC.
- Se realizó corrección de humedad atmosférica en el momento en que se realizó el análisis, para obtener el porcentaje neto de carbono en la muestra totalmente seca



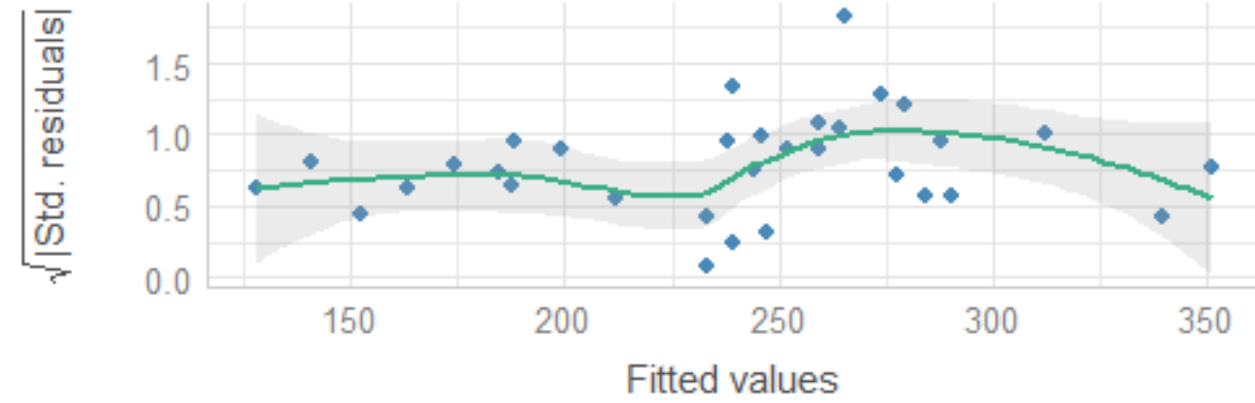
Análisis estadístico



key — Model-predicted data — Observed data — Observed data — Model-pri

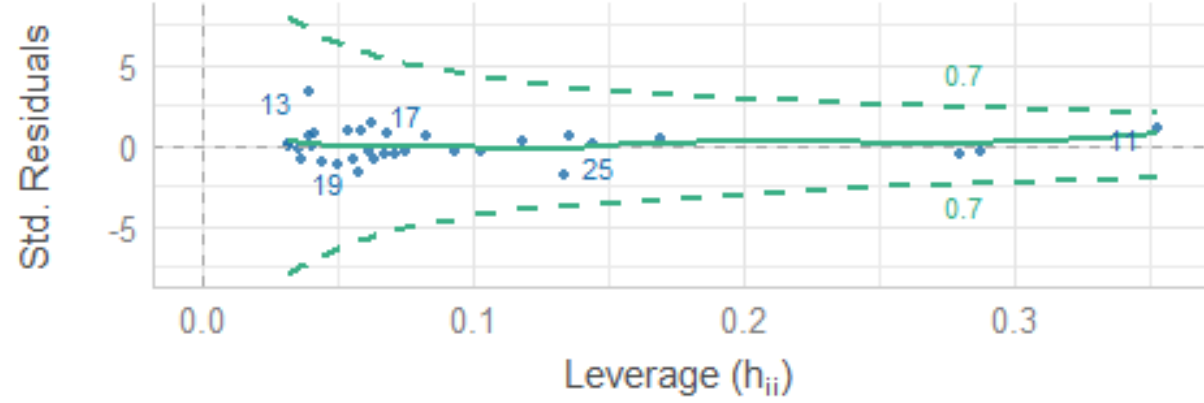
Homogeneity of Variance

Reference line should be flat and horizontal



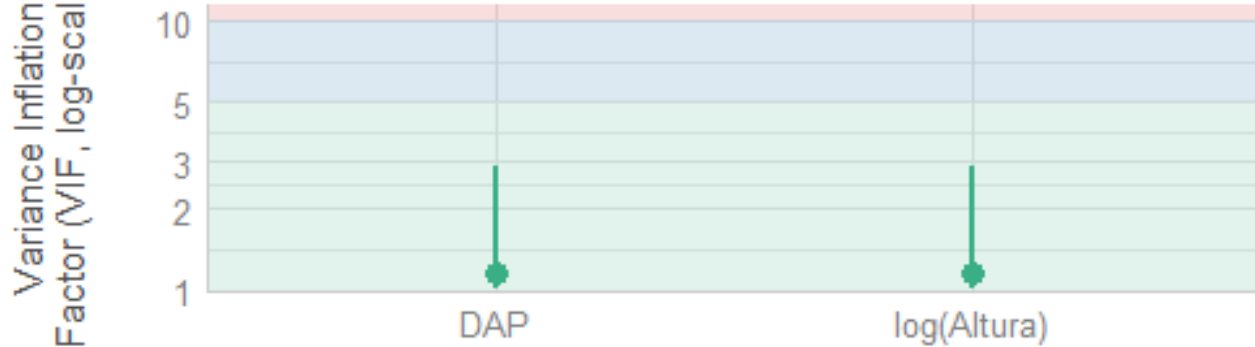
Influential Observations

Points should be inside the contour lines



Collinearity

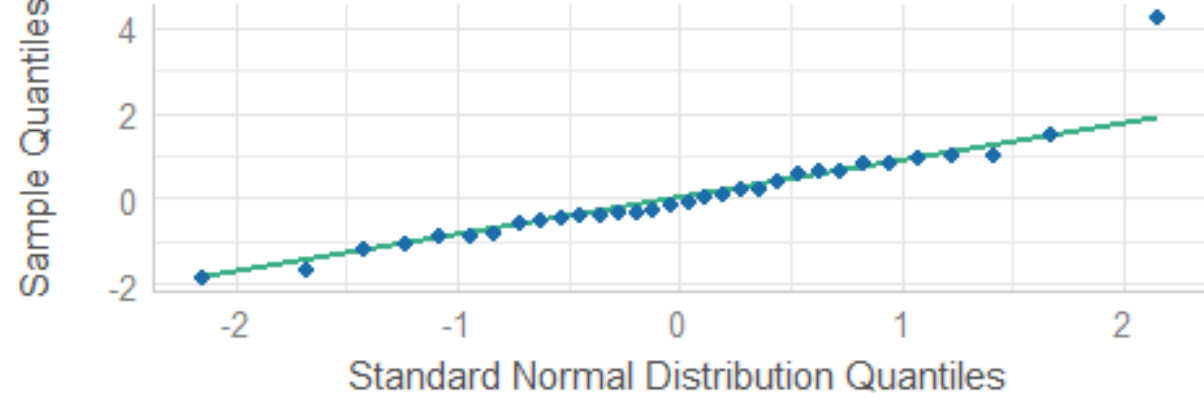
High collinearity (VIF) may inflate parameter uncertainty



◆ Low (< 5)

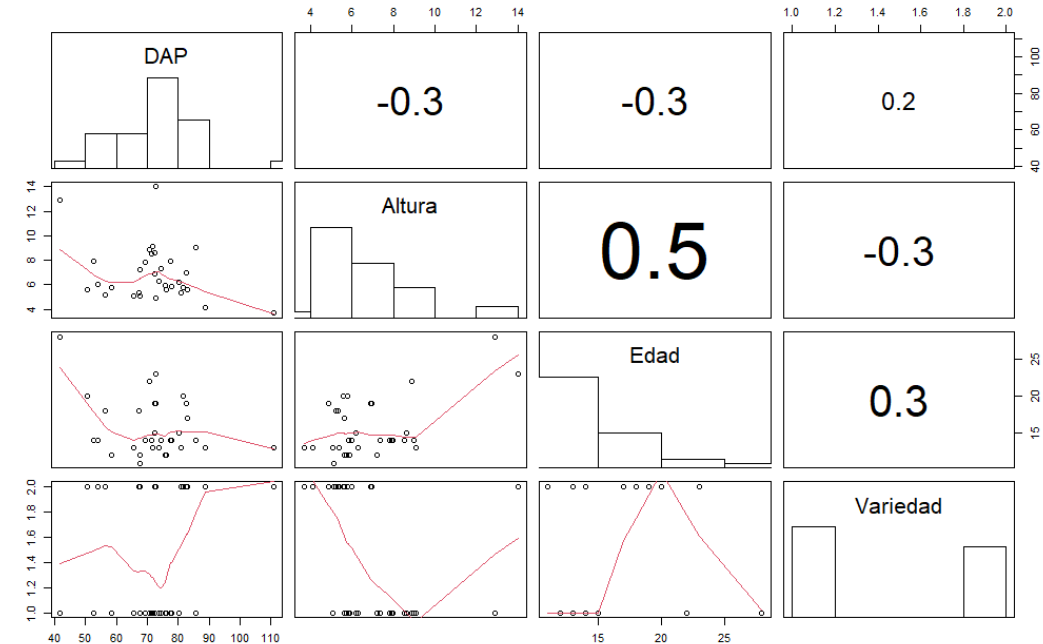
Normality of Residuals

Dots should fall along the line



Generación de la ecuación de palma aceitera

- Con los resultados del contenido de carbono en estípites, foliolos y raquis, y las variables dasométricas (DAP, Altura, edad y variedad) se generaron 11 modelos matemáticos distintos.
- Por medio de métodos bioestadísticos utilizando el **paquete estadístico R 4.3.0** y la interfaz RStudio versión 2023.03.1.
- Para la selección de la ecuación se evaluó el poder predictivo y el rendimiento de los modelos.



Stock total de Carbono

$$\text{Carbono total (tC/ha)} = C_p + (C_p * 0.25) + C_a + (C_a * 0.25) + C_m + C_h + C_s.$$

Donde C_p = Carbono por encima del suelo en palmas; $C_p * 0.25$ = Carbono en raíces de palmas; C_a = Carbono por encima del suelo en arbustos; $C_p * 0.25$ = Carbono en raíces de arbustos; C_m = Carbono en maleza; C_h = Carbono en hojarasca y C_s = Carbono suelos, todos en tC/ha.

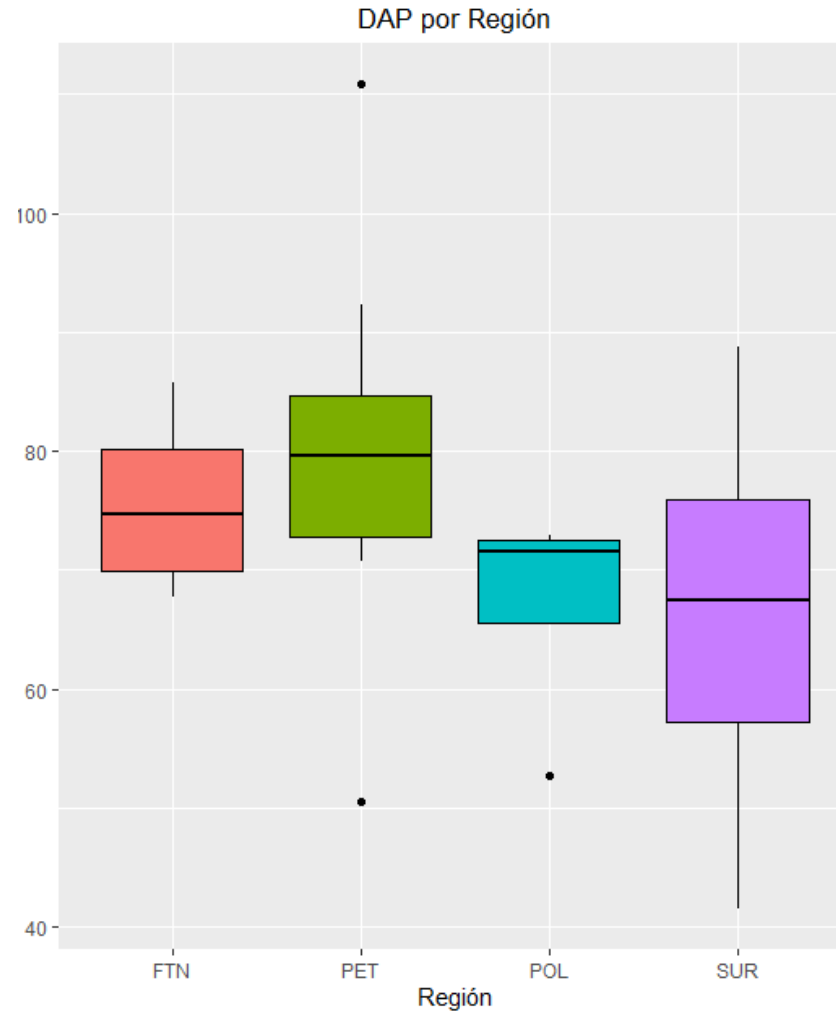
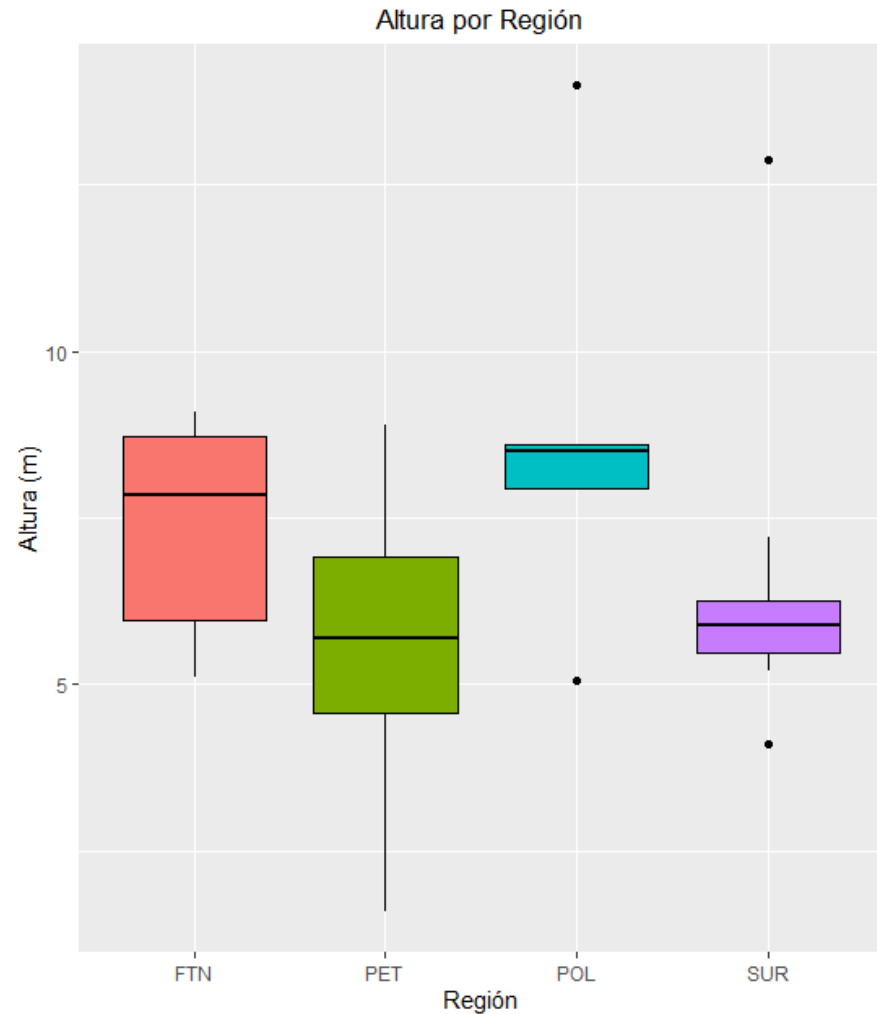
$$\text{Biomasa especies latifoliadas (kg)} = 0.13647 * (DAP^{2.38351}).$$

Resultados



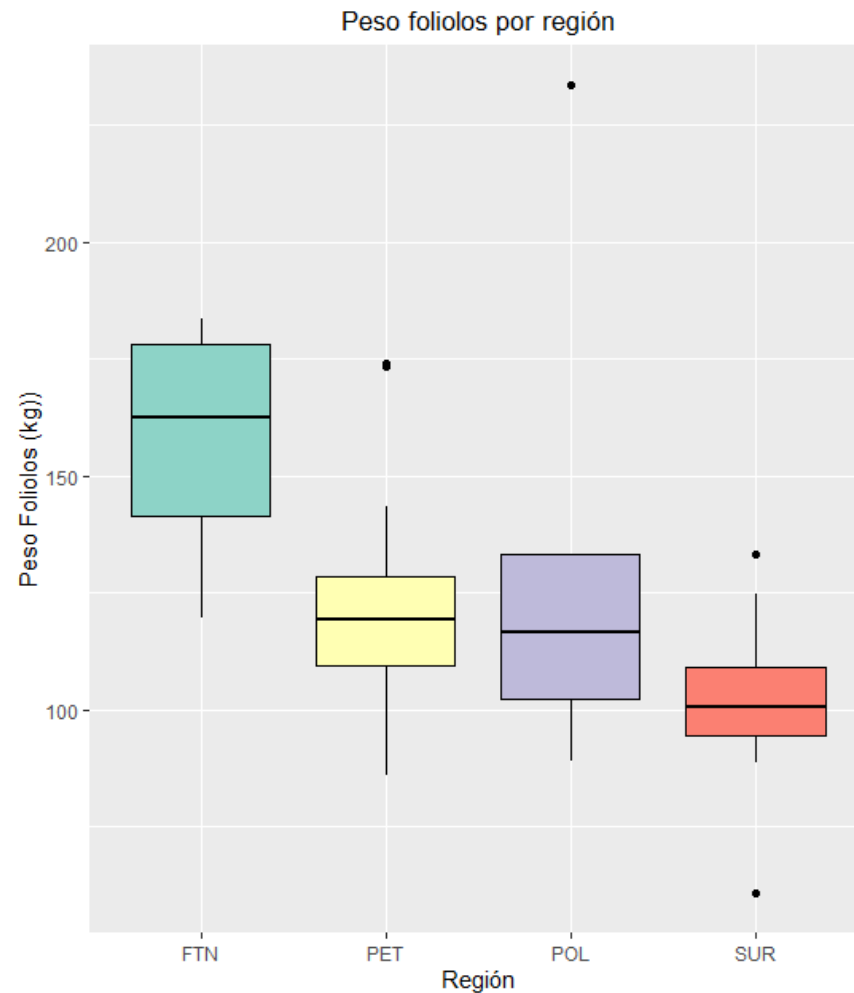
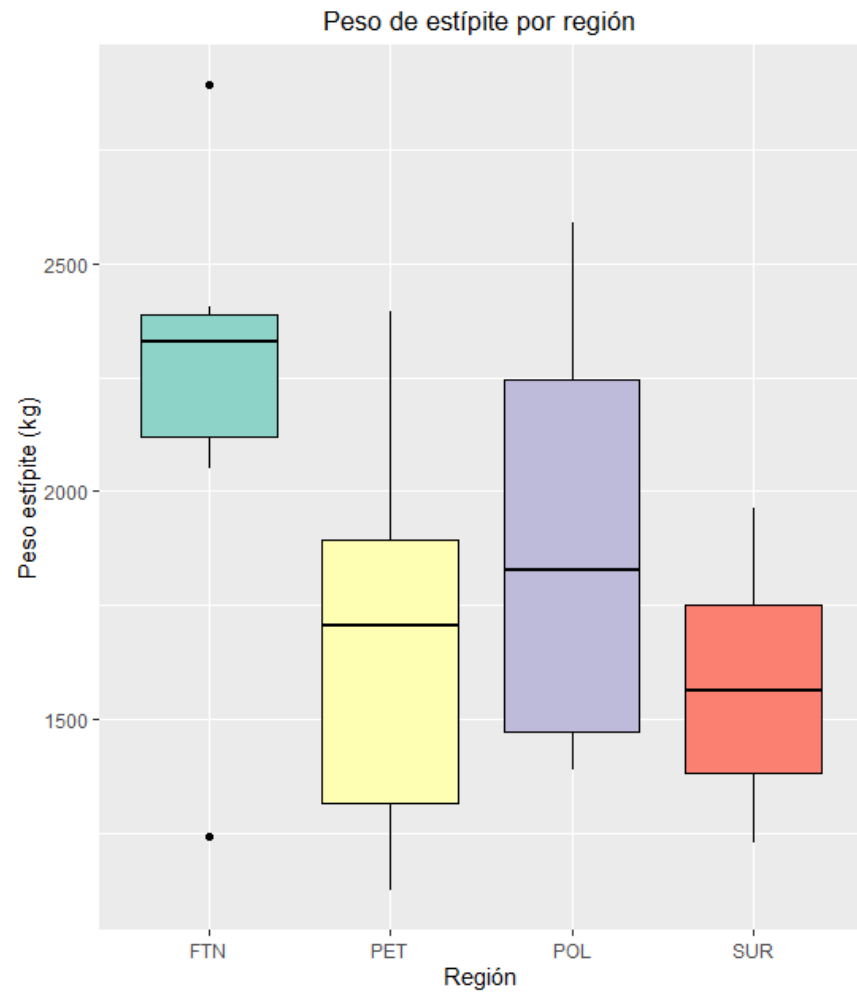
Muestreo destructivo

Altura y DAP



Muestreo destructivo

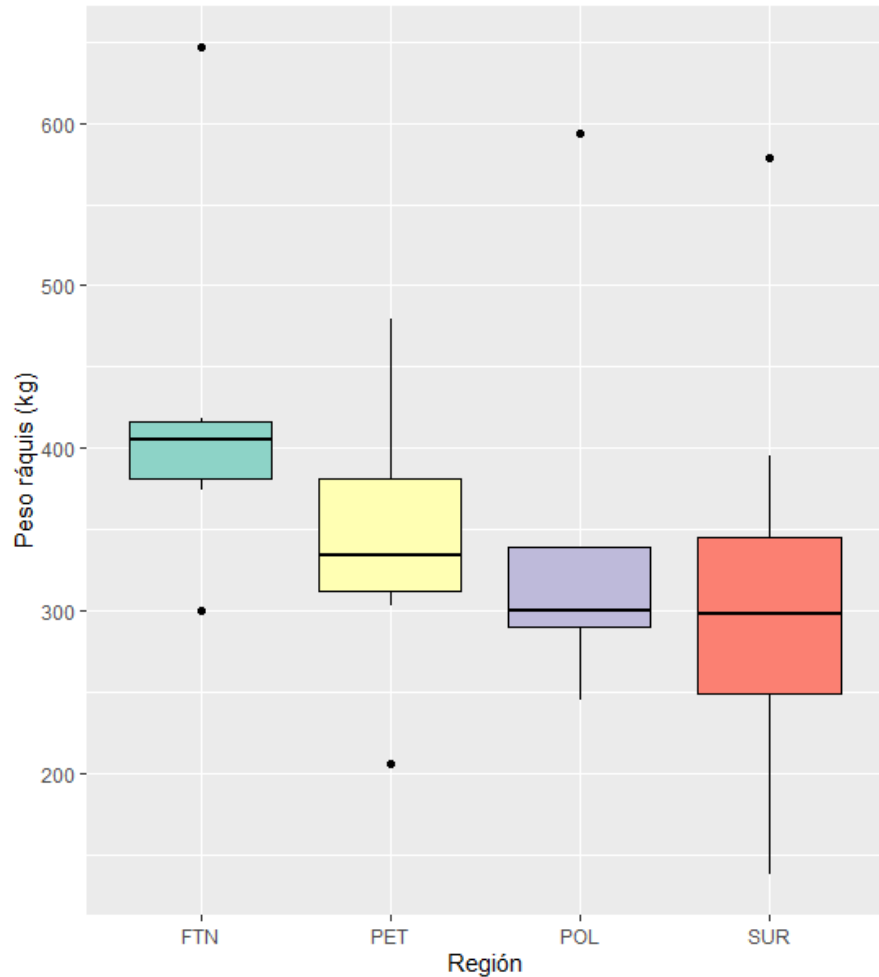
Estípites y folíolos



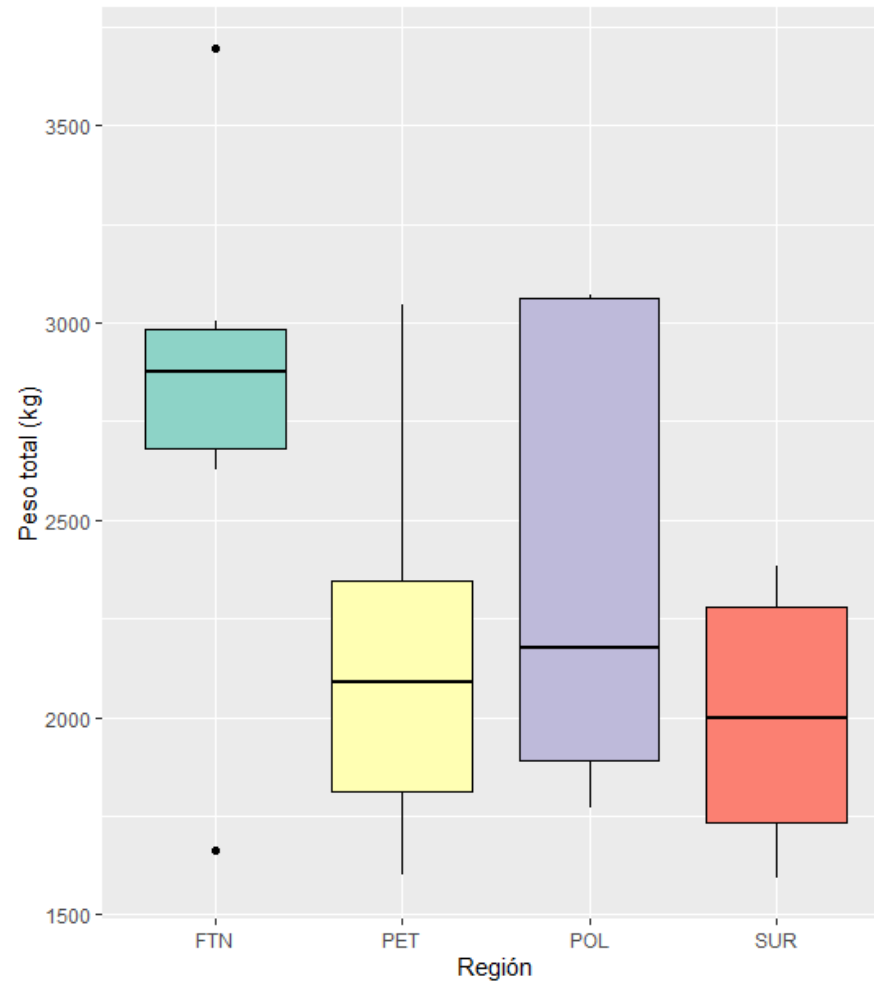
Muestreo destructivo

Raquis y peso total

Peso ráquis por región

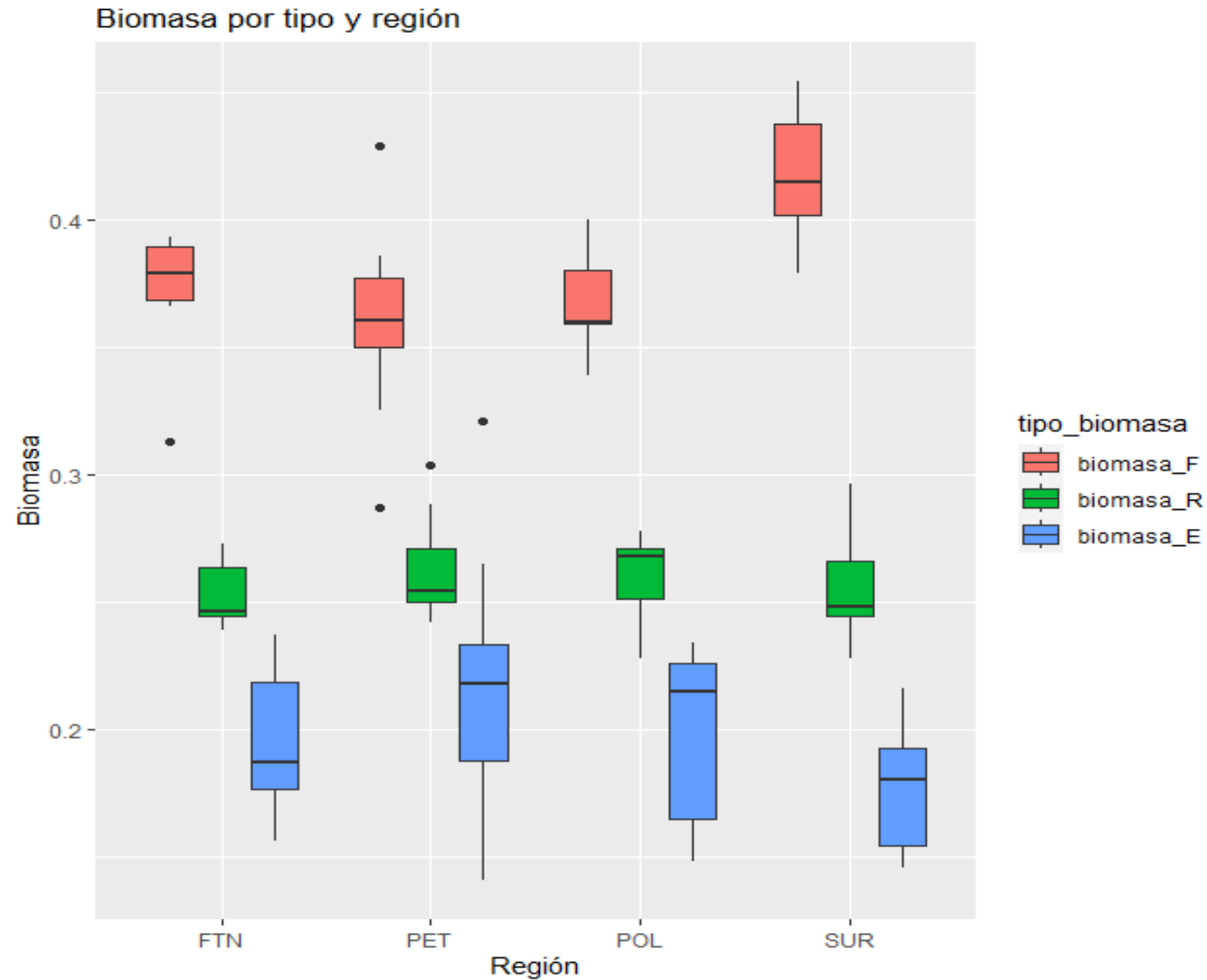


Peso total de palmas por región



Muestreo destructivo

Biomasa



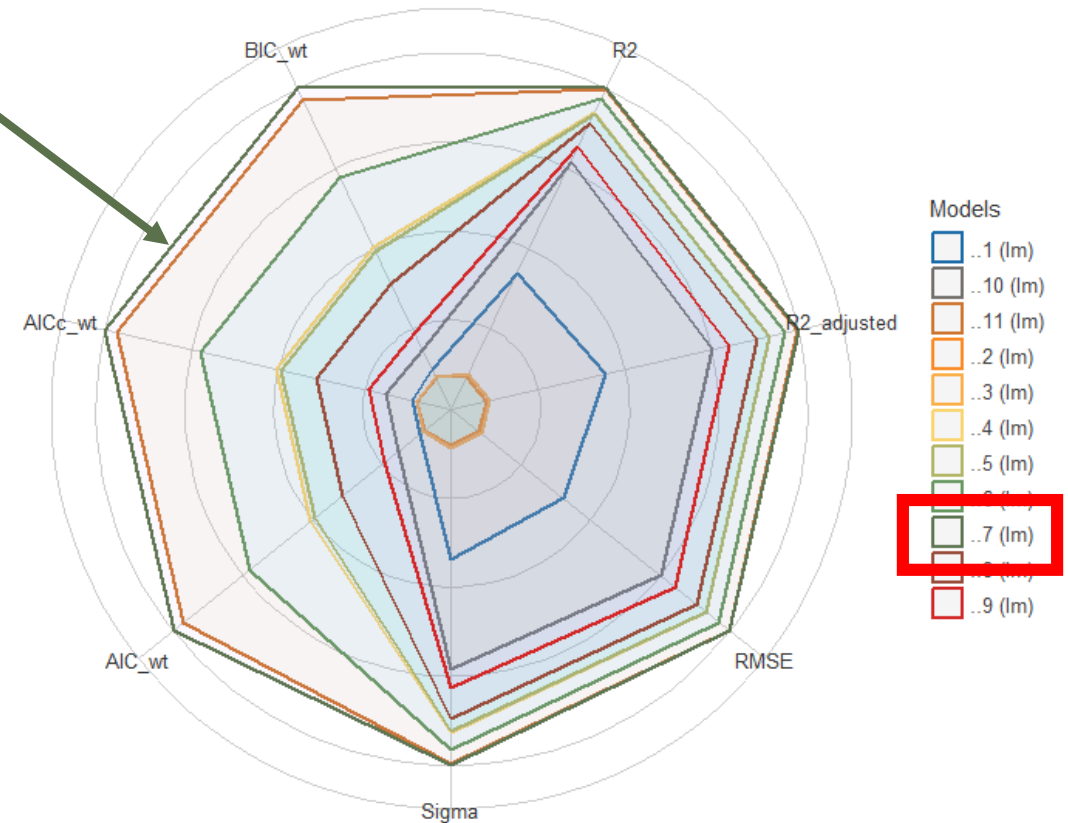
NO	ID palma	DAP (cm)	Altura (m)	Variedad	Edad	Carbono total (kg)
1	E_SS01	41.6	12.87	Ghana	28	194.6
2	E_SS02	54	6	Irho	14	164.5
3	E_SS03	73.7	6.3	Ghana	13	243.4
4	E_SS04	88.8	4.11	Irho	13	131.3
5	E_SS05	80.33	6.2	Ghana	15	194.5
6	E_SS06	58.3	5.75	Ghana	12	138.4
7	E_SS07	75.7	5.9	Ghana	12	179.1
8	E_SS08	76.1	5.63	Ghana	12	232.6
9	E_SS09	56.3	5.2	Irho	18	181.4
10	E_SS10	67.3	5.3	Irho	18	130.9
11	E_SS11	67.5	7.2	Ghana	12	221.4
12	E_FTN01	85.7	9	Ghana	14	350.7
13	E_FTN02	71.7	9.1	Ghana	13	264.1
14	E_FTN03	81	5.36	Irho	13	307.9
15	E_FTN04	67.7	5.1	Irho	11	150.5
16	E_FTN05	77.6	7.9	Ghana	14	346.3
17	E_FTN06	69.3	7.8	Ghana	14	304.6
18	E_POL01	72.5	8.6	Ghana	15	372.7
19	E_POL02	65.5	5.05	Ghana	13	213.3
20	E_POL03	71.5	8.5	Ghana	14	169.4
21	E_POL04	52.8	7.94	Ghana	14	161.7
22	E_POL05	72.9	13.99	Irho	23	318.3
23	E_PET01	92.3	1.9	Irho	na	149.7
24	E_PET02	90	1.6	Irho	na	175.9
25	E_PET03	70.8	8.9	Ghana	22	245.8
26	E_PET04	82.8	5.6	Irho	17	207.8
27	E_PET05	81.6	5.8	Irho	20	184.8
28	E_PET06	50.5	5.59	Irho	20	151.0
29	E_PET07	110.8	3.67	Irho	13	365.5
30	E_PET08	77.7	5.82	Ghana	14	281.0
31	E_PET09	74.6	7.35	Ghana	14	481.0
32	E_PET10	82.7	6.95	Irho	19	269.3
33	E_PET11	72.4	6.9	Irho	19	240.5
34	E_PET12	72.9	4.87	Irho	19	249.5

Contenido de Carbono en palmas de aceite

Ecuación de carbono

No. Modelo	Modelo evaluado
1	Carbono total = $\beta_0 + \beta_1 * \text{DAP}$
2	Carbono total = $\beta_0 + \beta_1 * \text{Altura}$
3	Carbono total = $\beta_0 + \beta_1 * \ln(\text{Altura})$
4	Carbono total = $\beta_0 + \beta_1 * \text{DAP} + \beta_2 * \text{Altura}$
5	Carbono total = $\beta_0 + \beta_1 * \ln(\text{DAP}) + \beta_2 * \text{Altura}$
6	Carbono total = $\beta_0 + \beta_1 * \ln(\text{DAP}) + \beta_2 * \ln(\text{Altura})$
7	Carbono total = $\beta_0 + \beta_1 * \text{DAP} + \beta_2 * \ln(\text{Altura})$
8	Carbono total = $\beta_0 + \beta_1 * \text{DAP}^2 + \beta_2 * \text{Altura}$
9	Carbono total = $\beta_0 + \beta_1 * \text{DAP} + \beta_2 * \text{Altura}^2$
10	Carbono total = $\beta_0 + \beta_1 * \text{DAP}^2 + \beta_2 * \text{Altura}^2$
11	Carbono total = $\beta_0 + \beta_1 * \text{DAP}^2 + \beta_2 * \ln(\text{Altura})$

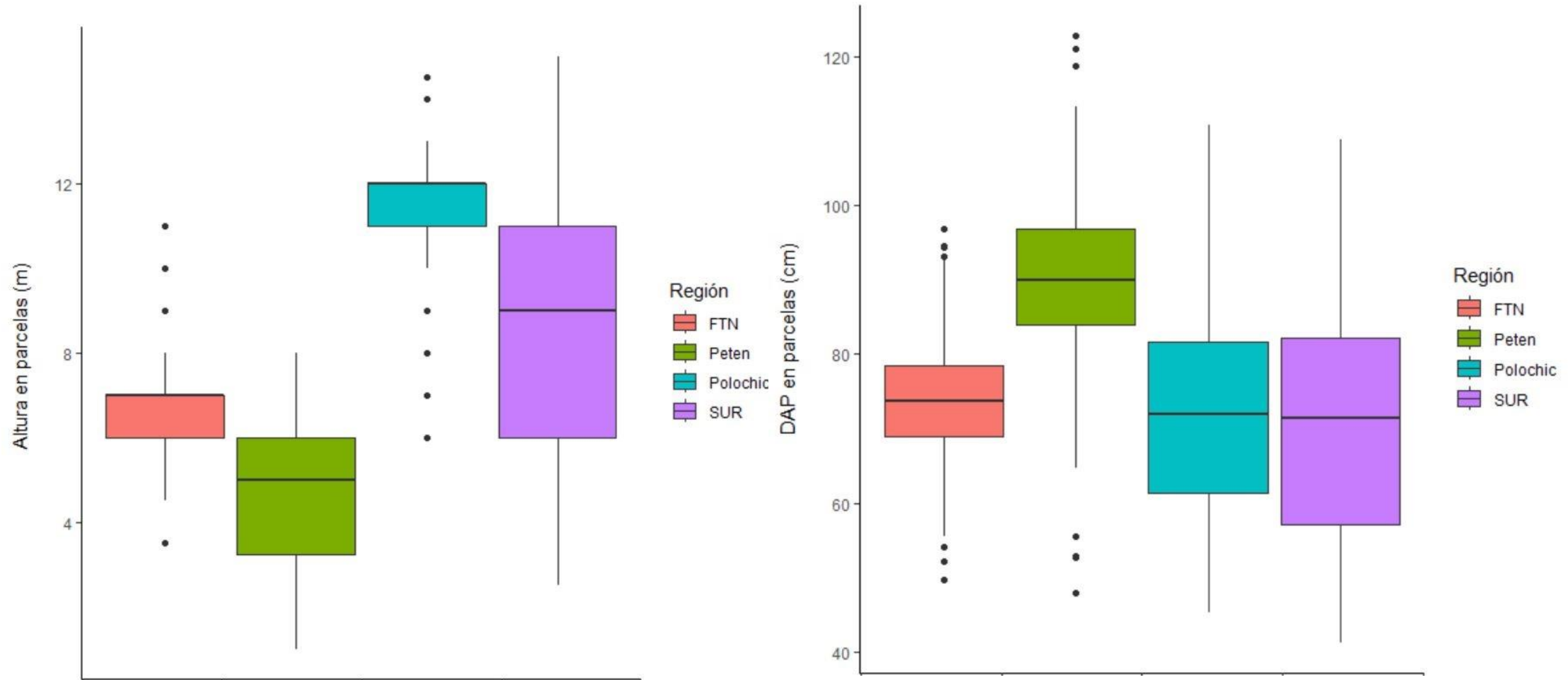
Modelo 7



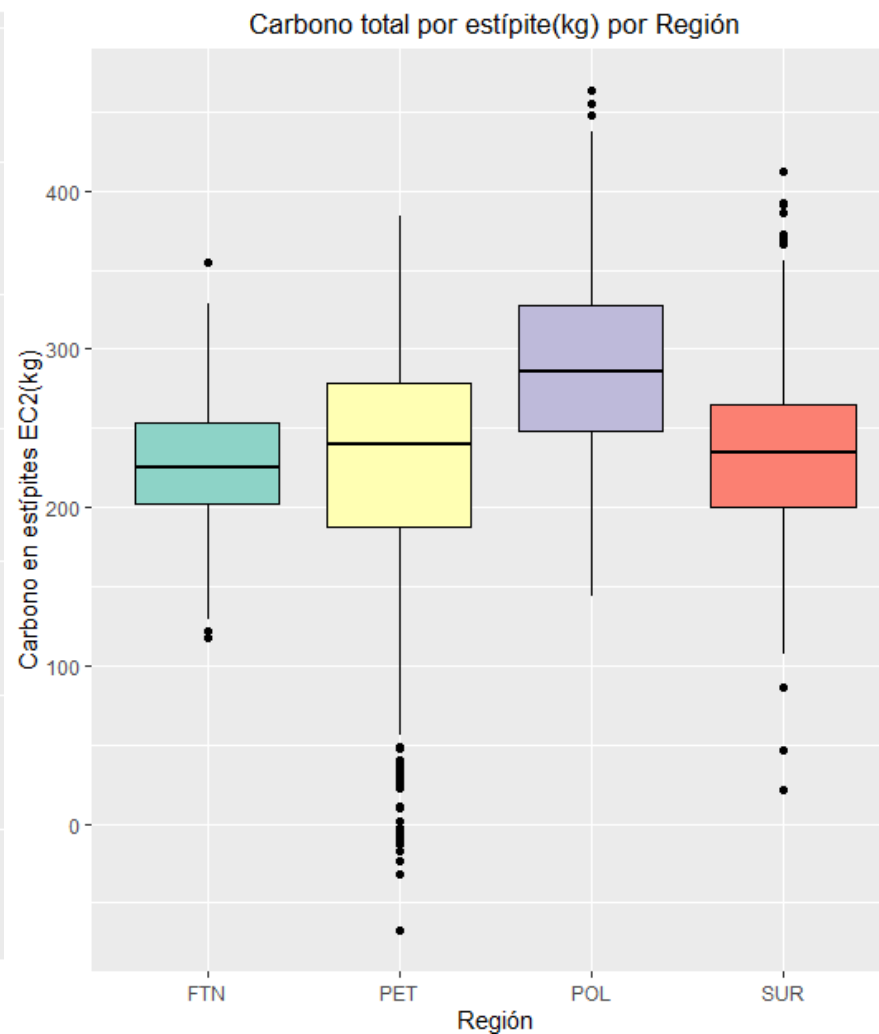
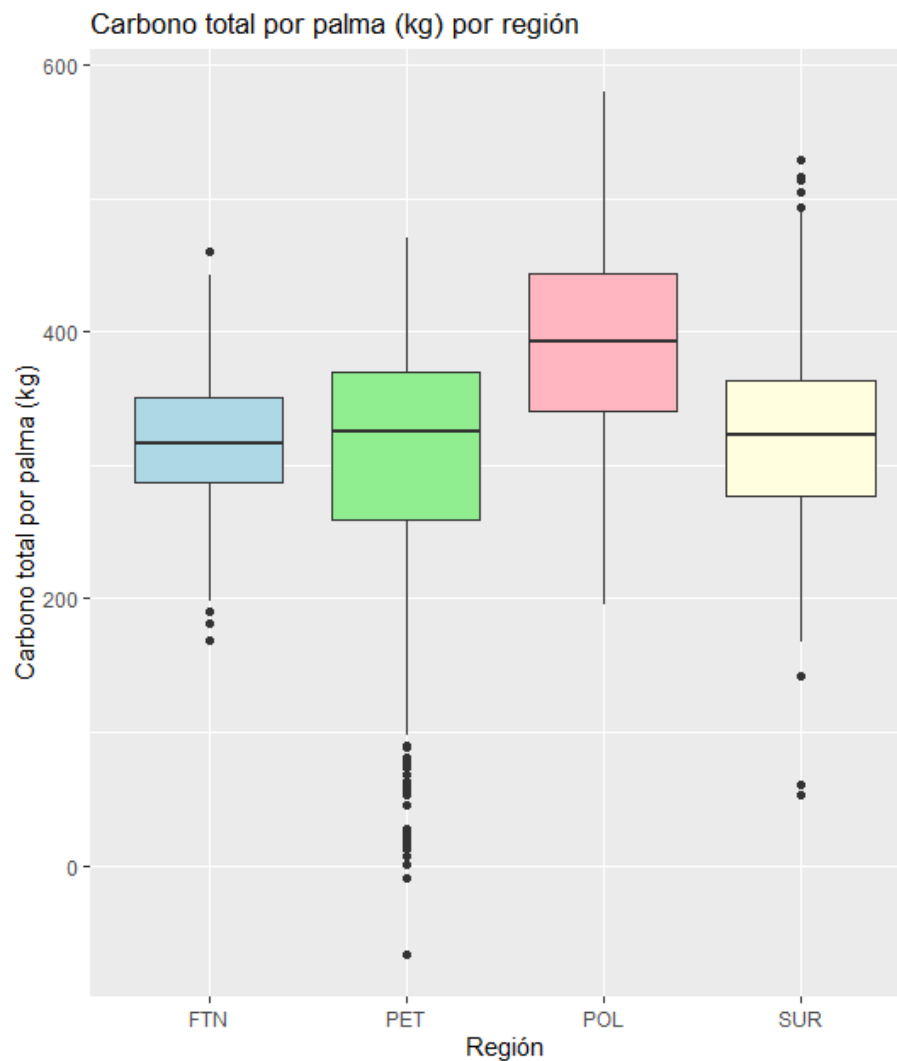
Ecuaciones de carbono

Ecuación (kg)	Secciones de la palma tomadas en cuenta
$4.0716 * DAP + 144.4864 * \ln(\text{Altura}) - 326.5909$	Palmas completas (estípite, raquis y foliolos).
$0.022188 * (DAP^2) + 114.151155 * \ln(\text{Altura}) - 161.662544$	Estípite

Parcelas de carbono

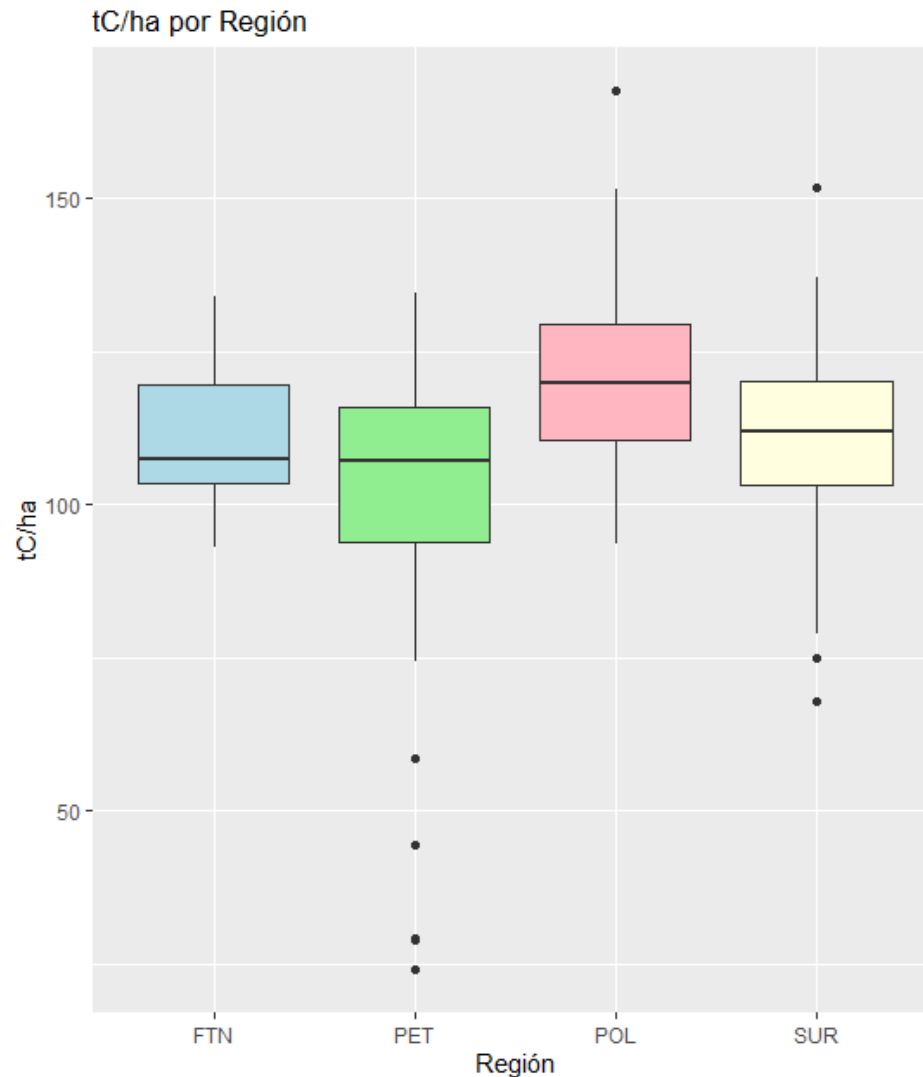


Carbono en palmas de parcelas



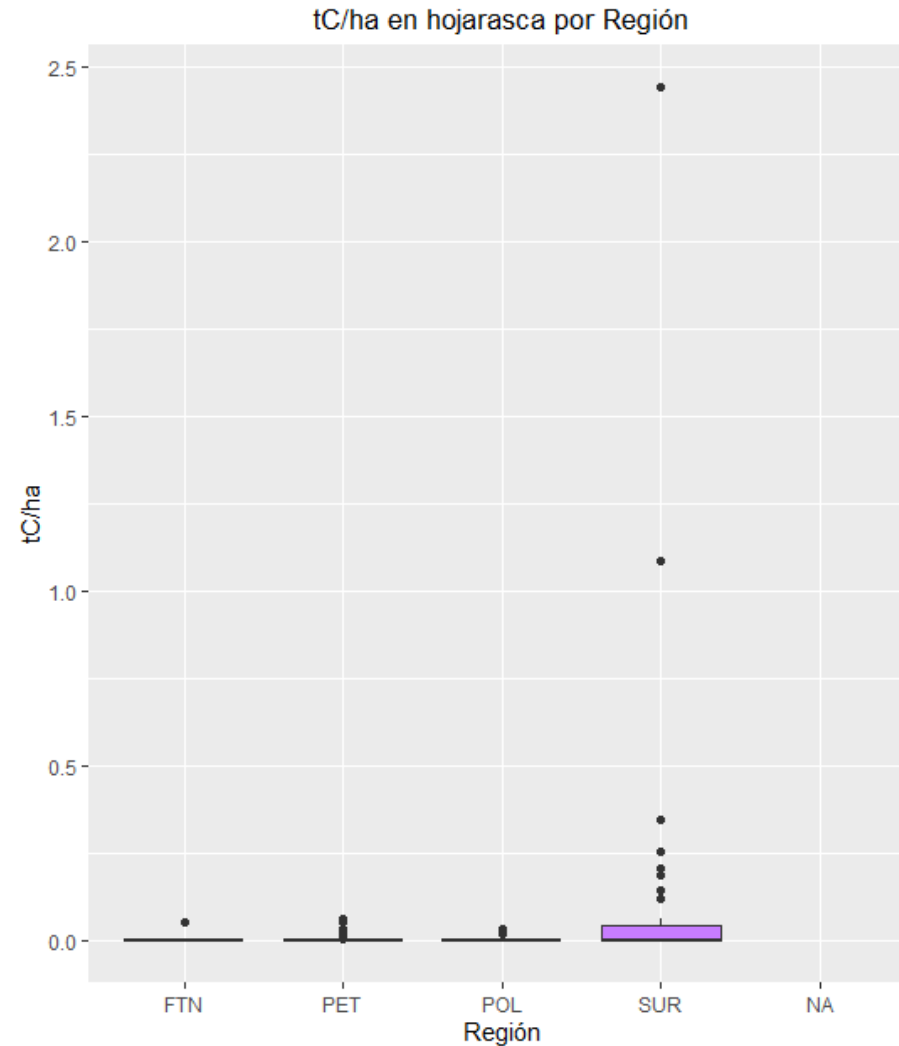
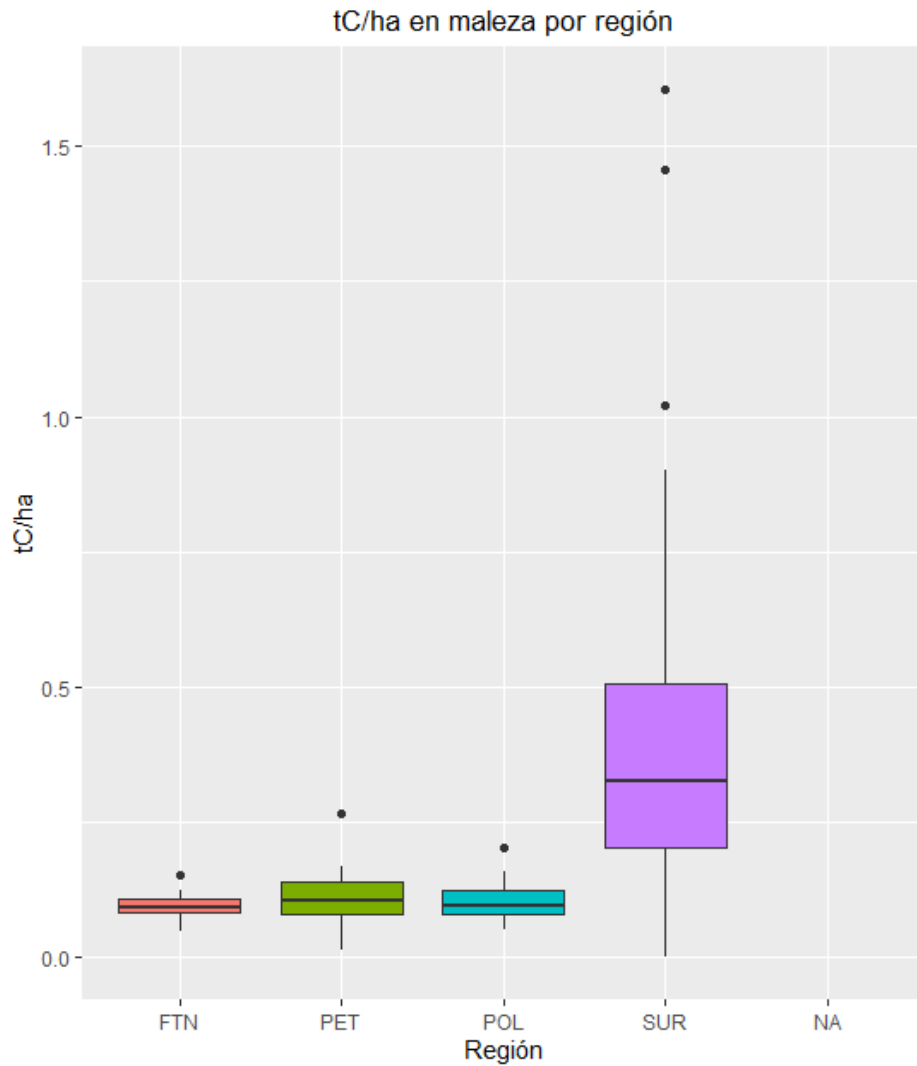
En términos generales, podemos decir que una sola palma almacena entre **325.48 (promedio)** y **329.59 (mediana)** kg de **carbono** en sus hojas, raquis, estípites y raíces.

tC/ha en biomasa de palmas

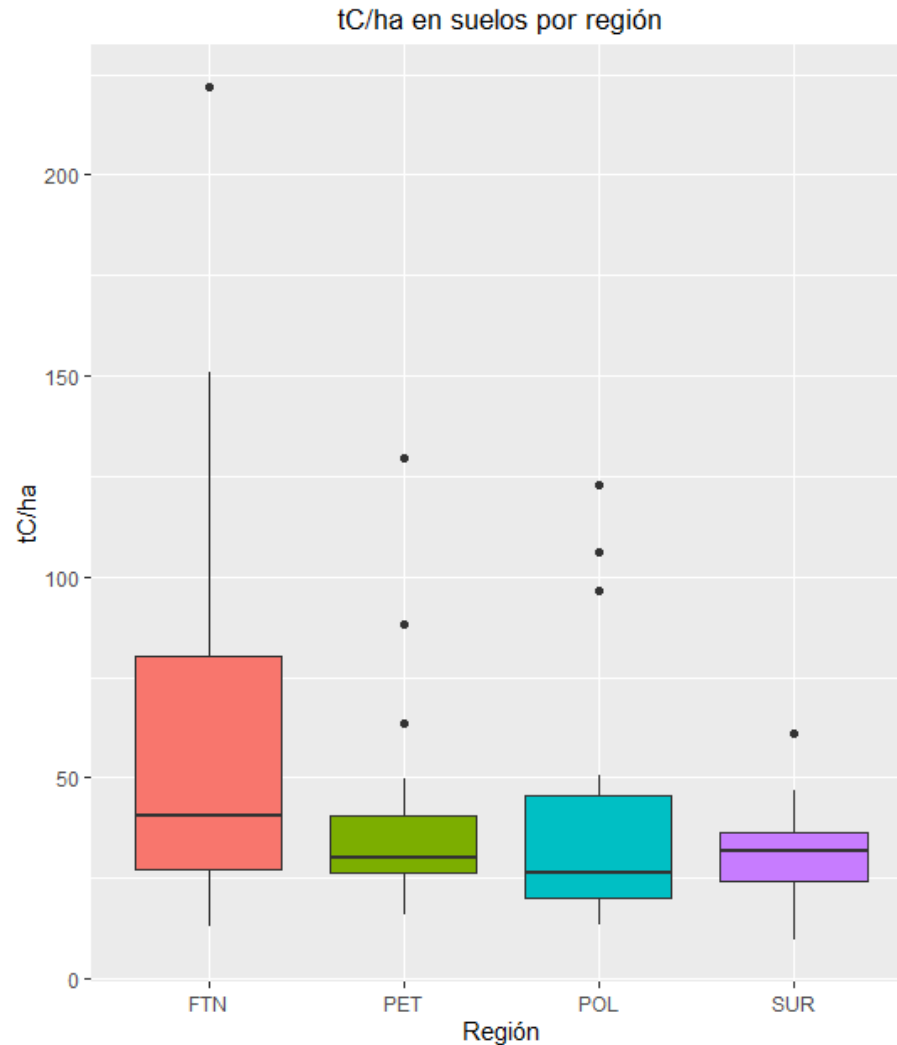


Región	Mediana tC/ha	Promedio tC/ha
SUR	112.07	110.32
POL	119.94	121.99
FTN	107.56	111.73
PET	107.23	98.15
TOTAL	111.16	108.59

tC/ha en maleza y hojarasca

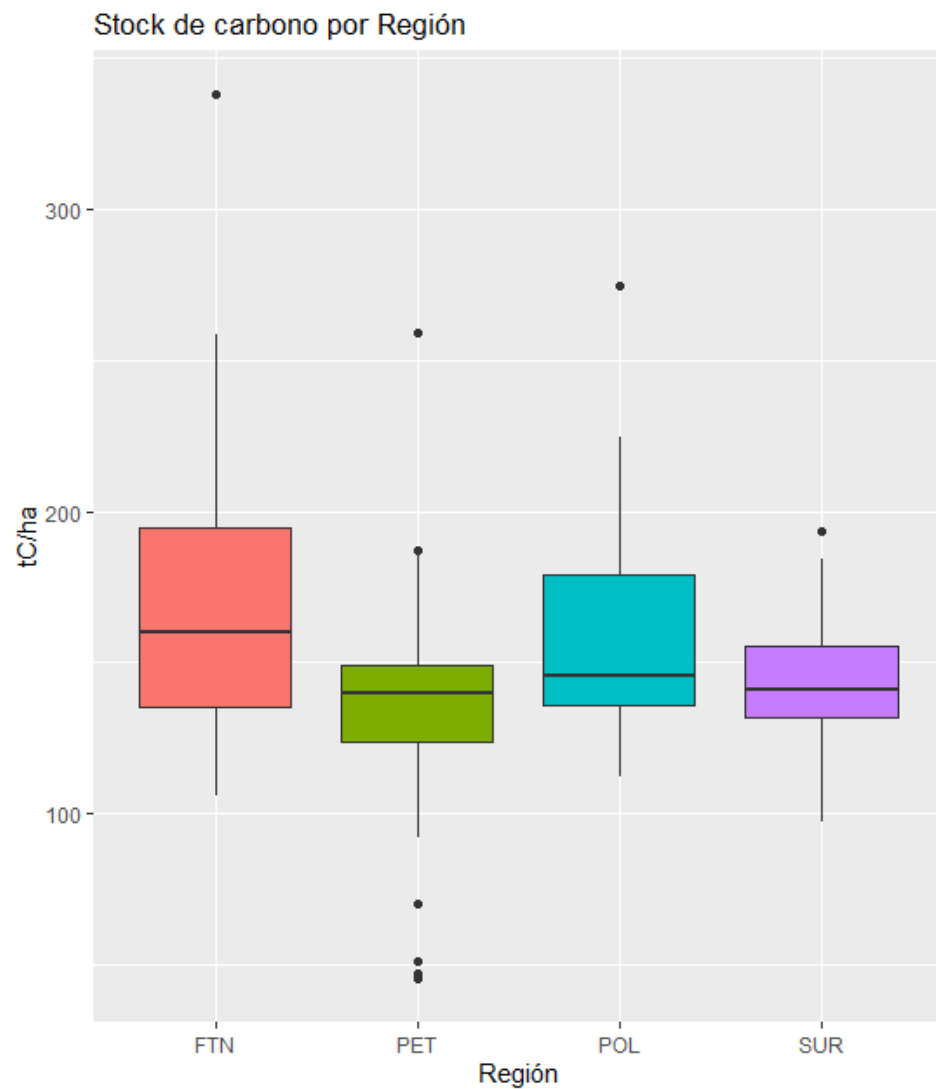


tC/ha en suelos



- Podemos decir que los suelos de las plantaciones de palma almacenan entre **30.80 tC/ha (mediana)** y **39.33tC/ha (promedio)**.

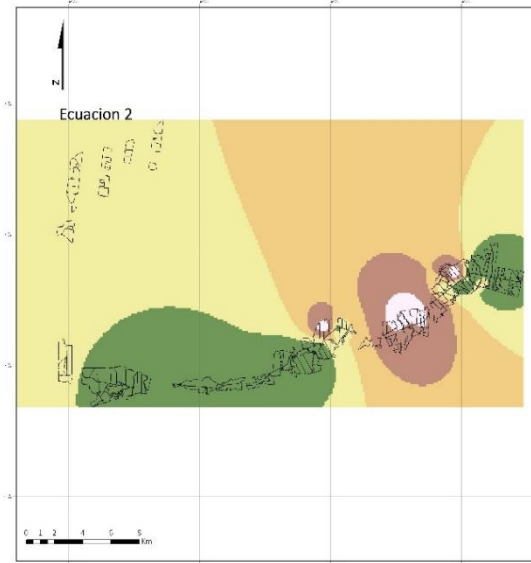
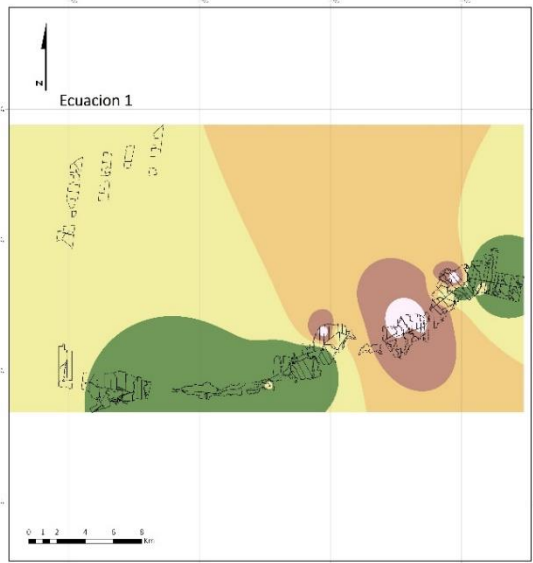
Stock de carbono



Región	Mediana tC/ha	Promedio tC/ha
SUR	140.98	141.88
POL	145.88	161.8
FTN	159.92	173.14
PET	139.83	134.53
TOTAL	141.83	148.33

Distribución espacial de carbono

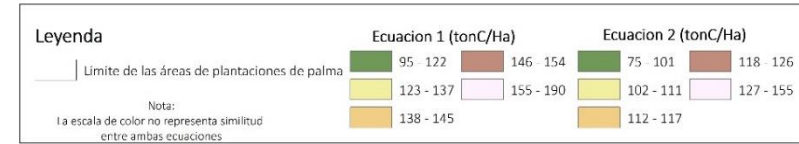
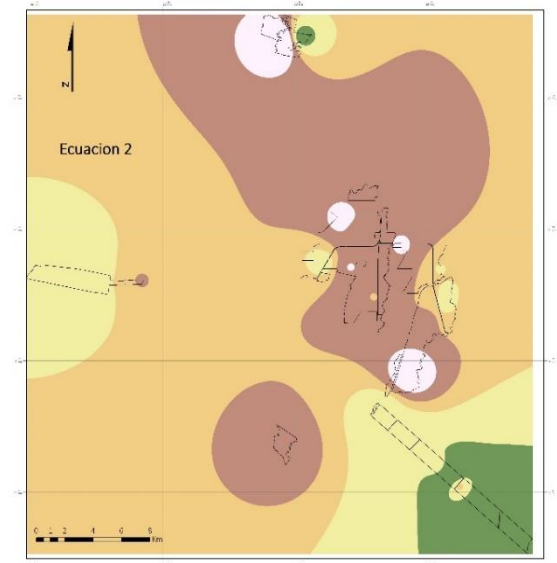
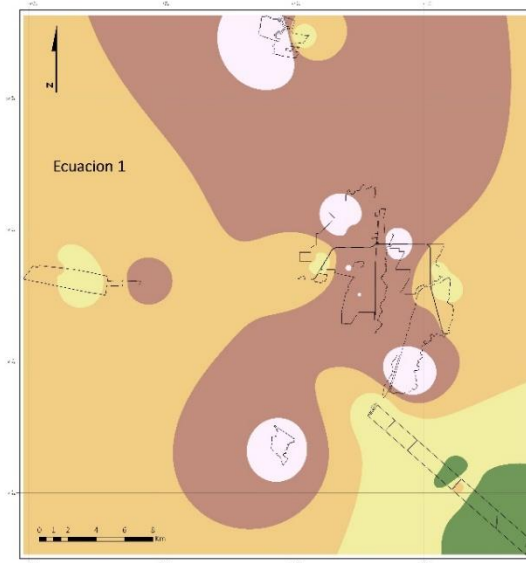
Mapa de potencial de carbono de la palma aceitera
Región: Polochic



Fuente:
Elaboración propia con base a levantamiento en campo con apoyo de GrePalma, 2023



Mapa de potencial de carbono de la palma aceitera
Región: Costa Sur

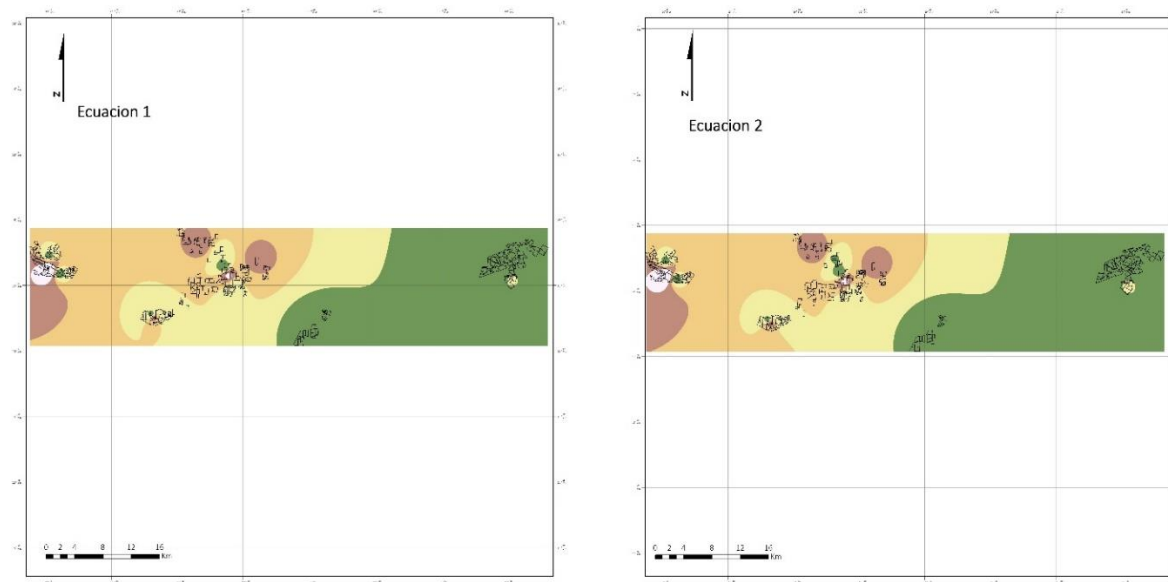


Fuente:
Elaboración propia con base a levantamiento en campo con apoyo de GrePalma, 2023



Distribución espacial de carbono

Mapa de potencial de carbono de la palma aceitera
Región: Franja Transversal del Norte

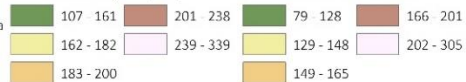


Leyenda

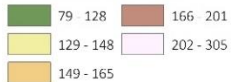
— Limite de las áreas de plantaciones de palma

Nota:
La escala de color no representa similitud
entre ambas ecuaciones

Ecuacion 1 (tonC/Ha)



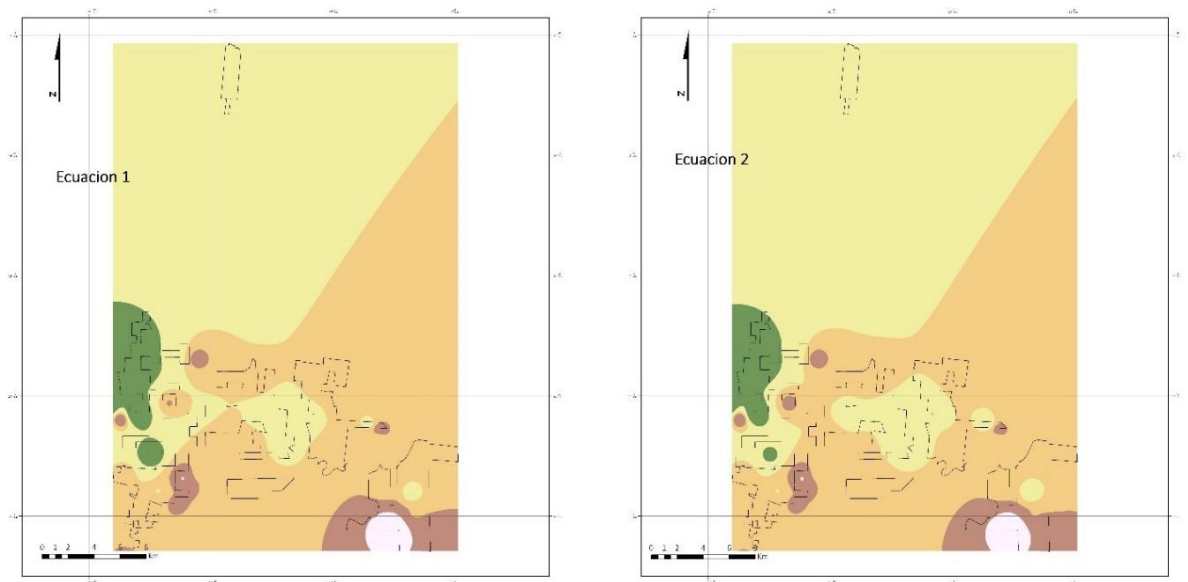
Ecuacion 2 (tonC/Ha)



Fuente:
Elaboración propia con base a levantamiento
en campo con apoyo de GrePalma, 2023



Mapa de potencial de carbono de la palma aceitera
Región: Petén

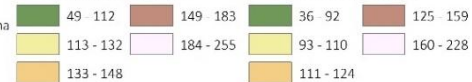


Leyenda

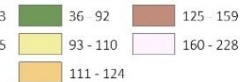
— Limite de las áreas de plantaciones de palma

Nota:
La escala de color no representa similitud
entre ambas ecuaciones

Ecuacion 1 (tonC/Ha)



Ecuacion 2 (tonC/Ha)



Fuente:
Elaboración propia con base a levantamiento
en campo con apoyo de GrePalma, 2023



Comparaciones

Estudio	tC/ha biomasa	Especie	Método	Estudio
SUR-Palma de aceite	112.07	<i>Eleais guineensis</i>	Destructivo (mediana)	Este estudio
POL-Palma de aceite	119.94	<i>Elaeis guineensis</i>	Destructivo (mediana)	Este estudio
FTN-Palma de aceite	107.55	<i>Elaeis guineensis</i>	Destructivo (mediana)	Este estudio
PET-Palma de aceite	107.22	<i>Elaeis guineensis</i>	Destructivo (mediana)	Este estudio
Total-Palma de aceite	111.16	<i>Elaeis guineensis</i>	Destructivo (mediana)	Este estudio
Especies tropicales perennes	50.00	<i>Elaeis guineensis, Hevea brasiliensis y otras</i>	Valores de referencia IPCC	CEAB-UVG 2018
Palma de aceite	120.02	<i>Elaeis guineensis</i>	Ecuaciones alométricas (se agregó 25% para raíces)	Le Blanc et al. 2006
Hule-15 años	164.31	<i>Hevea brasiliensis</i>	Ecuaciones alométricas	CEAB-UVG 2018
Hule-18 años	369.64	<i>Hevea brasiliensis</i>	Ecuaciones alométricas	CEAB-UVG 2018
Hule-23 años	492.15	<i>Hevea brasiliensis</i>	Ecuaciones alométricas	CEAB-UVG 2018
Hule-25 años	201.19	<i>Hevea brasiliensis</i>	Ecuaciones alométricas	CEAB-UVG 2018
Tesis en Teca -14 años	108.36	<i>Tectona grandis</i>	Destructivo	López et al 2018
Tesis en Teca -15 años	151.37	<i>Tectona grandis</i>	Destructivo	López et al 2018
Tesis-Pastos	2.00	<i>Brachiaria brizantha</i>	Indirecto de biomasa	Ávila 2000

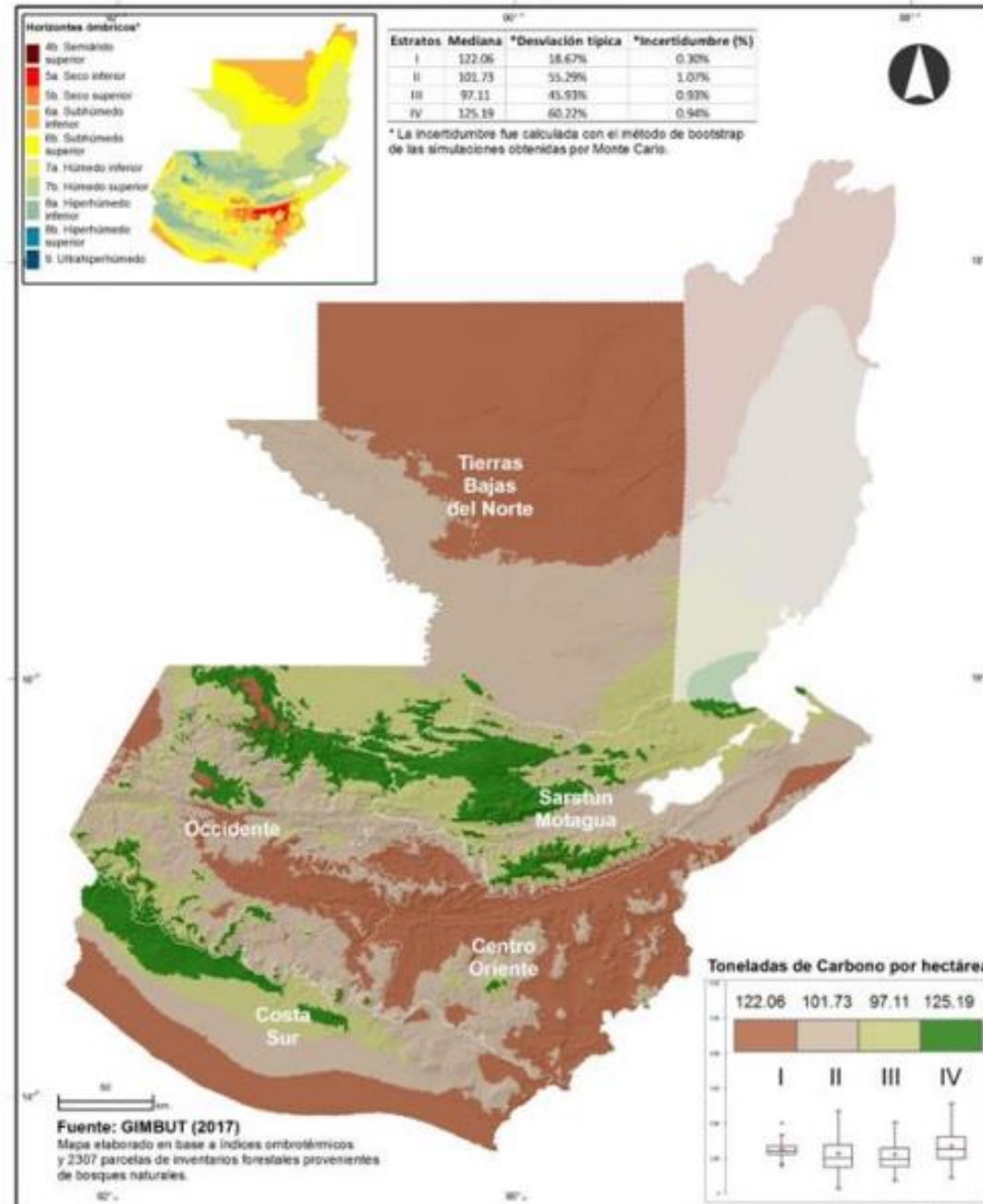
Comparaciones

Estudio	tC/ha biomasa	Especie	Método	Estudio
SUR-Palma de aceite	112.07	<i>Eleais guineensis</i>	Destructivo (mediana)	Este estudio
POL-Palma de aceite	119.94	<i>Elaeis guineensis</i>	Destructivo (mediana)	Este estudio
FTN-Palma de aceite	107.55	<i>Elaeis guineensis</i>	Destructivo (mediana)	Este estudio
PET-Palma de aceite	107.22	<i>Elaeis guineensis</i>	Destructivo (mediana)	Este estudio
Total-Palma de aceite	111.16	<i>Elaeis guineensis</i>	Destructivo (mediana)	Este estudio
Melina-24 años	81.00	<i>Gmelina arborea</i>	Calorimetría y extrapolación a edad de corte (se agregó 25% para raíces)	Modificación de Cubero y Rojas 1999
CNCG-Bosque muy húmedo	161.52	Mixto	Ecuaciones alométricas	CEAB-UVG 2018
CNCG-Bosque húmedo	130.16	Mixto	Ecuaciones alométricas	CEAB-UVG 2018
NREF-Estrato I Guatemala	122.10	Mixto	Compilación de estudios	Gobierno de Guatemala 2022
NREF-Estrato II Guatemala	101.70	Mixto	Compilación de estudios	Gobierno de Guatemala 2022
NREF-Estrato III Guatemala	97.10	Mixto	Compilación de estudios	Gobierno de Guatemala 2022
NREF-Estrato IV Guatemala	125.20	Mixto	Compilación de estudios	Gobierno de Guatemala 2022

Comparaciones

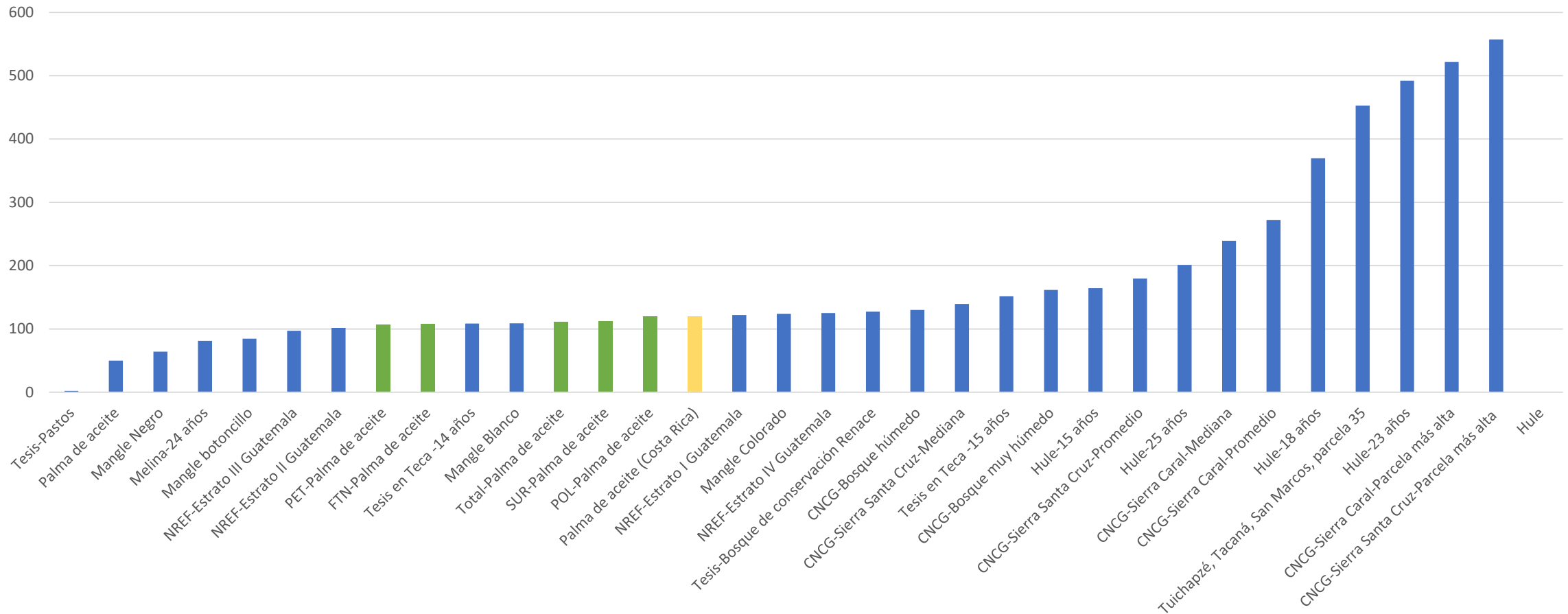
Estudio	tC/ha biomasa	Especie	Método	Estudio
Tesis-Bosque de conservación Renace	127.25	Mixto	Ecuaciones alométricas	López 2018
Tuichapzé, Tacaná, San Marcos, parcela 35	452.70	Mixto	Ecuaciones alométricas	Castellanos et al. 2007
CNCG-Sierra Santa Cruz-Mediana	139.41	Latifoliadas	Ecuaciones alométricas	CEAB-UVG 2018
CNCG-Sierra Santa Cruz-Promedio	179.54	Latifoliadas	Ecuaciones alométricas	CEAB-UVG 2018
CNCG-Sierra Santa Cruz-Parcela más alta	557.11	Latifoliadas	Ecuaciones alométricas	CEAB-UVG 2018
CNCG-Sierra Caral-Mediana	239.22	Latifoliadas	Ecuaciones alométricas	CEAB-UVG 2018
CNCG-Sierra Caral-Promedio	271.82	Latifoliadas	Ecuaciones alométricas	CEAB-UVG 2018
CNCG-Sierra Caral-Parcela más alta	521.79	Latifoliadas	Ecuaciones alométricas	CEAB-UVG 2018
Mangle Colorado	123.77	Rhizophora mangle	Ecuaciones alométricas	Aceituno et al. 2016
Mangle Blanco	109.00	Laguncularia racemosa	Ecuaciones alométricas	Aceituno et al. 2016
Mangle Negro	64.13	Avicennia germinans	Ecuaciones alométricas	Aceituno et al. 2016
Mangle botoncillo	84.72	Conocarpus erectus	Ecuaciones alométricas	Aceituno et al. 2016

Mapa de estratos de carbono (biomasa aérea + subterránea) Guatemala, C.A.



Comparaciones

tC/ha_biomasa



Secuestro y emisiones GEI 2022

Caso 1 (LEDS): 2001-2022

	Ha	Emisiones tCO ₂ e
Estudio emisiones GEI	69,443.00	53,594.13
Año 2,022	180,614.00	139,392.74
Emisiones en 22 años en fase agrícola		-3,066,640.33
Estudio emisiones GEI	69,443.00	5,644.06
Año 2,022	180,614.00	14,679.61
Emisiones en 18 años de fase industrial		-264,233.00

	Palma 2022 (ha)	Cambios de flujos de carbono Emisiones tCO ₂ e (111 tC/ha)	
Agricultura anual/potreros (5tC/ha)	87,597.79	9,285,365.74	carbono capturado
Bosque primario (151 tC/ha)	55,629.11	-2,225,164.48	carbono emitido
Palma de aceite (111 tC/ha)	36,484.03	-	
Secuestro		7,060,201.26	

Balance de emisiones

Sector	tCO ₂ e	
Emisiones en 22 años en fase agrícola	-3,066,640.33	
Emisiones en 18 años de fase industrial	-264,233.00	
Secuestro	+7,060,201.26	
Balance general	+3,993,560.93	+1,091,136.87 tC
Secuestro por año	+181,525.49	+49,597.13 tC



Anualmente se compensaron las emisiones equivalentes de 30,254 personas*.

Secuestro:
1 tCO₂e ha al año.

*Emisiones per capita globales promedio de 6 tCO₂e: [Global carbon inequality over 1990–2019](#) | [Nature Sustainability](#)

Secuestro y emisiones GEI 2022

Caso 2 (LEDS y Satelligence): 1989-2022

	Ha	Emisiones tCO ₂ e
Estudio emisiones GEI	69,443.00	53,594.13
Año 2,022	180,614.00	139,392.74
Emisiones en 34 años en fase agrícola		-4,739,353.23
Estudio emisiones GEI	69,443.00	5,644.06
Año 2,022	183,908.20	14,947.35
Emisiones en 30 años de fase industrial		-448,420.54

	Palma 2022 (ha)	Cambios de flujos de carbono Emisiones tCO ₂ e (111 tC/ha)	
Agricultura anual/potreros (5tC/ha)	87,597.79	+9,285,365.74	carbono capturado
Bosque primario (151 tC/ha)	16,479.00	-659,160.00	carbono emitido
Palma de aceite (111 tC/ha)	36,484.03	-	
	Secuestro	+8,626,205.74	

Balance de emisiones

Sector	tCO ₂ e	
Emisiones en 34 años en fase agrícola	-4,739,353.23	
Emisiones en 30 años de fase industrial	-448,420.54	
Secuestro	+8,626,205.74	
Balance general	+3,438,431.97	+939,462.29 tC
Secuestro por año	+101,130.35	27,631 tC



Anualmente se compensaron las emisiones equivalentes de 16,855 personas*.

Secuestro:
0.55 tCO₂e
ha al año.

*Emisiones per capita globales promedio de 6 tCO₂e: [Global carbon inequality over 1990–2019](#) | [Nature Sustainability](#)

Conclusiones, oportunidades de mejora, buenas prácticas y Recomendaciones

Conclusiones

Tomando como referencia una edad de por lo menos entre **13 y 28 años de siembra** se concluye:

- El sistema de palma de aceite en el país contiene un estimado de entre **108.59 y 111.16 tC/ha** en la biomasa aérea y por debajo del suelo de las palmas.
- El stock de carbono total estimado para las plantaciones de palma de aceite en Guatemala es de un máximo de entre **141.83 y 148.33 tC/ha**.
- Se estima que en las **180,614 hectáreas de palma** hay almacenadas entre un máximo de **25,616,483.62 y 26,790,474.62 tC total**.
- Los resultados indican que las plantaciones acumulan por lo menos el doble de los valores aceptados a nivel nacional, que actualmente toman los valores anteriores de los **niveles de referencia del IPCC de 50tC/ha**. Además, también son mayores a los niveles actualizados del **IPCC de 60tC/ha**.
- Según el balance general preliminar, existe un **secuestro positivo de entre +939,462.29 tC y +1,091,136.87 tC**.

Conclusiones

- Los principales sumideros de carbono en las plantaciones son el **estípite de las palmas y el suelo**.

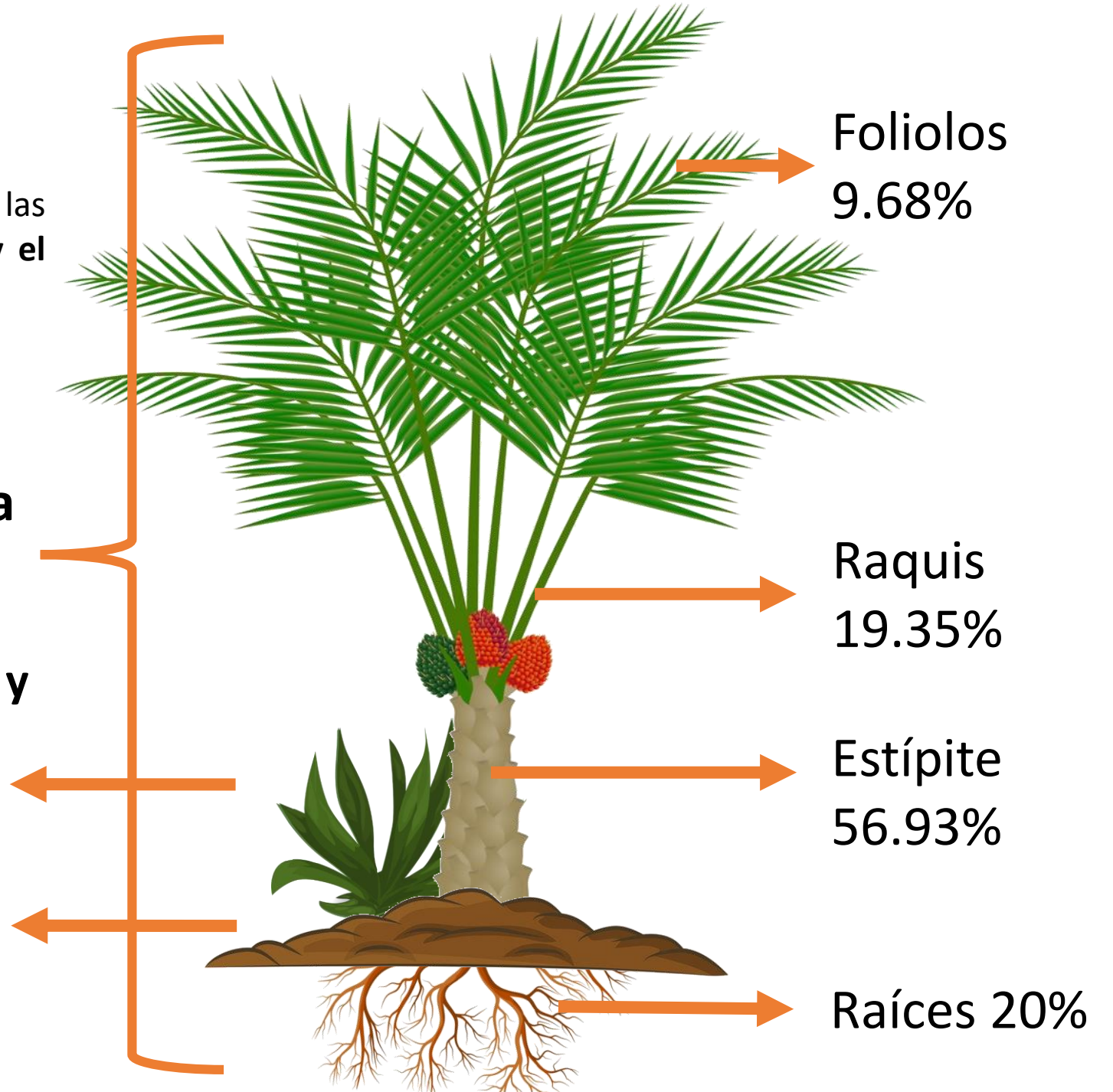
Palma completa

76.21-77.90%

**Maleza, hojarasca y
arbustales** >1%

Suelo

~21.89-27.86%



OPORTUNIDADES DE MEJORA



Conservar y enriquecer con especies nativas los bosques remanentes. Establecer corredores biológicos entre las extensiones de palma.



Evitar prácticas de chapeo del sotobosque entre los carriles de la plantación. Y mejorar su composición, así como el estrato arbustivo.



Inclusión de especies forestales nativas dispersas dentro del sistema de palma y en linderos.



Establecer parcelas de investigación, para evaluar capacidad de respuesta (producción y rendimiento) en sistemas mixtos. Introducción de *Acrocomia aculeata*.

OPORTUNIDADES DE MEJORA



Promover prácticas de conservación y regeneración de los suelos en el sistema completo.



Incrementar las áreas de bosques riparios con especies nativas, incluyendo zonas marino costeras.



Establecimiento de lagunas carpadas para captura de metano, evitando su escape hacia la atmósfera y aprovechándolo como fuente de energía renovable.



Implementar práctica de raleo en lugar de corte total de la palma para reducir emisiones.

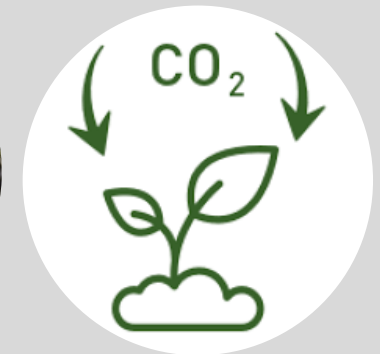
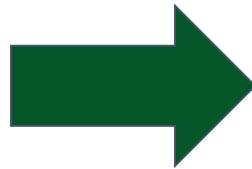


BUENAS PRÁCTICAS



Establecimiento de “parches nectaríferos” con alta incidencia de luz solar y crecimiento de herbáceas como *Bidens*, *Caesalpinia*, *Cassia*, etc.

Favorece a:



Cumpliendo con los indicadores de la normativa RSPO: 3.2.1 – 7.1.1 -7.2.3

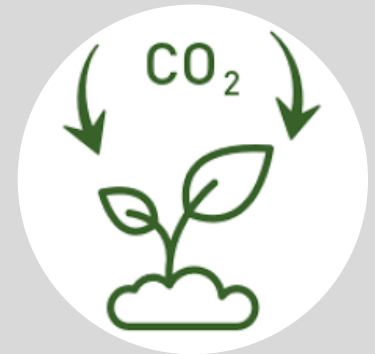
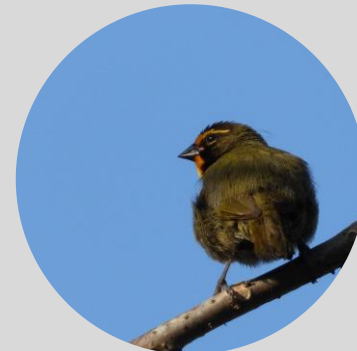
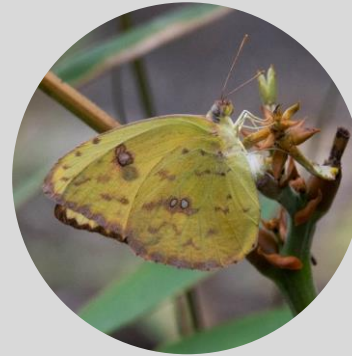
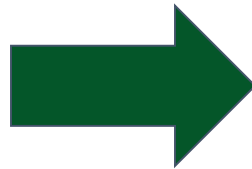


BUENAS PRÁCTICAS



Favorecimiento de heterogeneidad de cobertura del suelo mediante ausencia de chapeo de sotobosque.

Favorece a:



Cumpliendo con los indicadores de la normativa RSPO: 3.2.1 – 7.1.1 -7.2.1 – 7.2.3

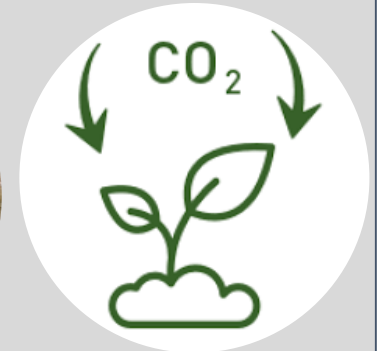
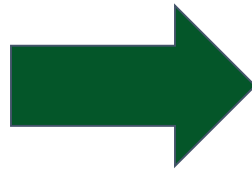


BUENAS PRÁCTICAS



Siembra de árboles nativos en las zonas riparias para conservar las fuentes de agua naturales y el ecosistema en general.

Favorece a:



Cumpliendo con los indicadores de la normativa RSPO: 7.8.2 – 7.12

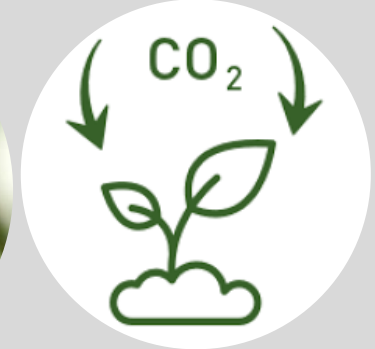
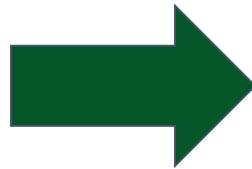


BUENAS PRÁCTICAS



Aplicación de herbicida solo en el área circundante o el “plato” de la palma, y no en todo el sotobosque.

Favorece a:



Cumpliendo con los indicadores de la normativa RSPO: 3.2.1 – 7.1.1 -7.2.1 – 7.2.3 – 7.2.5

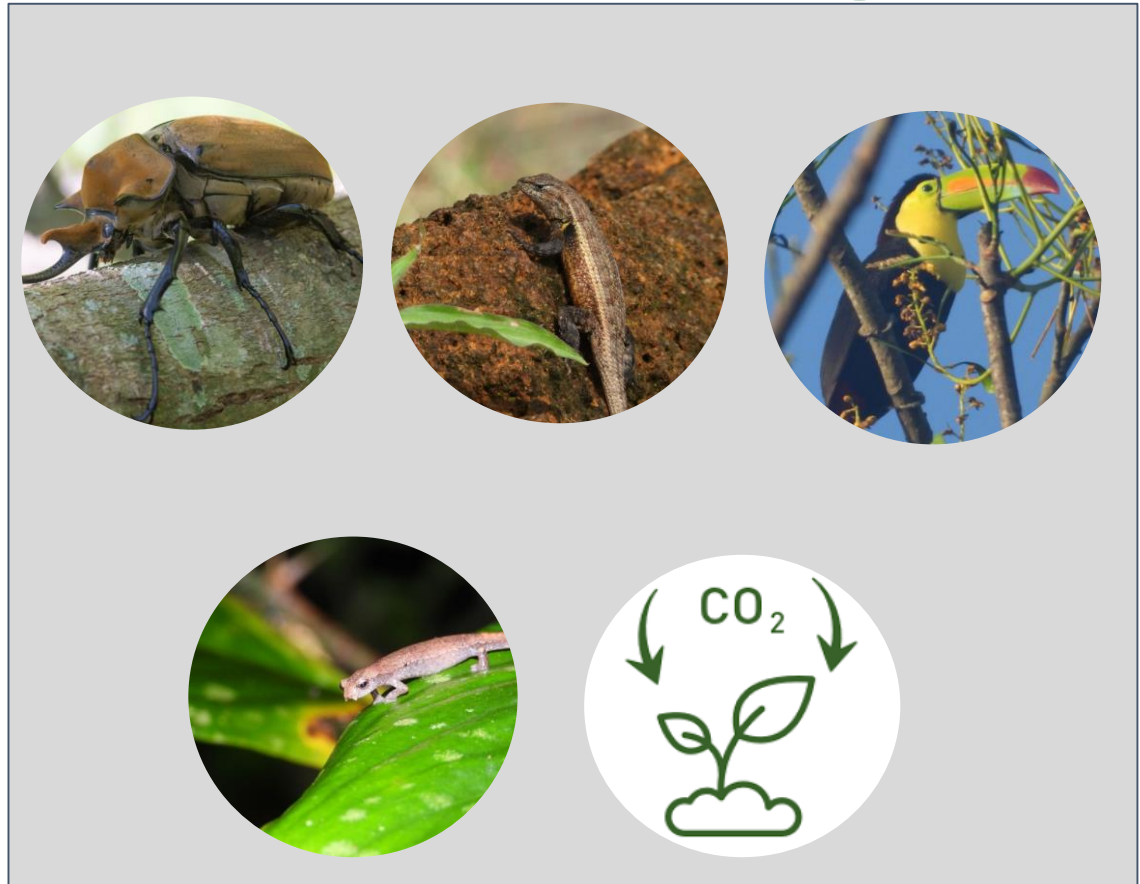
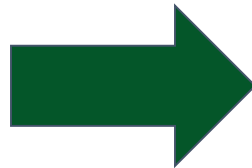


BUENAS PRÁCTICAS



Heterogeneidad del paisaje dentro de las plantaciones a través de conservación de bosques remanentes, vegetación secundaria y matorrales.

Favorece a:



Cumpliendo con los indicadores de la normativa RSPO: 7.12

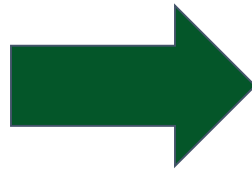


BUENAS PRÁCTICAS



Uso de fertiriego con efluentes de la planta extractora y raquis, reduciendo el uso de fertilizantes inorgánicos y huella ecológica.

Favorece a:



Cumpliendo con los indicadores de la normativa RSPO: 7.4.2 – 7.8.2 - 7.10.1

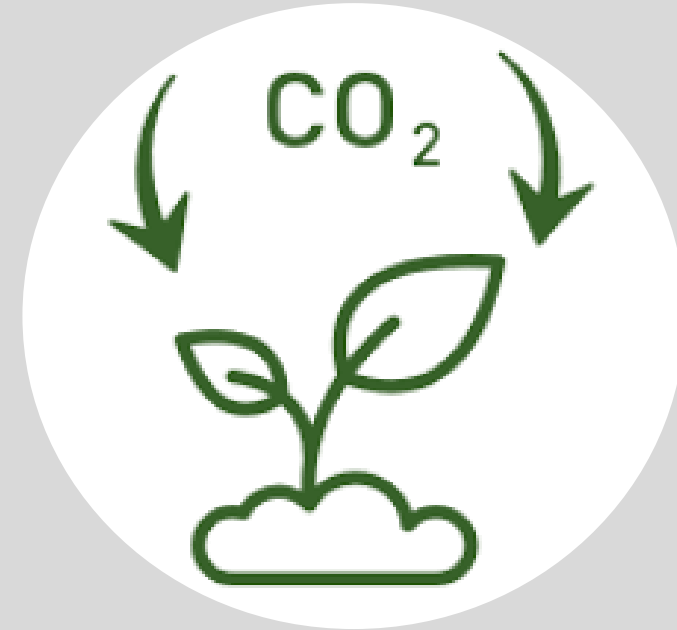
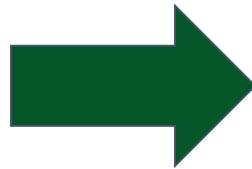


BUENAS PRÁCTICAS



Promover la conservación y regeneración de los suelos en el sistema completo.

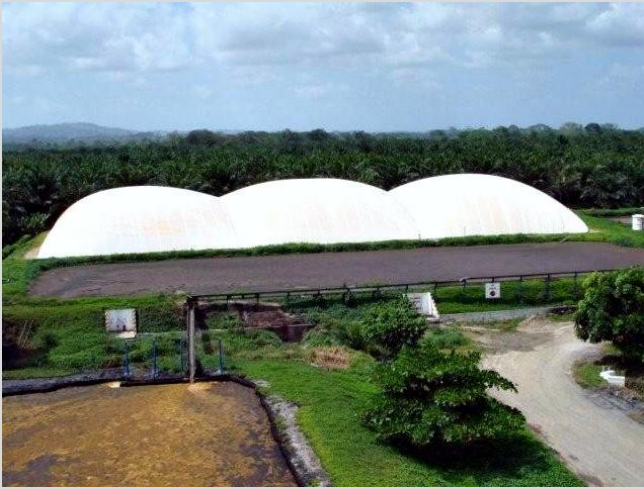
Favorece a:



Cumpliendo con los indicadores de la normativa RSPO: 7.4.1 – 7.4.2

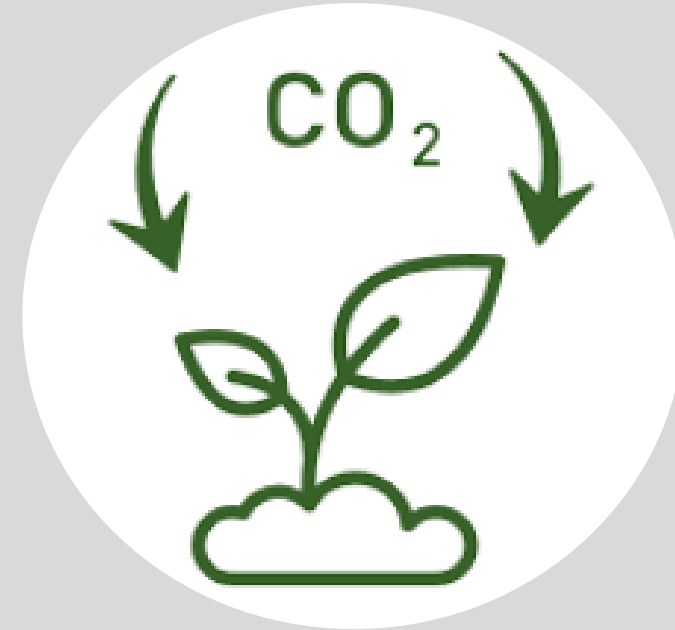
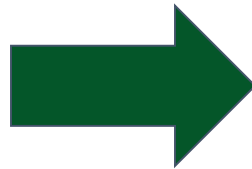


BUENAS PRÁCTICAS



Establecimiento de encarpado de lagunas para la captura de metano.

Favorece a:



Cumpliendo con los indicadores de la normativa RSPO: 3.2.1 – 7.10.1

Recomendaciones

- **Aumento en el número de parcelas de carbono por región**, para llenar vacíos y mejorar representatividad.
- **Mejoramiento de ecuación de Carbono**, ampliando el muestreo destructivo a por lo menos **30 individuos** por **región**, incluyendo **ampliar la representatividad geográfica**.
- Realizar **investigación especializada que reduzca los supuestos** y que anide el estudio de emisiones GEI y el del cambio del uso del suelo, para mejorar el cálculo del balance de carbono, el cual ya es positivo.
- Estimación del **contenido de carbono** que **incluya** también los **bosques de conservación, humedales, zonas ribereñas, plantación de nectaríferas**, entre otros.
- **Establecer parcelas de investigación en conjunto con la academia**, para evaluar el **mejoramiento** del sistema de **producción actual**, no solo desde la perspectiva de producción y rendimiento, sino además desde la **conservación de servicios ecosistémicos y del paisaje**, y la resiliencia.
- Exploración de la **palma nativa** para el continente y el país de ***Acrocomia aculeata***. Esta especie se prevé que en un futuro su **rendimiento** pueda ser **mayor** que el de *Elaeis guineensis*, teniendo **menor requerimiento hídrico**, y por consiguiente menos vulnerable ante el CC, que además ya cuenta con un uso tradicional.
- Realizar **investigación sobre la polinización** de *Elaeis guineensis* por especies nativas de insectos.
- Realizar una investigación en el tema de oportunidades de mejora social, como parte de los múltiples beneficios de la conservación y el secuestro de carbono.

Agradecimientos

Agradecemos la especial colaboración de:

- Karen Rosales
- Werner Tánchez
- Oswaldo Morales
- Héctor Herrera
- Alejandro Chacón
- Gilmar Arriaga
- Junior Barrios
- Arnoldo Melgar
- A todo el personal de Naturaceites, Grupo Hame, GREPALMA, Departamento de Biología y CEAB-UVG. Un agradecimiento especial al equipo de campo que ayudó con el seccionamiento y pesado de las palmas, así como el establecimiento de las parcelas de carbono.



MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN

UVG
UNIVERSIDAD
DEL VALLE
DE GUATEMALA



CENTRO DE ESTUDIOS
AMBIENTALES Y BIODIVERSIDAD · C E A B ·
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES