PALMSIM Colombia

Modelando el futuro de nuestra palmicultura

Carlos Ricardo Bojacá

cenipalma

Introducción

Proyecto

Determinación del potencial productivo del cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) en las zonas productoras de Colombia.

Objetivo General

Establecer el potencial de producción del cultivo de palma de aceite mediante un modelo biofísico ajustado a las condiciones edafoclimáticas de las zonas productoras de Colombia.

Objetivos Específicos

- Calibrar un modelo de simulación de *E. guineensis* con base en las condiciones climáticas y de crecimiento del cultivo en las zonas palmeras de Colombia ✓
- Establecer el potencial productivo del cultivo de *E. guineensis* para las zonas de producción Central, Norte y Oriental. ✓
- Determinar las brechas de producción de *E. guineensis* en las zonas productoras.
- Establecer la línea base para la calibración del modelo de producción del híbrido OxG bajo las condiciones climáticas de Colombia.

1
PALMSIM

El modelo

cenipalma

Qué es PALMSIM?

Modelo de simulación computacional que ayuda a entender cómo crece y produce la palma de aceite bajo diferentes condiciones.

Integra diversos factores que afectan el desarrollo de la palma, como las condiciones ambientales y la disponibilidad de agua, permitiendo estimar, entre otros, la producción de racimos de fruta fresca.

Incorpora el conocimiento actual sobre cómo crece y se desarrolla la palma de aceite, traduciendo procesos biológicos complejos en cálculos que se procesan en el computador.

Agricultural Systems 131 (2014) 1–10

Contents lists available at ScienceDirect

Agricultural Systems

journal homepage: www.elsevier.com/locate/agsy

Simulating potential growth and yield of oil palm (*Elaeis guineensis*) with PALMSIM: Model description, evaluation and application

M.P. Hoffmann [a,*], A. Castaneda Vera [b], M.T. van Wijk [b,c], K.E. Giller [b], T. Oberthür [d], C. Donough [d], A.M. Whitbread [a]

[a] Crop Production Systems in the Tropics, Georg-August-Universität Göttingen, Grisebachstraße 6, 37077 Göttingen, Germany
[b] Plant Production Systems, Wageningen University, P.O. Box 430, 6700 AK Wageningen, The Netherlands
[c] International Livestock Research Institute, P.O. Box 30709, Nairobi, Kenya
[d] International Plant Nutrition Institute, South-East Asia Office, Penang, Malaysia

ARTICLE INFO

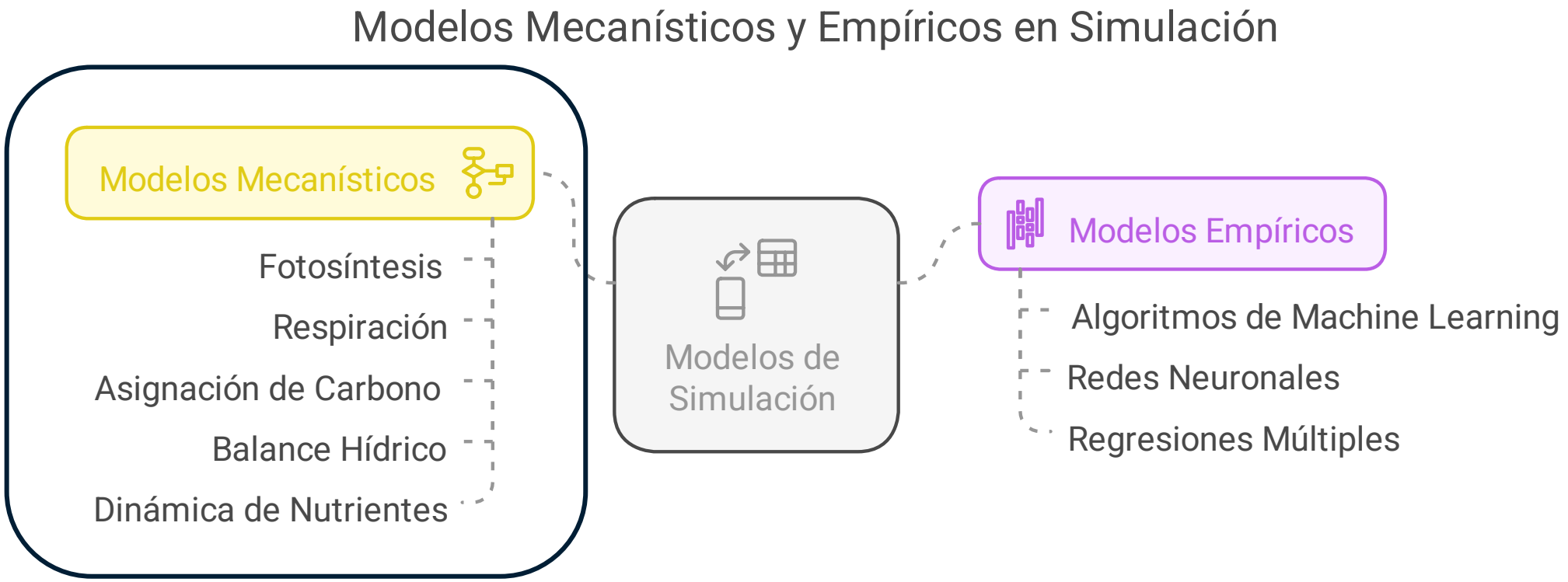
Article history:
Received 24 September 2013
Received in revised form 23 July 2014
Accepted 23 July 2014

Keywords:
Tree crop modeling
Potential yield map
Indonesia

ABSTRACT

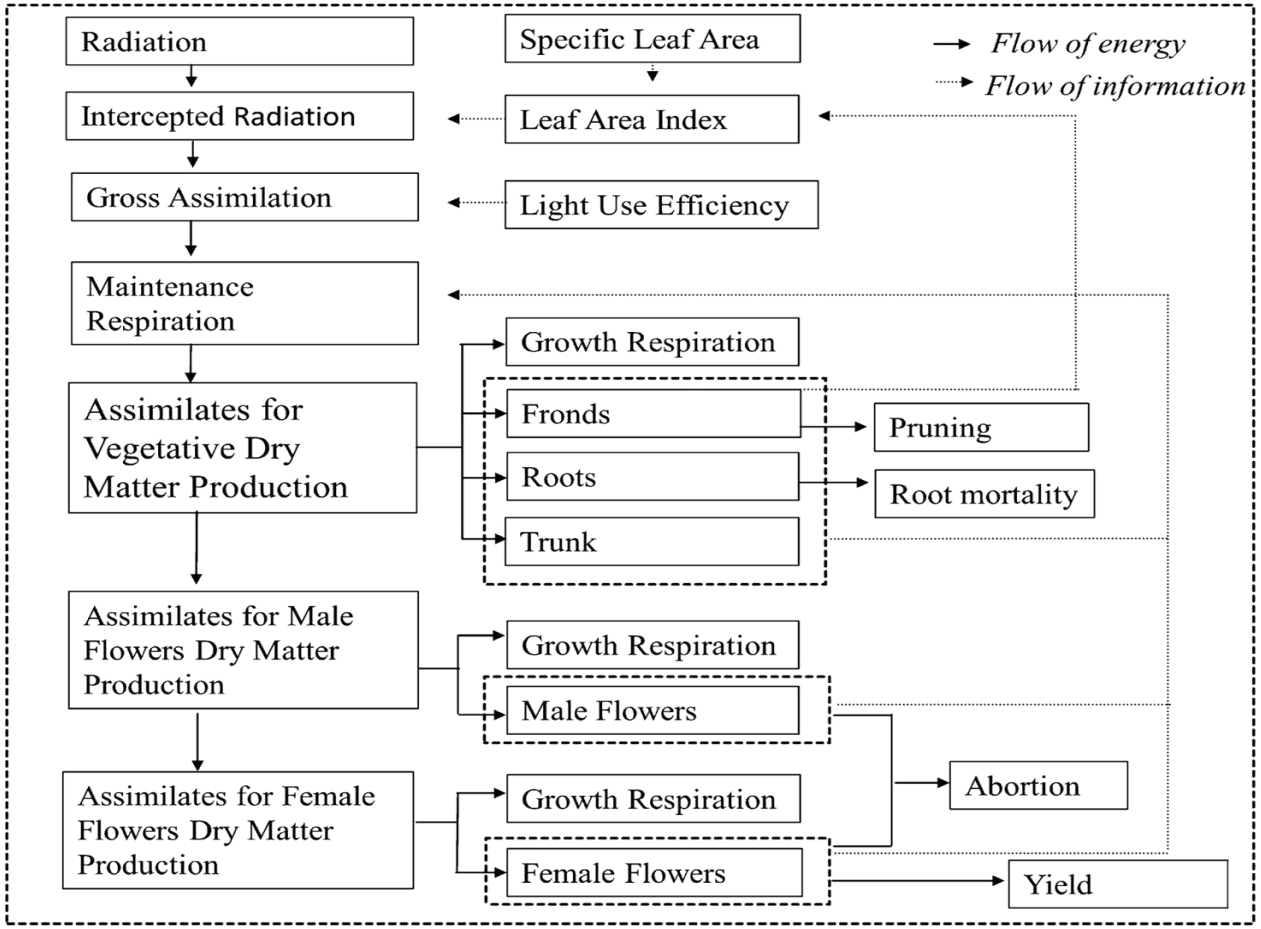
Reducing the gap between water-limited potential yield and actual yield in oil palm production systems through intensification is seen as an important option for sustainably increasing palm oil production. Simulation models can play an important role in quantifying water-limited potential yield, and therefore the scope for intensification, but no oil palm model exists that is both simple enough and at the same time incorporates sufficient plant physiological knowledge to be generally applicable across sites with different growing conditions. The objectives of this study therefore were to develop a model (PALMSIM) that simulates, on a monthly time step, the potential growth of oil palm as determined by solar radiation and to evaluate model performance against measured oil palm yields under optimal water and nutrient management for a range of sites across Indonesia and Malaysia. The maximum observed yield in the field matches the corresponding simulated yield for dry bunch weight with a RMSE of 1.7 Mg ha^{-1} year^{-1}

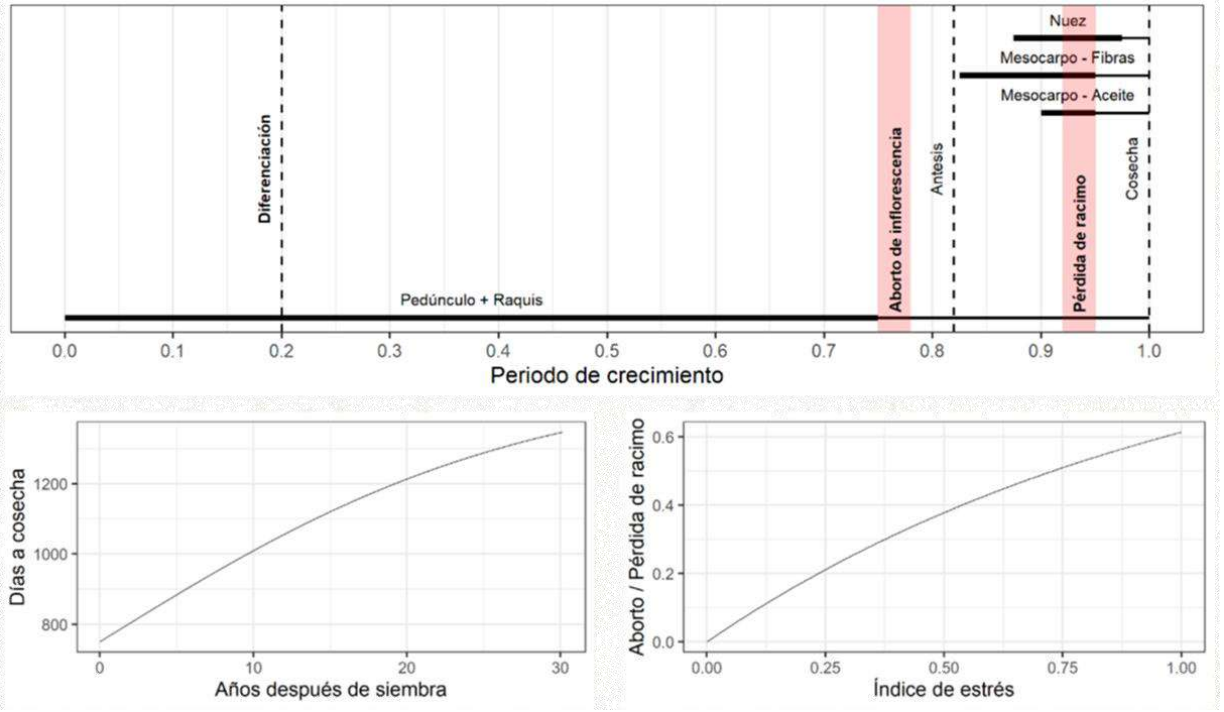
Qué es PALMSIM?



Los modelos mecanísticos como PALMSIM se fundamentan en representaciones matemáticas de los procesos fisiológicos, biofísicos y bioquímicos que ocurren en el sistema planta-suelo-atmósfera.

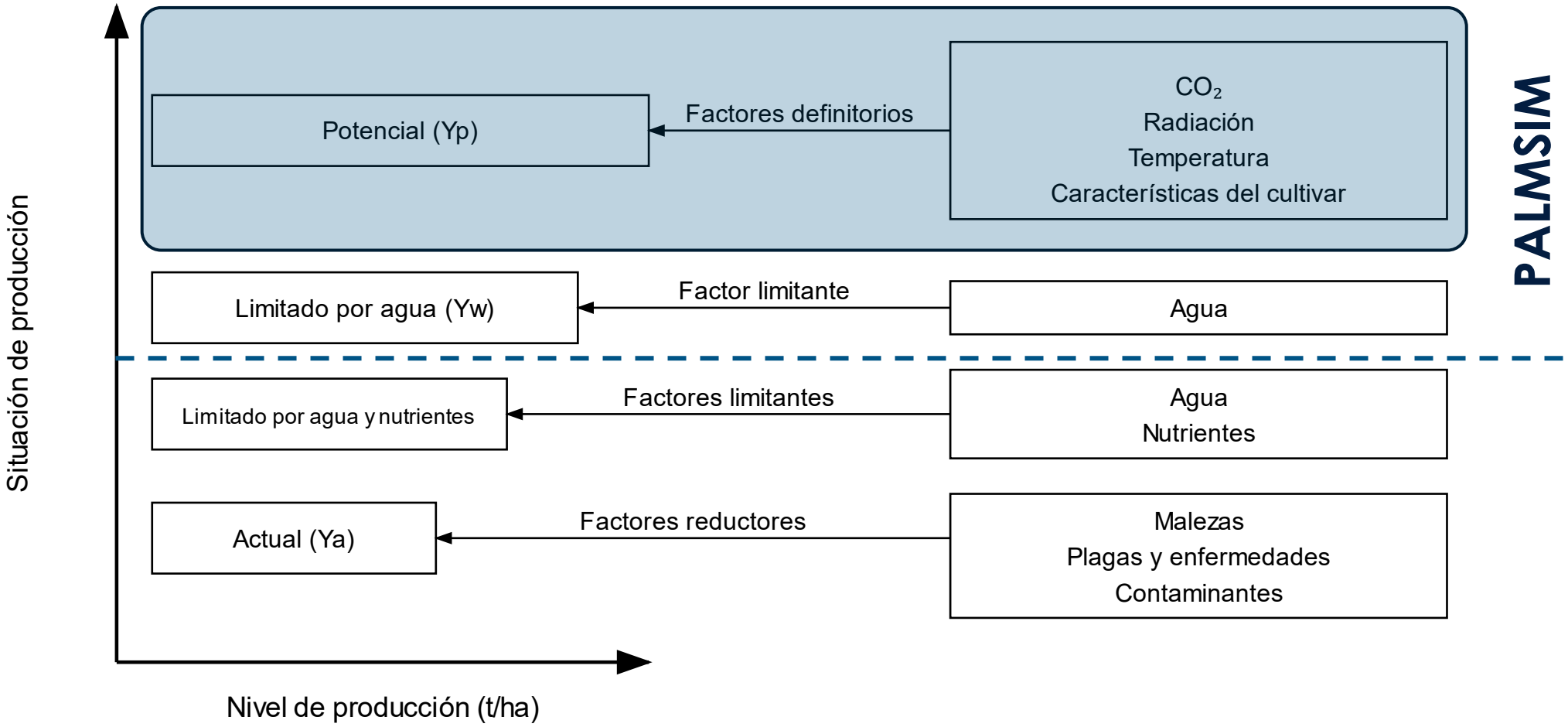
Qué es PALMSIM?





Hoffman et al. (2014)

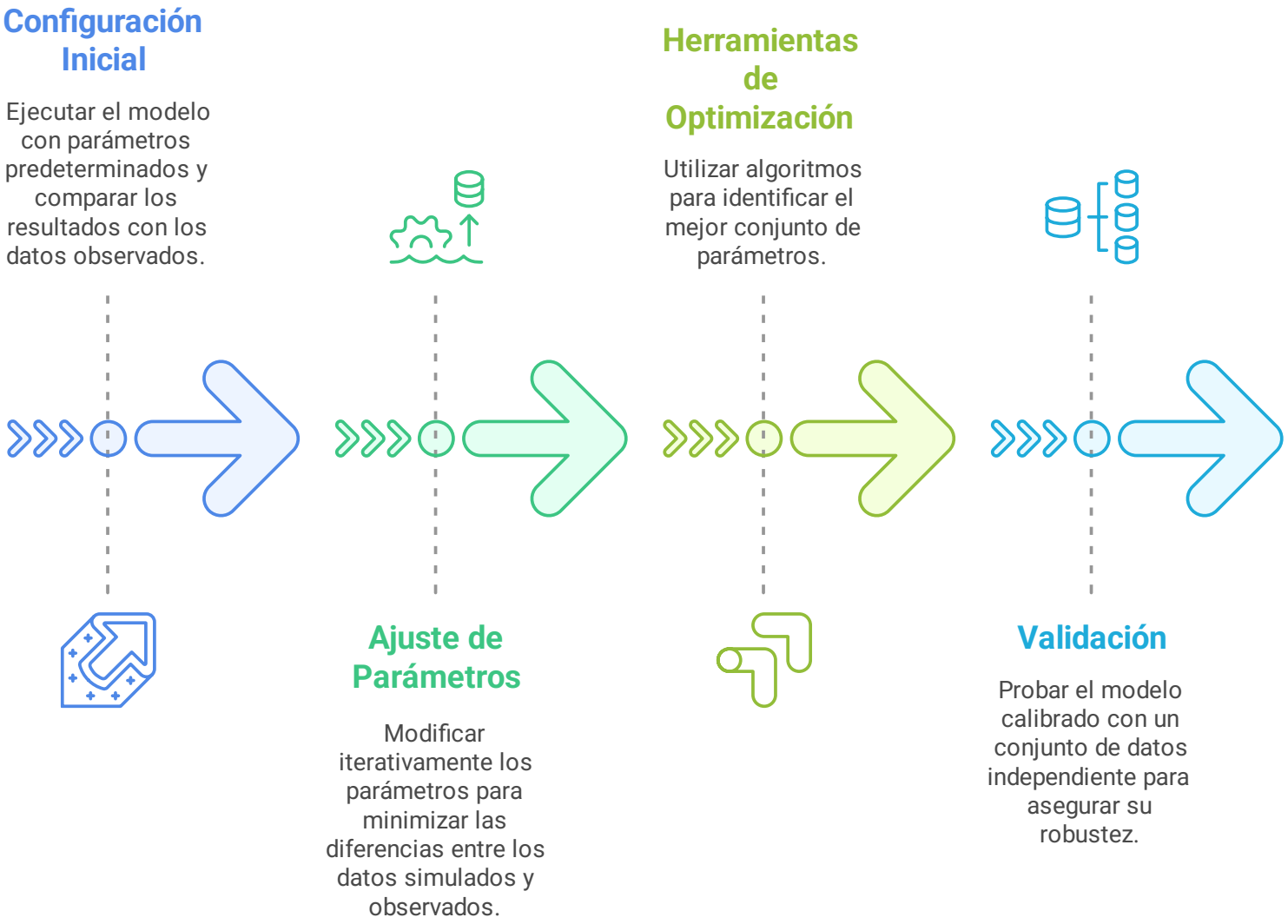
Alcance actual



El Proceso de Calibración

La calibración de un modelo de simulación del crecimiento de cultivos implica el ajuste de los parámetros del modelo para asegurar que los resultados simulados coincidan estrechamente con los datos observados en campo.

Este proceso es fundamental para mejorar la precisión y confiabilidad del modelo en la predicción del crecimiento del cultivo, el rendimiento y otras variables agronómicas bajo diversas condiciones ambientales y de manejo.



El Proceso de Calibración

Calibración del Modelo

- **Muestreos Destructivos**
  - Biomasa por Órgano
  - Índice de Área Foliar
  - Dinámica de Crecimiento
- **Datos de Rendimiento**
  - Rendimiento Final
  - Peso de Frutos
- **Datos Climáticos**
  - Temperatura
  - Radiación Solar
  - Humedad Relativa
- **Datos del Suelo**
  - Textura del Suelo
  - Densidad Aparente
  - Conductividad Hidráulica
- **Datos del Cultivo**
  - Fecha de Siembra
  - Variedad Utilizada
  - Densidad de Siembra
- **Manejo Agronómico**
  - Fertilización
  - Riego
  - Control de Malezas

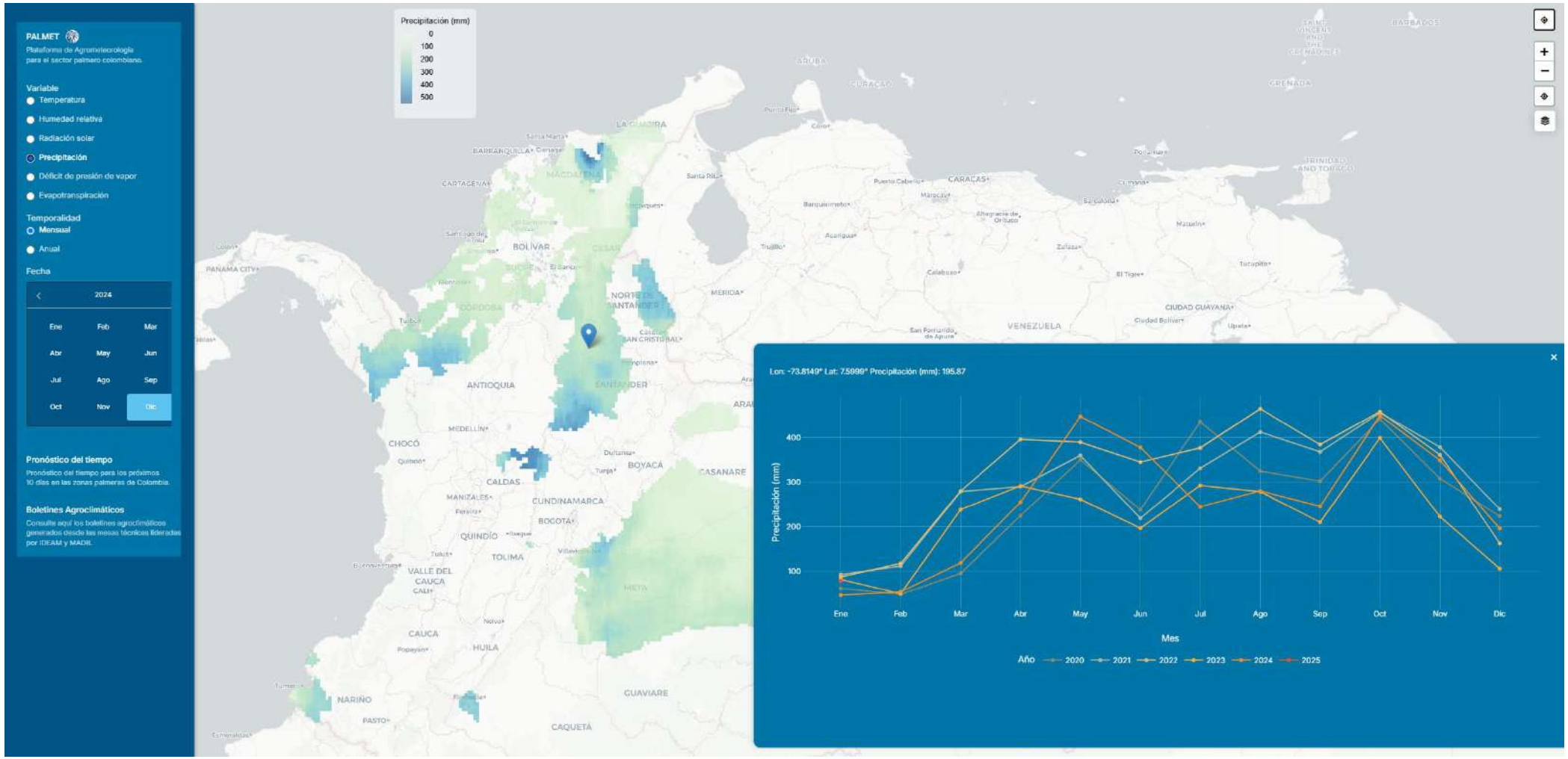
2

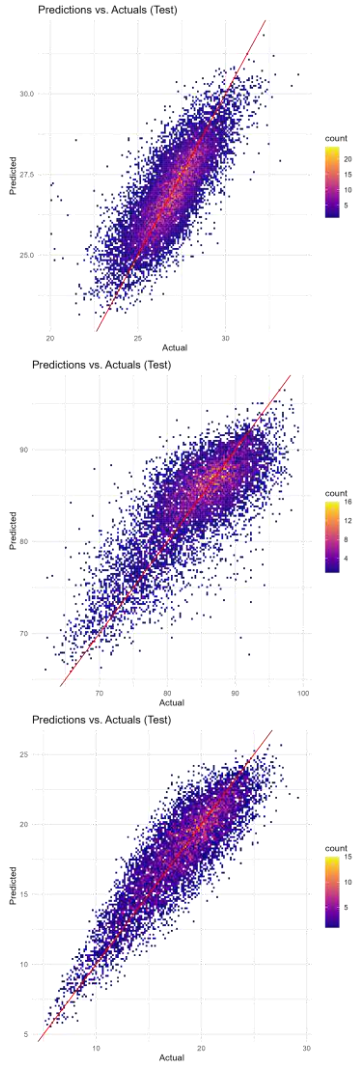
Fuentes de información

cenipalma

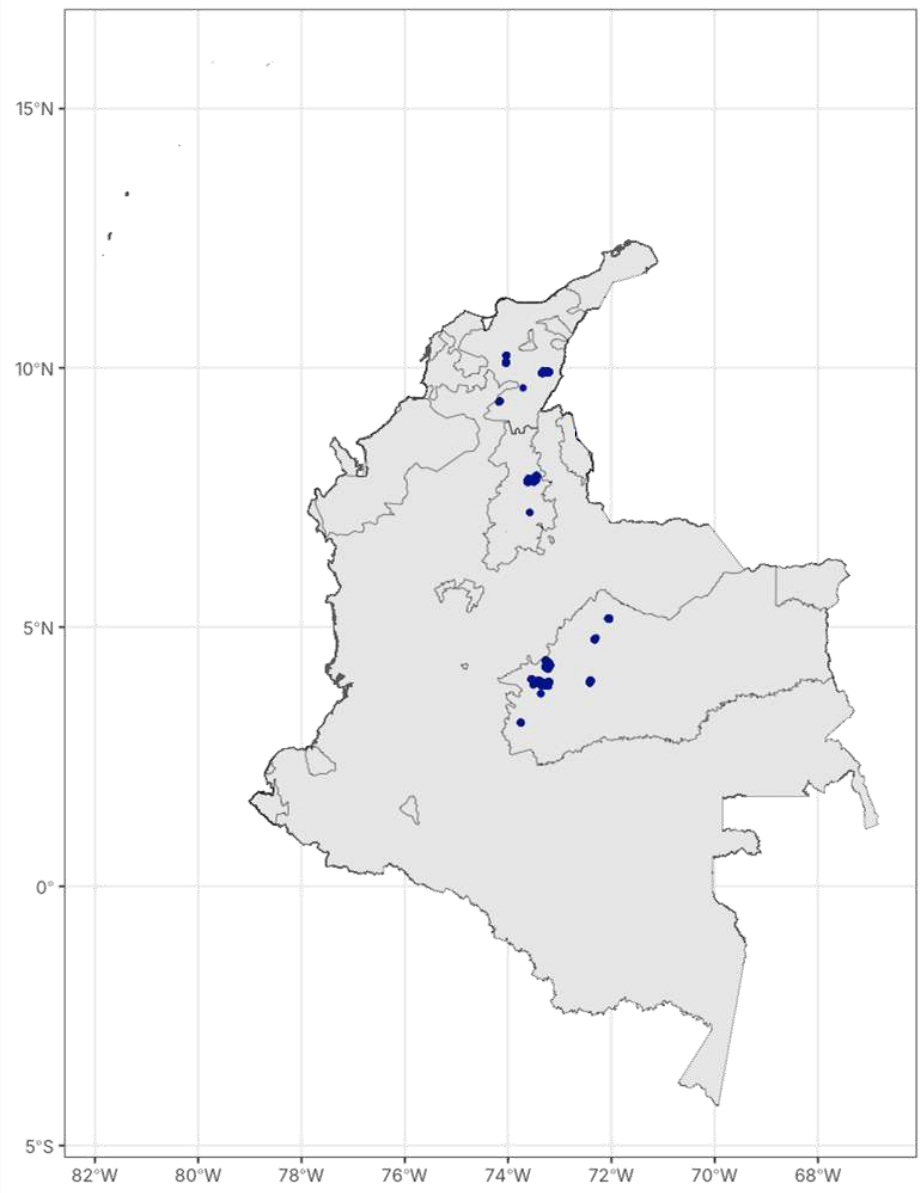
Datos históricos de clima

Plataforma con información meteorológica para las zonas palmeras de Colombia con resolución temporal diaria desde 1984 hasta la actualidad, con una resolución espacial de ~5.5 km, basada en productos de reanálisis (datos meteorológicos generados mediante la combinación de sensores en tierra, sensores remotos y modelos climáticos) corregidos localmente.

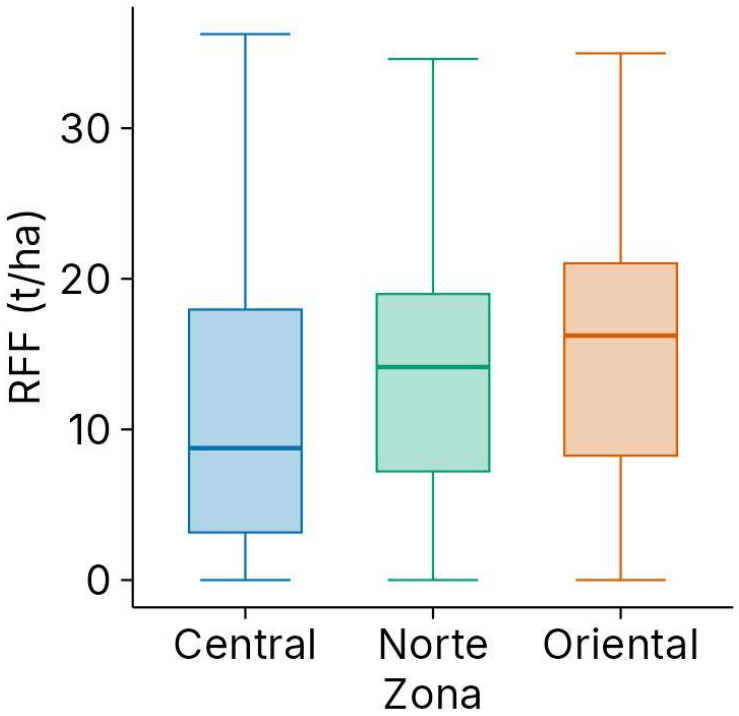




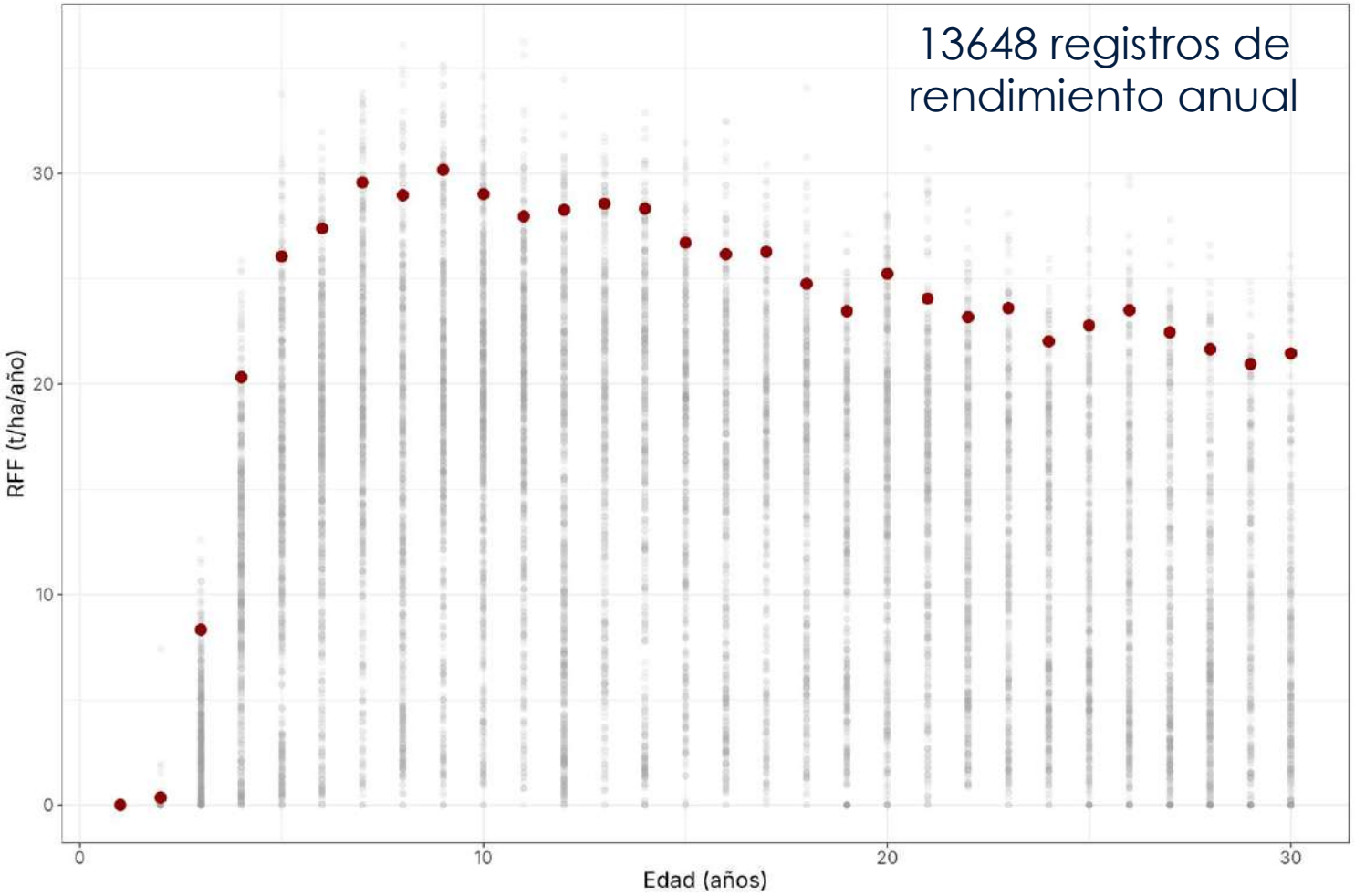
Datos históricos de producción



- Plantaciones: 25
- Lotes: 753
- Rango de años de siembra: 1963 a 2013
- Rango de años de cosecha: 1985 a 2019
- Rango de edad en años: 0 a 49



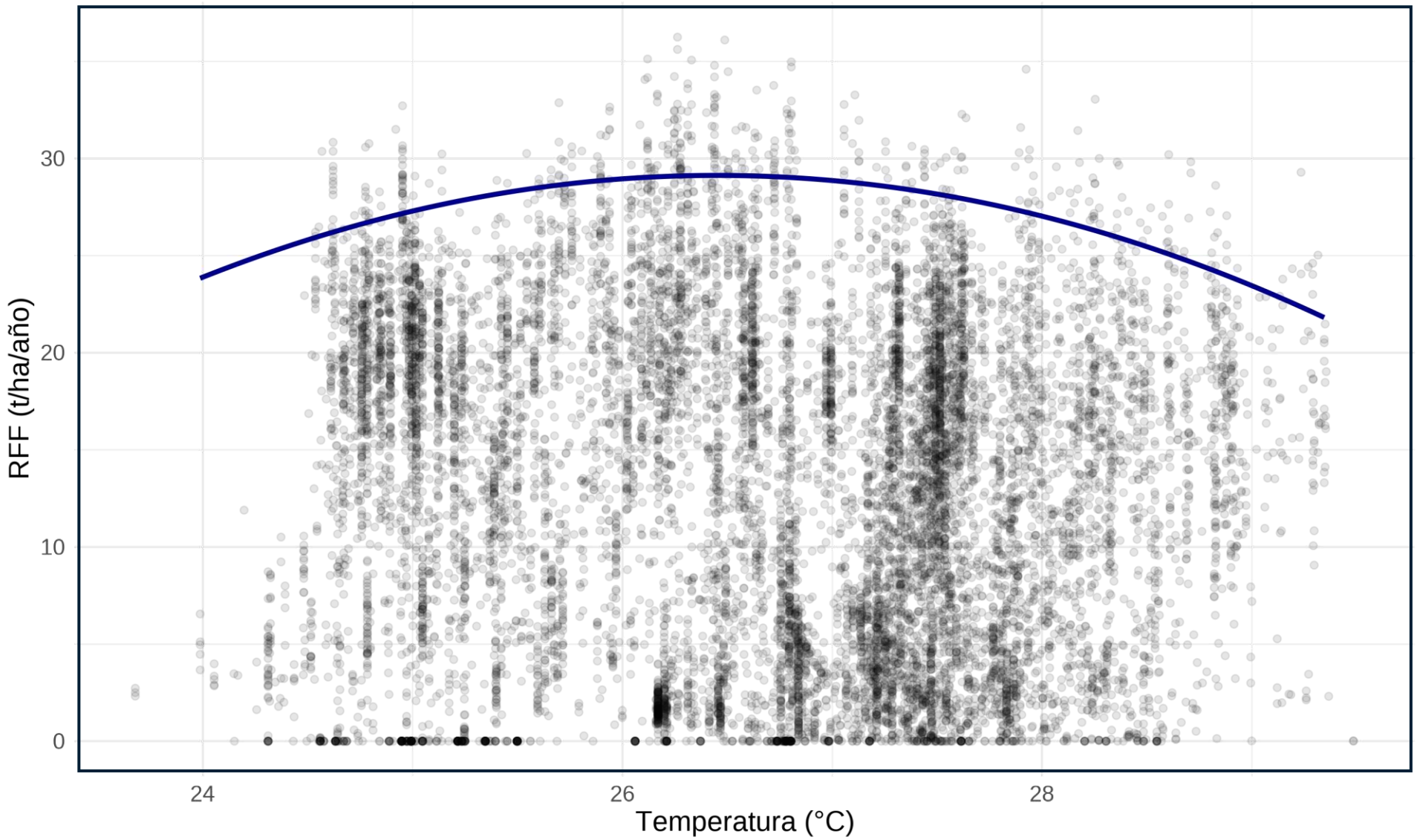
Rendimiento potencial de palma de aceite (*E. guineensis*) en función de la edad



Rápido incremento inicial hasta alcanzar un máximo de 30 t/ha/año alrededor de los10 años, seguido de un declive gradual en edades avanzadas

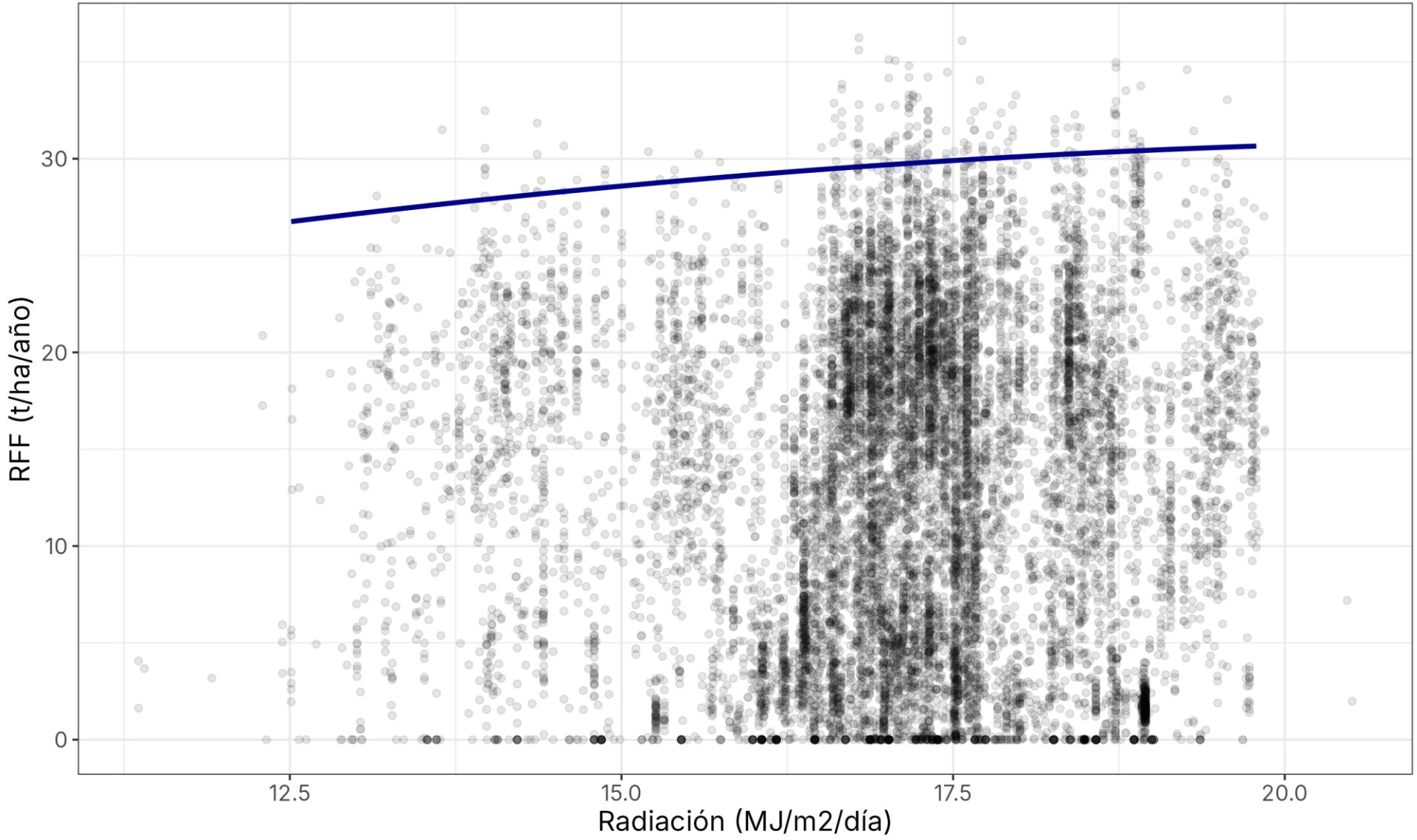
Análisis de línea límite

Impacto de la temperatura sobre el rendimiento



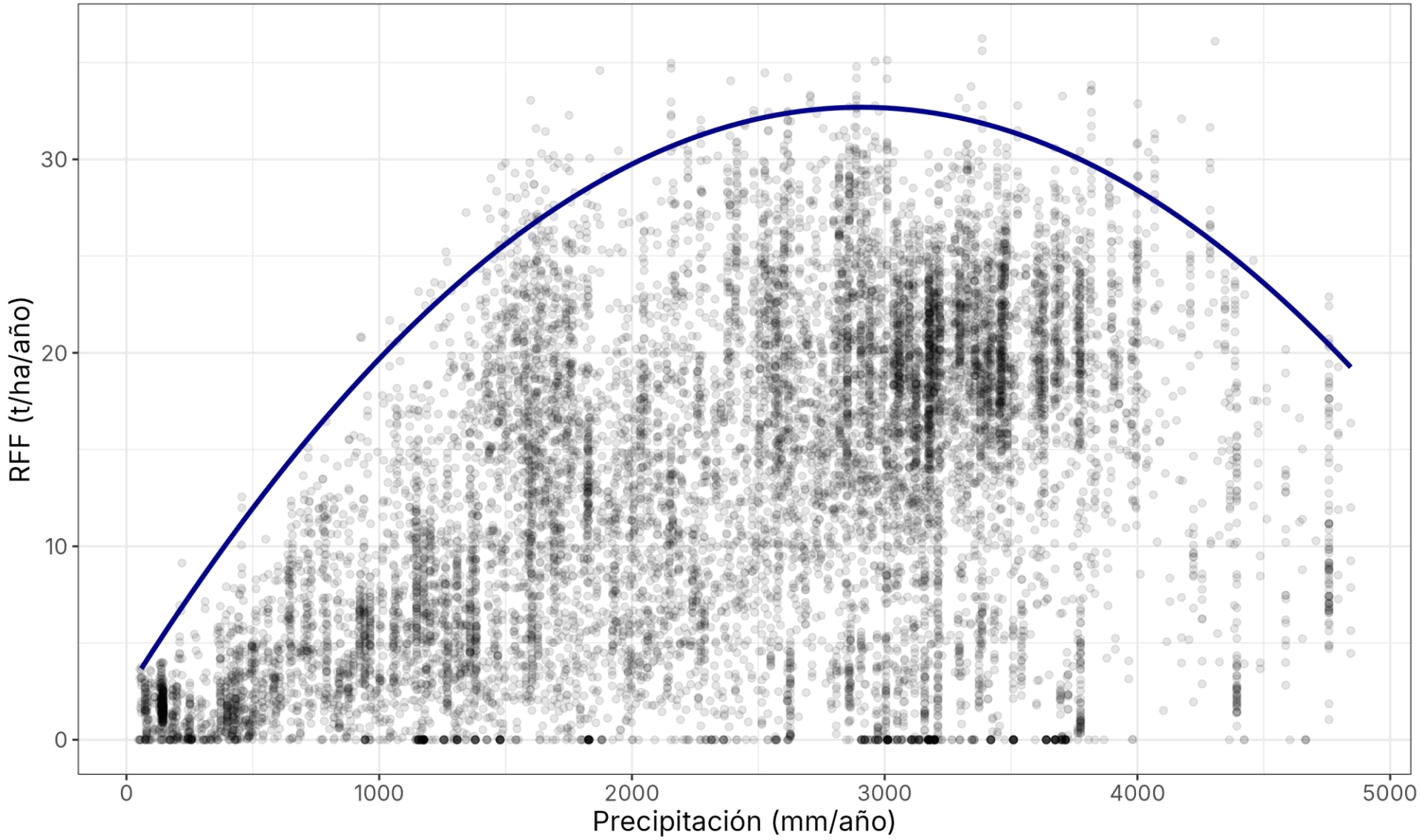
Análisis de línea límite

Impacto de la radiación solar sobre el rendimiento

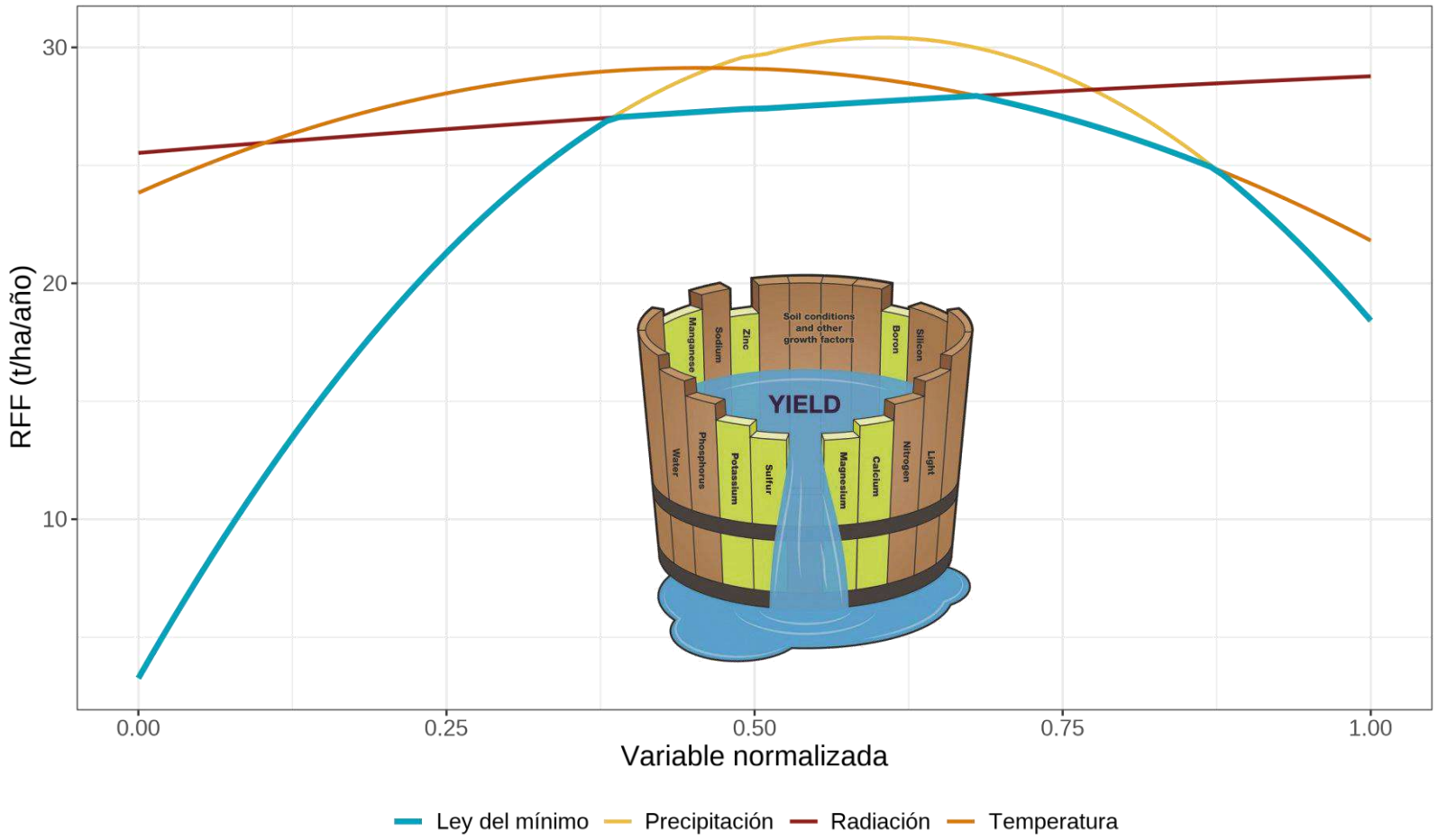


Análisis de línea límite

Impacto de la precipitación sobre el rendimiento

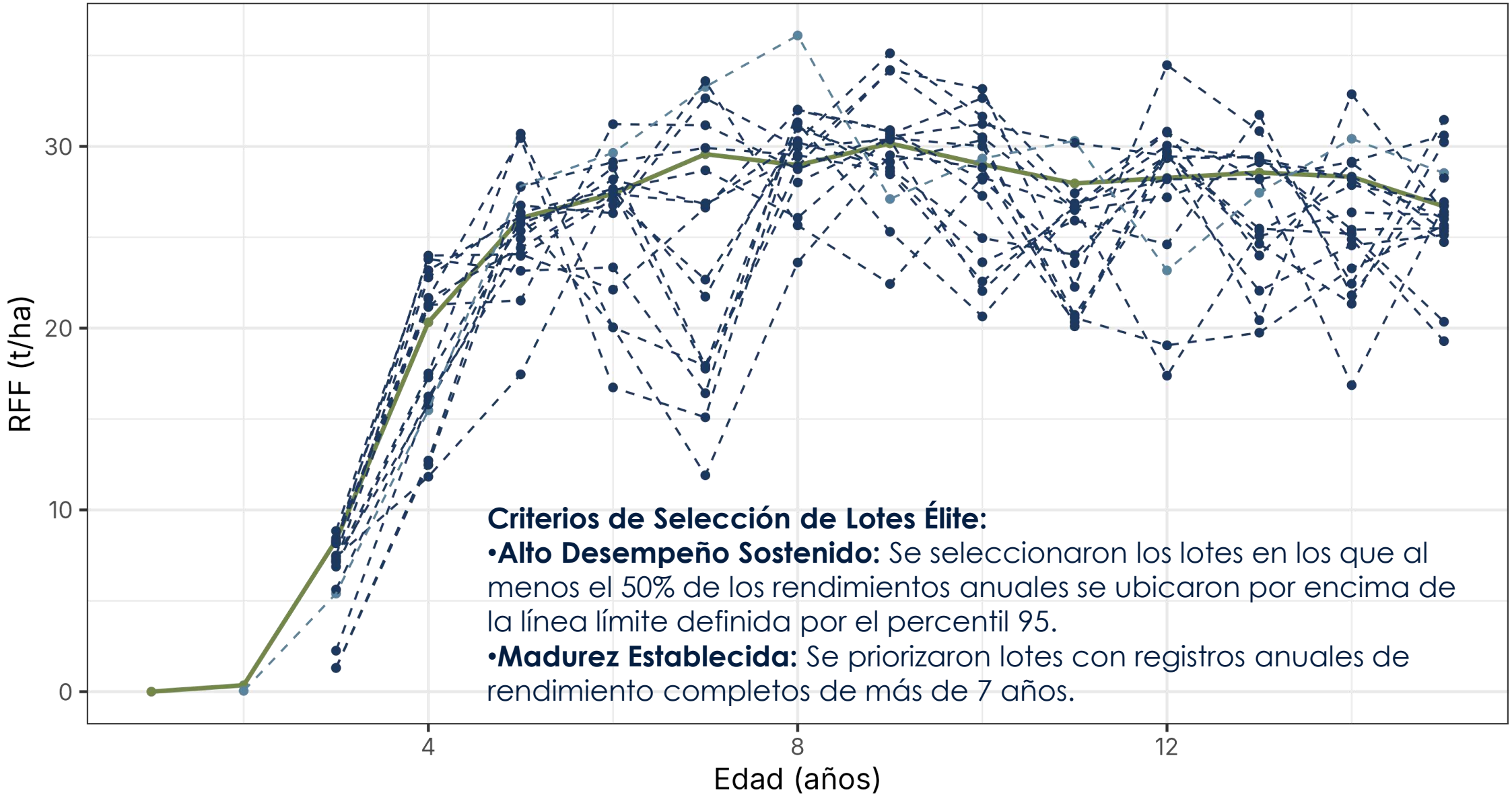


Análisis de línea límite
Ley del mínimo



El rendimiento del cultivo está controlado por el factor disponible en menor cantidad en relación con las necesidades del cultivo. Si uno de los factores no es óptimo, el rendimiento no podrá aumentar, aunque otros factores estén en niveles adecuados.

Lotes élite seleccionados



Criterios de Selección de Lotes Élite:

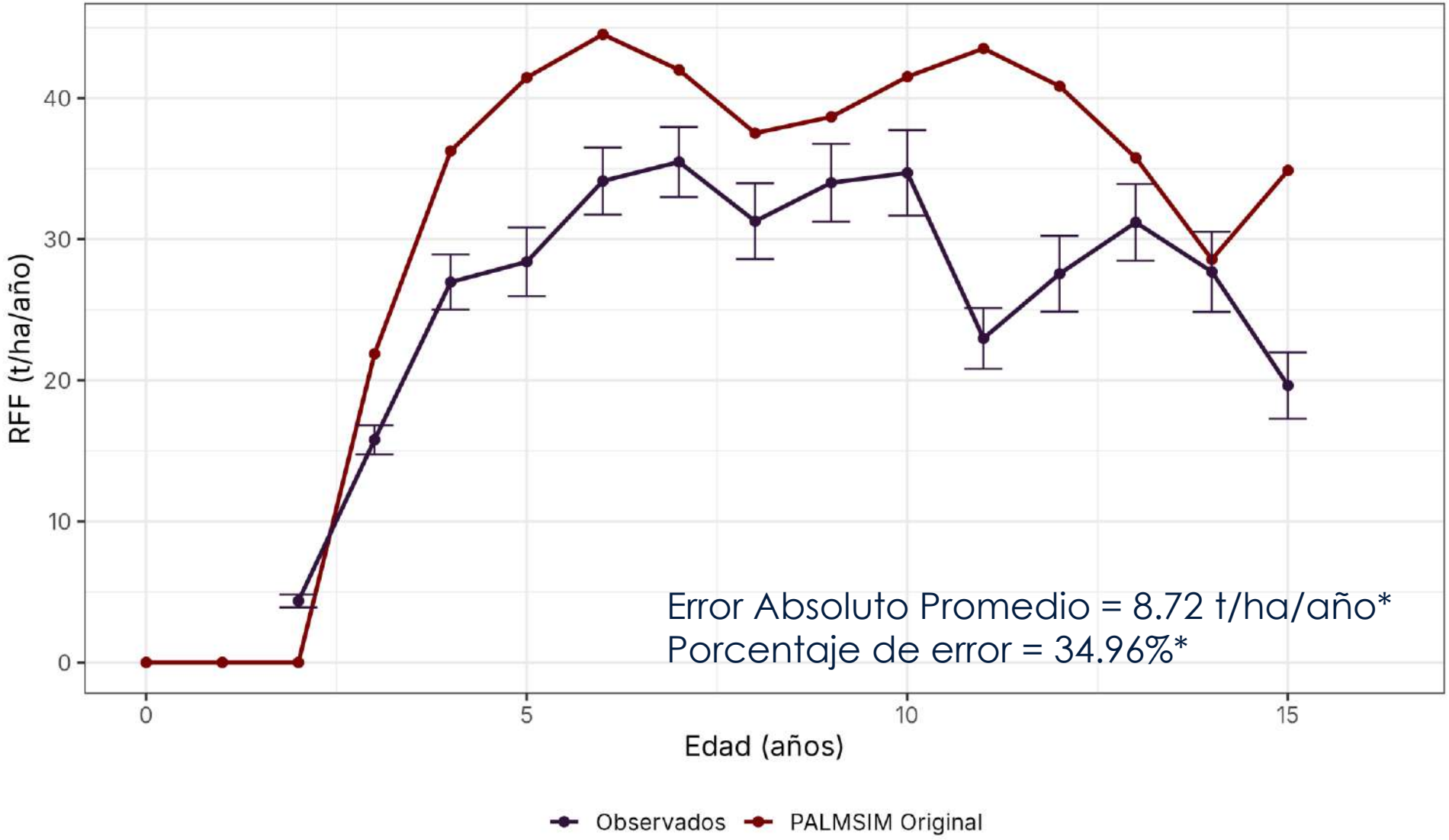
•**Alto Desempeño Sostenido:** Se seleccionaron los lotes en los que al menos el 50% de los rendimientos anuales se ubicaron por encima de la línea límite definida por el percentil 95.

•**Madurez Establecida:** Se priorizaron lotes con registros anuales de rendimiento completos de más de 7 años.

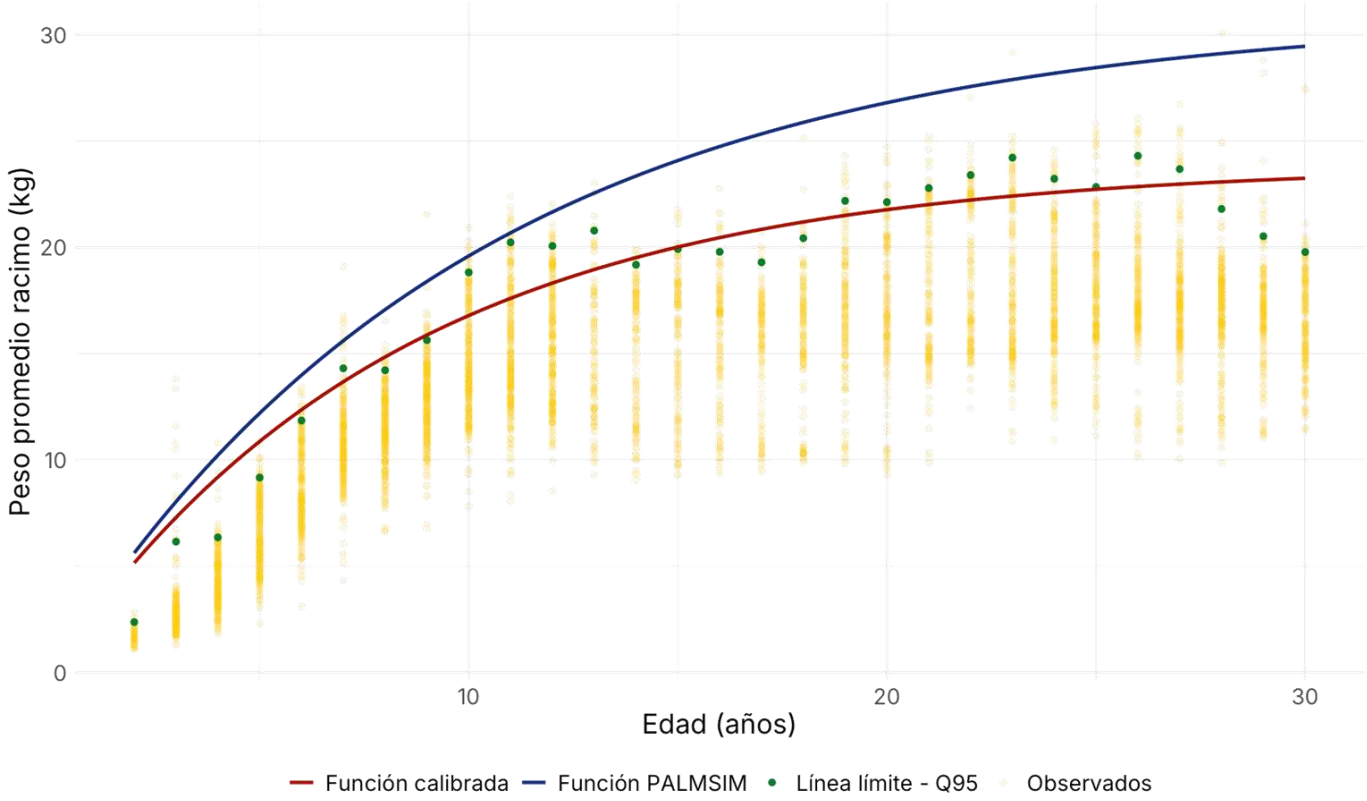
3
Resultados

cenipalma

Punto de Partida



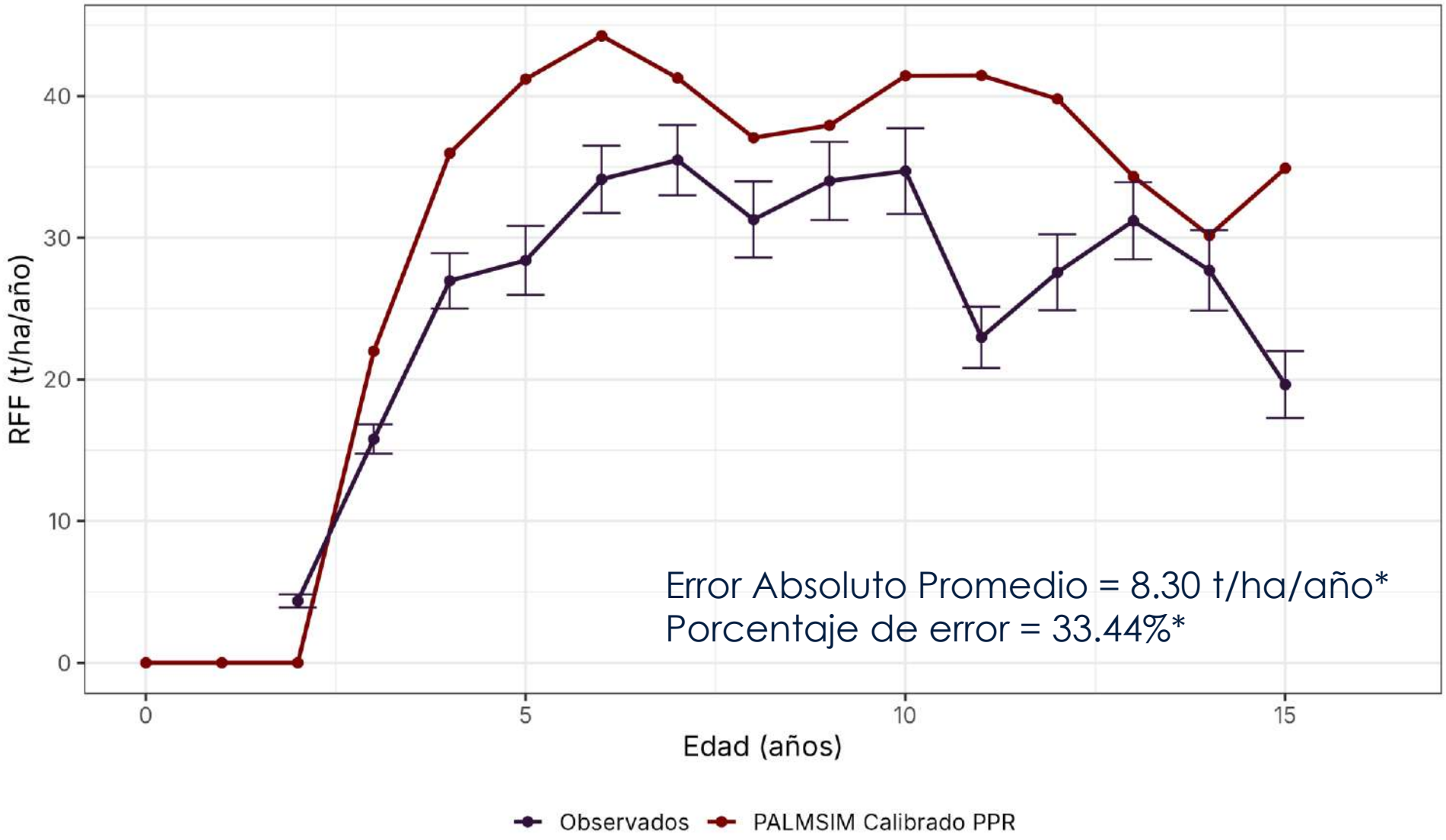
Peso Potencial del Racimo



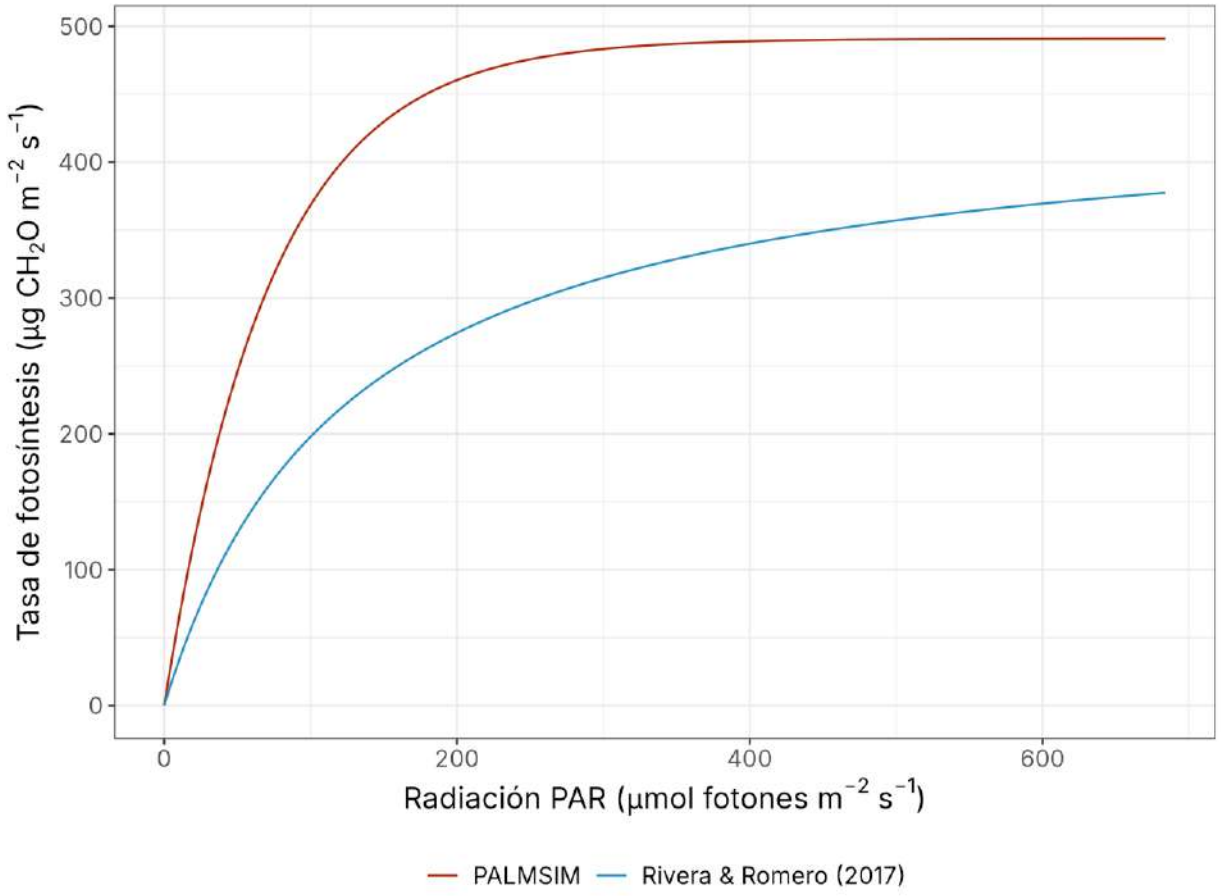
- La función calibrada localmente presenta una mayor capacidad para capturar la variabilidad local del peso potencial de los racimos.

- La función original sobreestima consistentemente los valores máximos observados, mientras que la calibración local se aproxima mejor a estos extremos, reflejando una mayor sensibilidad a las condiciones locales.

Resultado Intermedio



Modelo de Fotosíntesis Foliar



- El modelo de Rivera & Romero (2017) presenta valores de tasa de fotosíntesis más conservadores bajo alta intensidad de radiación en comparación con el modelo original de PALMSIM.

- El modelo de PALMSIM alcanza la saturación fotosintética más rápidamente y con tasas más altas, lo que sobreestima la productividad fotosintética en escenarios con alta radiación, mientras que el modelo local refleja una respuesta más gradual y limitada.

Modelo de Fotosíntesis Foliar

Modelo	Goudriaan, J. and van Laar, H.H. (1994) $$A = Fm \times \left(1 - \exp\left(-Eff \times \frac{PAR}{Fm}\right)\right)$$	Rivera & Romero (2017) $$A = \frac{A_{max} \times PAR}{K + PAR}$$
Tipo	Exponencial negativo	Hipérbola rectangular Michaelis-Menten
Parámetros	• Asíntota de la tasa de fotosíntesis (Fm): 720 µg CO_2 m^{-2} s^{-1} • Eficiencia inicial en el uso de la radiación (Eff): 10 µg CO_2 J^{-1}	• Tasa máxima de fotosíntesis (A_{max}): 14.9 µmol m^{-2} s^{-1} CO_2 • Constante de saturación lumínica (K): 579 µmol m^{-2} s^{-1} fotones
Calibración		
Año	1988 (Año de la publicación)	2017 (año de la publicación)
Ubicación	Dami, Papua Nueva Guinea	Barrancabermeja, Colombia
Cultivar(es)	6 progenies de *E. guineensis* Dami	*E. guineensis*
No. de palmas	30 por progenie	9
Edad (años)	2	--
Hoja muestreada	9	17

Modelo de Fotosíntesis Foliar

PHOTOSYNTHETICA 44 (2): 309-311, 2006

BRIEF COMMUNICATION

Variations in photosynthetic rate and associated parameters with age of oil palm leaves under irrigation

K. SURESH and C. NAGAMANI

National Research Centre for Oil Palm, Pedavegi – 534 450, Andhra Pradesh, India

Abstract

Net photosynthetic rate (P_N), transpiration rate (E), and stomatal conductance (g_s) in an adult oil palm (*Elaeis guineensis*) canopy were highest in the 9th leaf and progressively declined with leaf age. Larger leaf area (LA) and leaf dry mass (LDM) were recorded in middle leaves. P_N showed a significant positive correlation with g_s and a negative relationship with leaf mass per area (ALM). The oil palm leaf remains photosynthetically active for a longer time in the canopy which contributes significantly to larger dry matter production in general and greater fresh fruit bunch yields in particular.

Additional key words: area leaf mas

Oil palm (*Elaeis guineensis*) ha
as an irrigated crop in sever
country. The growth of the cro

Functional Ecology 1993
7, 97–104

Gas exchange of oil palm in relation to light, vapour pressure deficit, temperature and leaf age

E. DUFRENE and B. SAUGIER

Laboratoire d'Ecologie Végétale, Université Paris-Sud, Bt 362, 91405 ORSAY Cedex, France

Summary

1. Gas exchange in leaves of oil palm (*Elaeis guineensis*) was measured in the field over a range of photon fluxes, leaf temperatures and leaf–air vapour pressure differences (VPD).

2. There were no differences in leaflet photosynthesis within one frond, but a reduction depending on frond age. For fronds of the same age, between-tree variation was low.

3. The light saturated rate of net CO_2 assimilation was 20 μmol m^{-2} s^{-1} when photosynthetically active radiation (PAR) exceeded 1100 μmol m^{-2} s^{-1}. Apparent quantum yield averaged 0·051 mol mol^{-1}. When leaf temperature increased from 30°C to 38°C, net CO_2 uptake showed no variation as transpiration rate and stomatal conductance increased slightly. A small increase in VPD induced rapid stomatal closure and consequently a reduction in the transpiration rate. A VPD greater than 1·8 kPa was required before photosynthesis was reduced via stomatal closure in the case of plants growing in a soil with adequate water supply.

Key-words: In situ measurement, photosynthesis, stomatal conductance, transpiration

Functional Ecology (1993) **7**, 97–104

Scientia Horticulturae 214 (2017) 34–40

Contents lists available at ScienceDirect

Scientia Horticulturae

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scihorti

Photosynthesis of Oil Palm (*Elaeis guineensis*)

Kingkaew Apichatmeta[a], Chadapust J. Sudsiri[b], Raymond J. Ritchie[c,*]

[a] Faculty of Technology and Environment, Prince of Songkla University – Phuket, Kathu, Phuket 83120, Thailand
[b] Faculty of Sciences and Industrial Technology, Prince of Songkla University-Surat-Thani Campus, Muang District, Surat-Thani Province, 84100, Thailand
[c] Tropical Plant Biology Unit, Faculty of Technology and Environment, Prince of Songkla University – Phuket, Kathu, Phuket 83120, Thailand

ARTICLE INFO

Article history:
Received 18 August 2016
Received in revised form
er 2016

AB

Oil P
mati
mont
Fluor
Abso
(ETR
tosys
The r
equiv
Chl *a*

Fitting of photosynthetic response curves to photosynthetically active radiation in oil palm

Ajuste de las curvas de respuesta fotosintética a la radiación fotosintéticamente activa en palma de aceite

Yurany Dayanna Rivera-Méndez[1] and Hernán Mauricio Romero[1,2*]

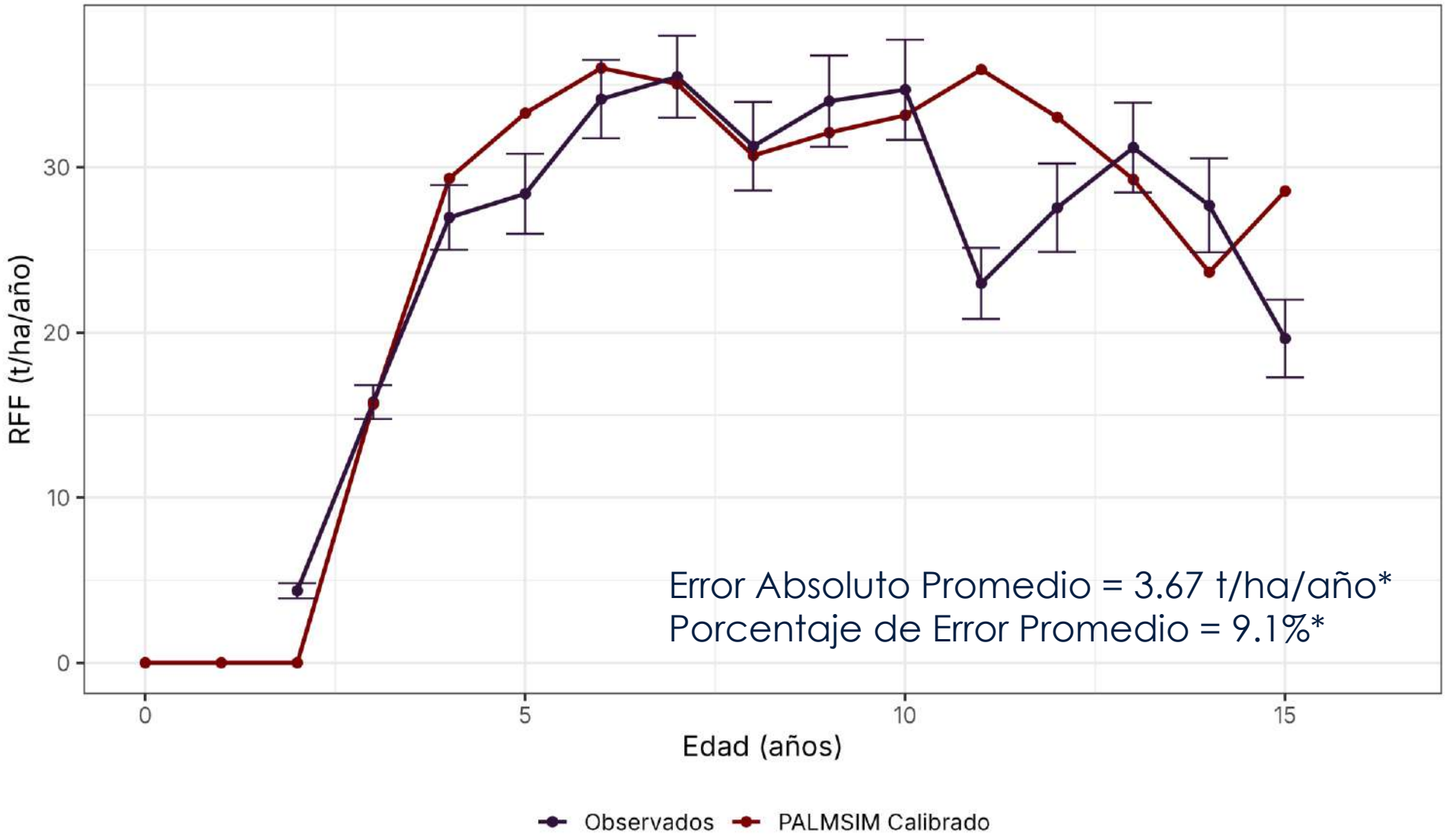
ABSTRACT

Light saturation curves represent the response of the net photosynthetic rate to the photosynthetically active radiation. These curves were obtained from individual leaves of oil palm genotypes (*Elaeis guineensis*, *E. oleifera* and the O×G interspecific hybrid) without any type of biotic or abiotic stress, fitting three nonlinear models: the rectangular hyperbolic model (Michaelis-Menten), the non-rectangular hyperbolic model (Prioul and Chartier) and the exponential model (Mitscherlich). The research was conducted at Barrancabermeja (Santander, Colombia) with the aim to compare the adaptations of these models and to identify the most suitable model for the crop. The rectangular hyperbolic model was qualitatively and quantitatively the most appropriate to describe the oil palm response under different conditions, in terms of the coefficient of determination (R^2_a), the mean squared error (MSE) and the standard error (SE); therefore, using this model, the photosynthetic parameters showed higher and more realistic correlation (r) with the measured values. The non-rectangular

RESUMEN

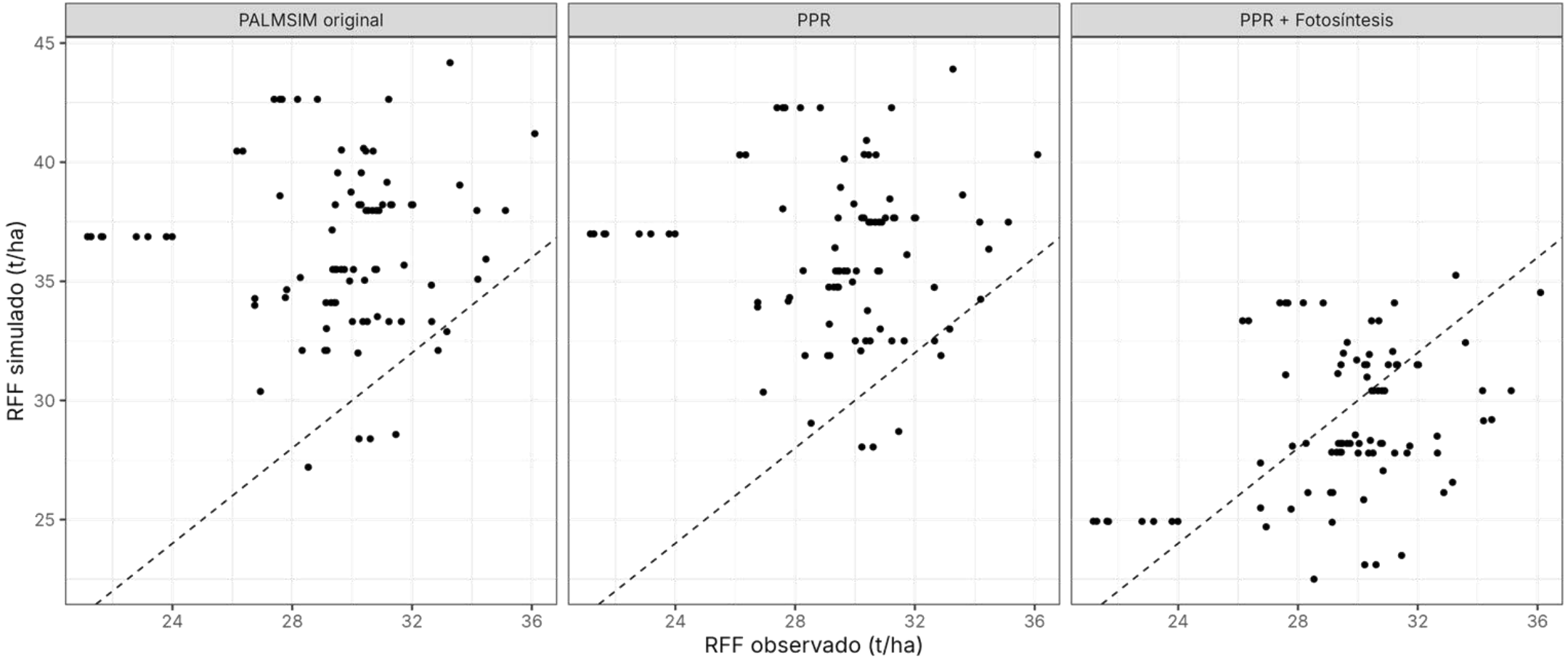
Las curvas de saturación de luz representan la respuesta de la tasa de fotosíntesis neta a la radiación fotosintéticamente activa. Éstas se obtuvieron a partir de hojas individuales de genotipos de palma de aceite (*Elaeis guineensis*, *E. oleifera* y el híbrido interespecífico O×G) sin ningún tipo de estrés biótico o abiótico, y fueron utilizadas para ajustar tres modelos no lineales: el hiperbólico rectangular (Michaelis-Menten), el hiperbólico no rectangular (Prioul y Chartier), y el exponencial (Mitscherlich). La investigación se llevó a cabo en Barrancabermeja (Santander, Colombia), y buscó comparar las adecuaciones de cada modelo e identificar el más preciso para el cultivo. La hipérbola rectangular fue cualitativa y cuantitativamente el modelo más adecuado para describir tal respuesta en todas las condiciones de estudio, en términos de coeficiente de determinación ajustado (R^2_a), cuadrado medio del error (CME) y error estándar (EE); y por ello sus parámetros fotosintéticos mostraron una correlación (r) más alta y realista con los valores medidos. El modelo hiperbólico no rectangular fue el menos

Resultado Final

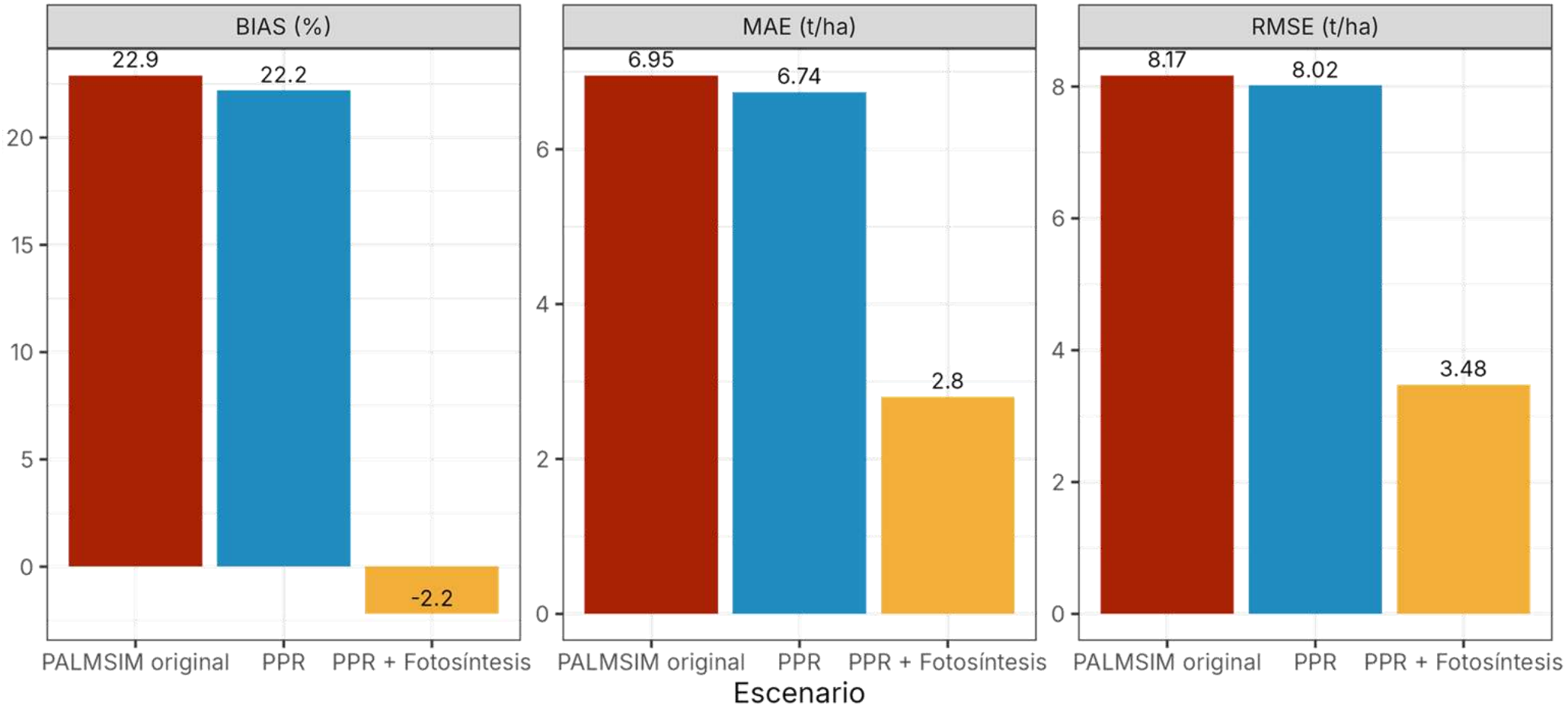


Error Absoluto Promedio = 3.67 t/ha/año*
Porcentaje de Error Promedio = 9.1%*

Métricas de Desempeño

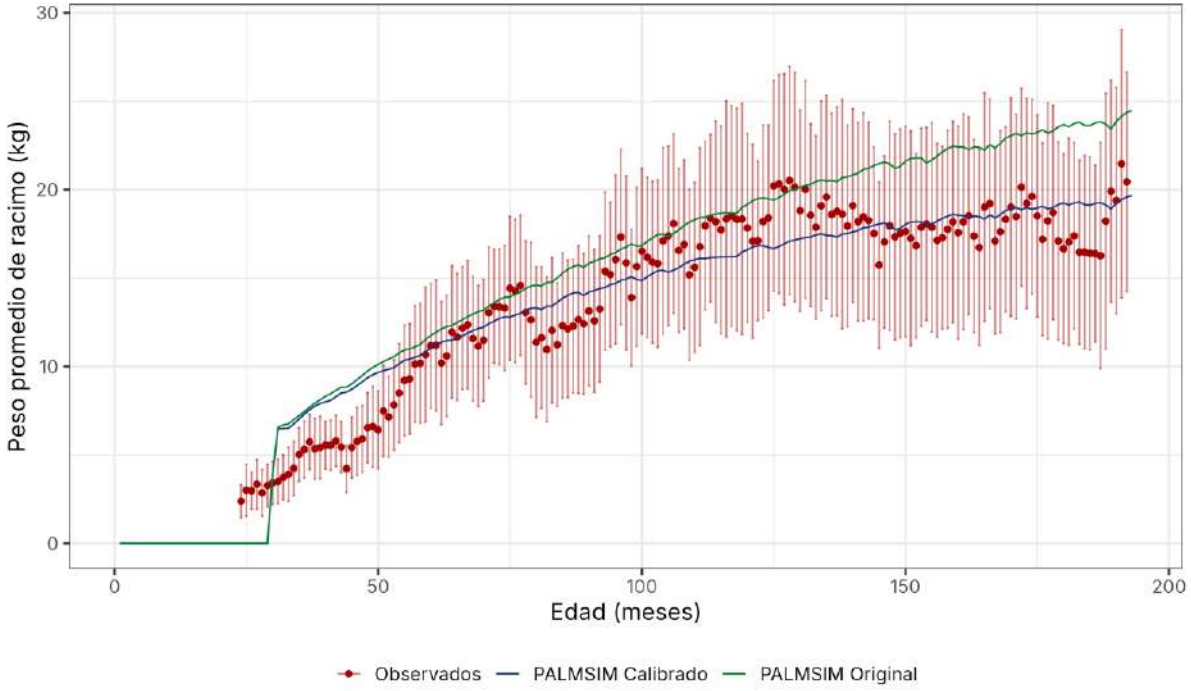


Métricas de Desempeño

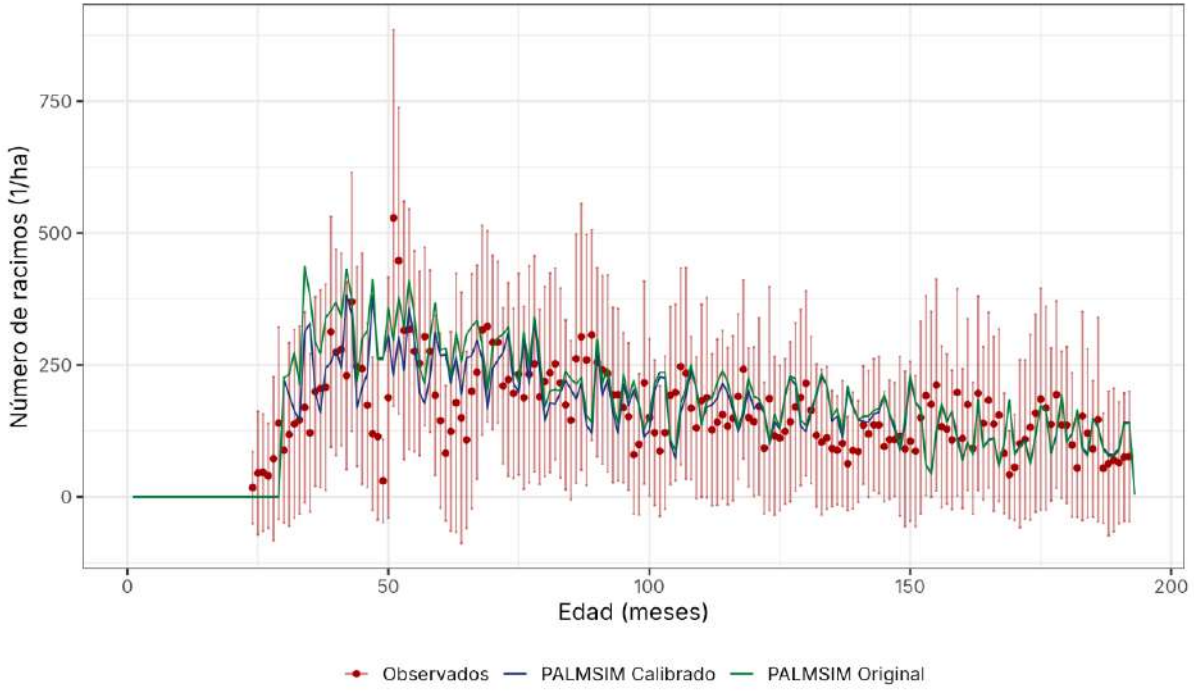


Racimos

Peso Promedio del Racimo



Número de Racimos

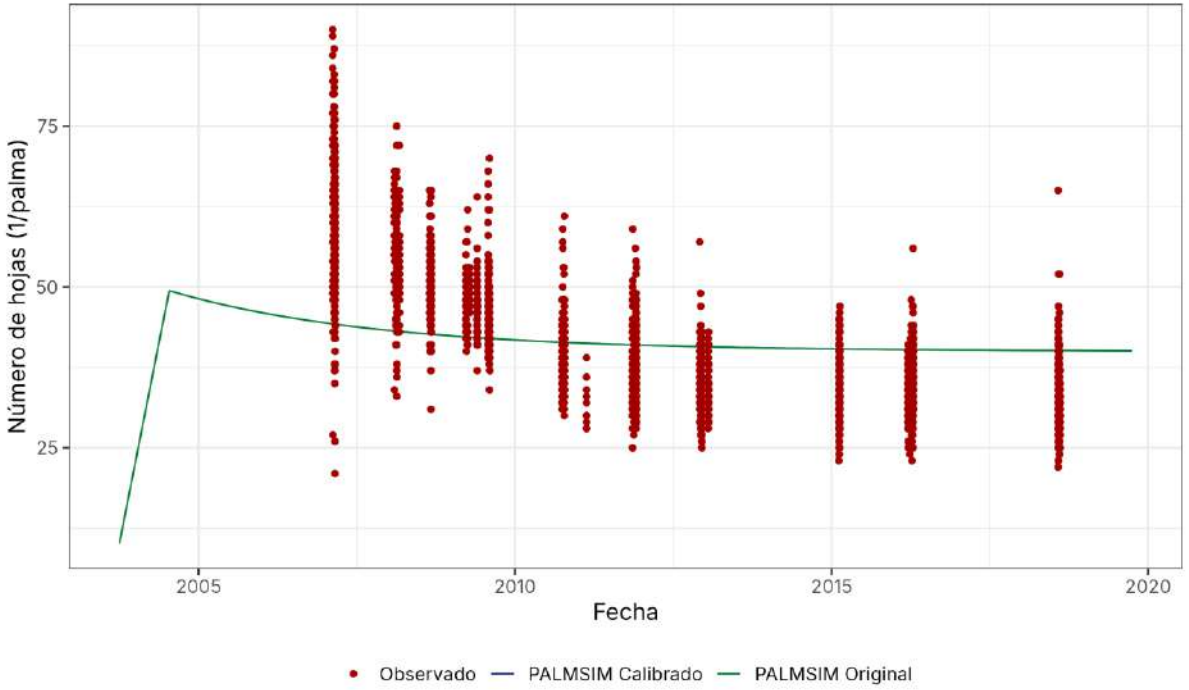


En general, PALMSIM calibrado (azul) se ajusta mejor a los datos observados (rojo) en comparación con PALMSIM inicial (verde), especialmente en variables como el número de racimos, rendimiento y peso promedio del racimo.

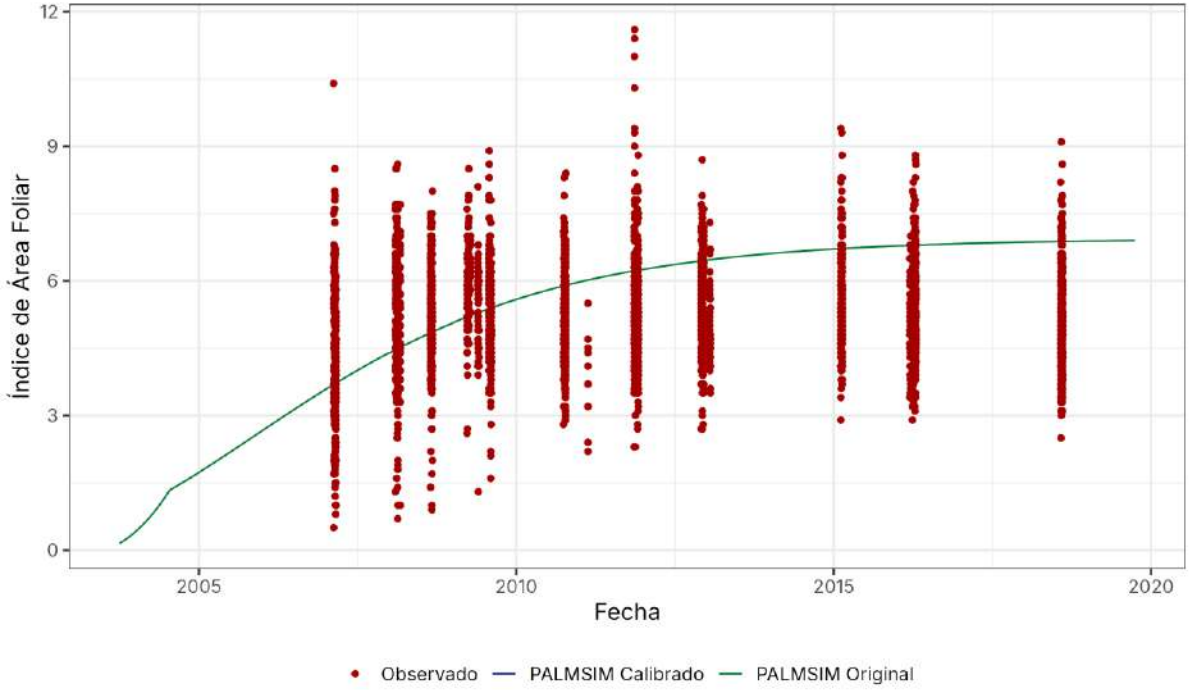
El número de racimos es más variable que el peso medio de los racimos. Los ciclos anuales de rendimiento se deben principalmente a cambios en el número de racimos, al igual que las diferencias entre ambientes (Corley & Tinker, 2016).

Hojas

Número de Hojas



Índice de Área Foliar



A pesar de la alta variabilidad observada en los datos de campo, el modelo PALMSIM captura adecuadamente las tendencias generales.

PALMSIM podría no estar implementando correctamente los mecanismos de retroalimentación entre fotosíntesis y demanda de vertederos, manteniendo fija la partición de asimilados independientemente de la capacidad fotosintética.

4
Conclusiones

cenipalma

Conclusiones

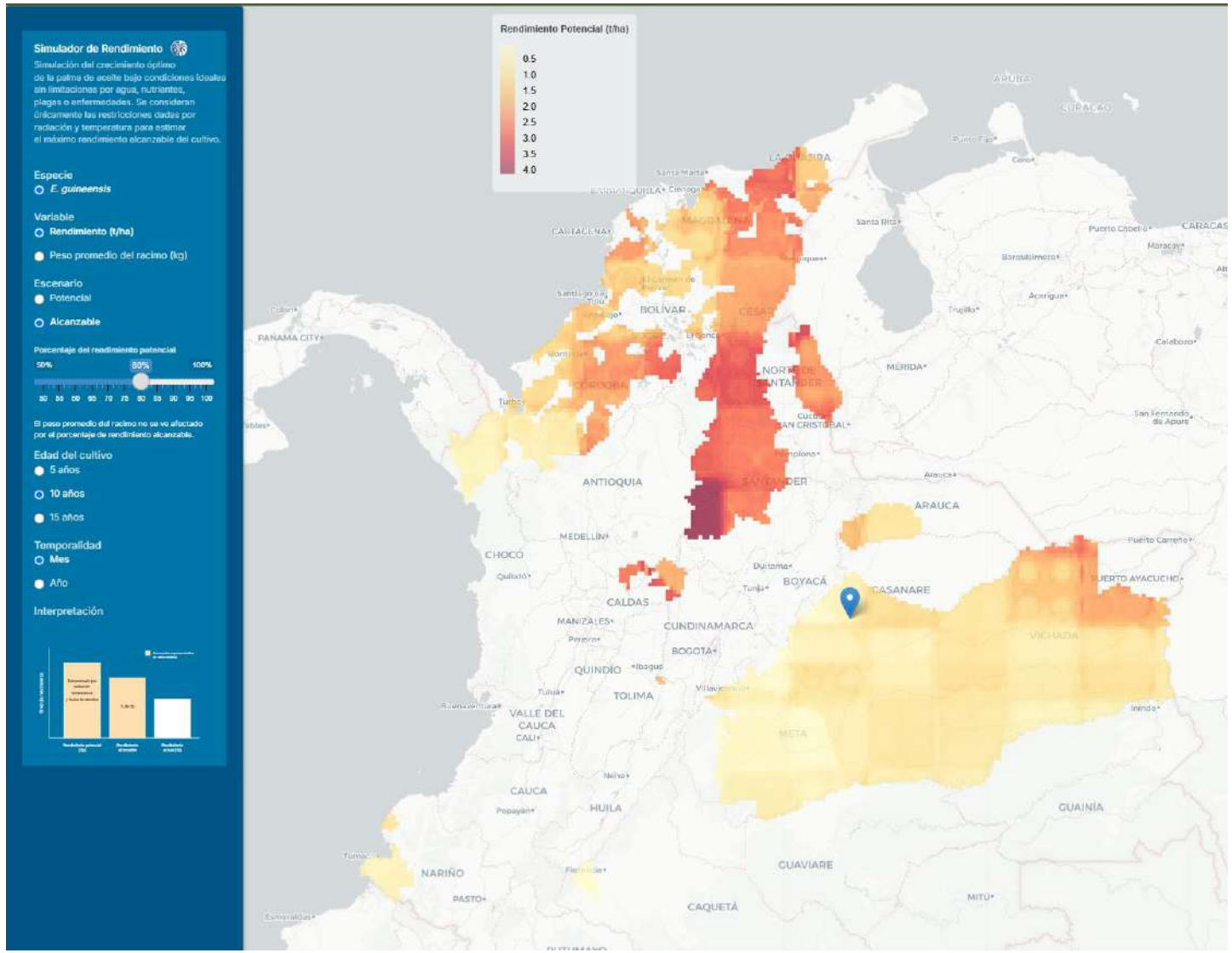
La evaluación cuantitativa del modelo PALMSIM, en modo potencial, demuestra que la combinación de las modificaciones realizadas al ajuste del peso potencial del racimo y la adaptación del modelo fotosintético resulta en una mejora sustancial del desempeño predictivo.

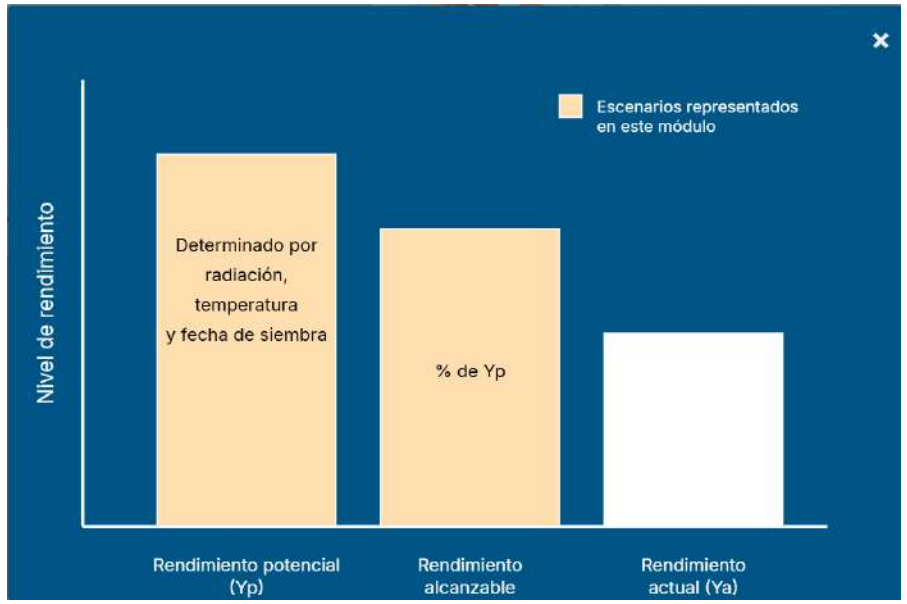
El análisis de línea límite permitió establecer referencias robustas tanto para el rendimiento potencial como para el peso del racimo, revelando que los valores máximos alcanzables en Colombia son significativamente menores que los reportados para el sudeste asiático, con rendimientos potenciales alrededor de 30 t ha^{-1} $año^{-1}$ y pesos máximos de racimo cercanos a 22 kg.

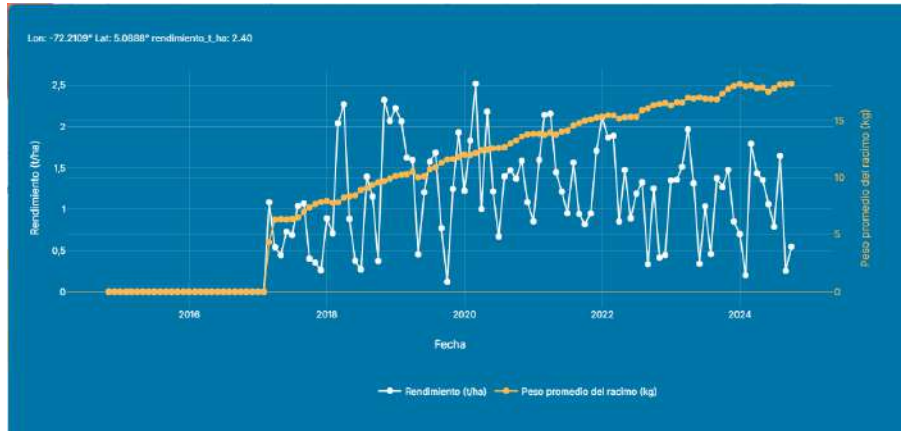
El modelo hiperbólico rectangular de Rivera-Méndez & Romero (2017) proporciona una representación más realista de la respuesta fotosintética de la palma de aceite bajo condiciones colombianas.

La combinación de análisis de línea límite para establecer potenciales locales y la calibración de procesos fisiológicos clave como la fotosíntesis representó un enfoque robusto para la adaptación del modelo PALMSIM a las condiciones locales colombianas.

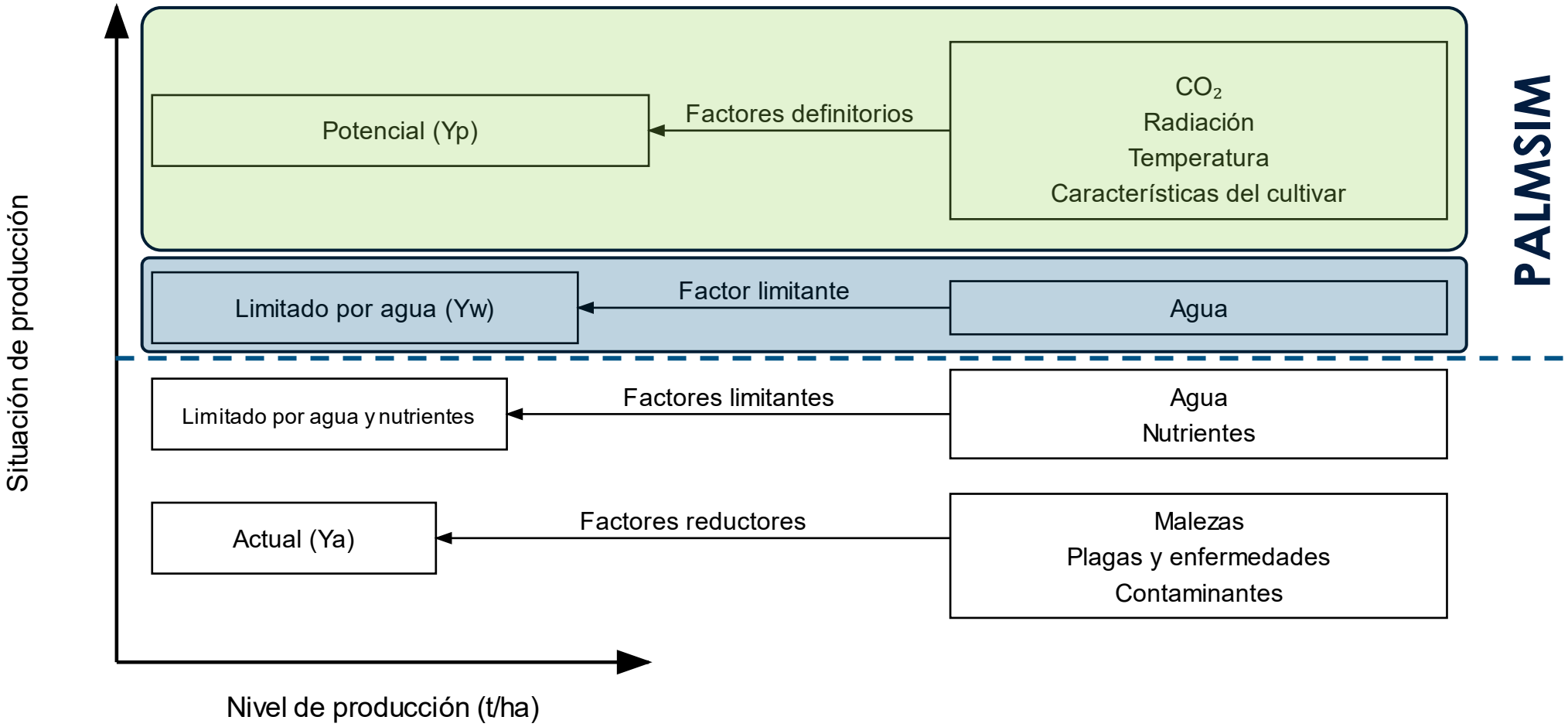
Lo que sigue…


Simulador de Rendimiento
Simulación del crecimiento óptimo de la palma de aceite bajo condiciones ideales sin limitaciones por agua, nutrientes, plagas o enfermedades. Se consideran únicamente las restricciones dadas por radiación y temperatura para estimar el máximo rendimiento alcanzable del cultivo.
Especie
E. guineensis
Variable
Rendimiento (t/ha)
Peso promedio del racimo (kg)
Escenario
Potencial
Alcanzable
Porcentaje del rendimiento potencial
50%
80%
100%
El peso promedio del racimo no se ve afectado por el porcentaje de rendimiento alcanzable.
Edad del cultivo
5 años
10 años
15 años
Temporalidad
Mes
Año
Interpretación
Rendimiento Potencial (t/ha)
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
ARUBA
CURAÇAO
LA GUAJIRA
BARRANQUILLA
CARTAGENA
MAGDALENA
BOLIVAR
CESAR
NORTE DE SANTANDER
CORDOBA
ANTIOQUIA
SANTANDER
ARAUCA
CHOCÓ
MEDELLÍN
BOYACÁ
CASANARE
CALDAS
MANIZALES
CUNDINAMARCA
BOGOTÁ
QUINDÍO
TOLIMA
VALLE DEL CAUCA
CALI
CAUCA
HUILA
NARIÑO
PASTO
CAQUETÁ
GUAVIARE
GUAINÍA
VICHADA
META
PANAMA CITY
CARACAS
MERIDA


Escenarios representados en este módulo
Nivel de rendimiento
Determinado por radiación, temperatura y fecha de siembra
% de Yp
Rendimiento potencial (Yp)
Rendimiento alcanzable
Rendimiento actual (Ya)


Lon: -72.2109° Lat: 5.0888° rendimiento_t_ha: 2.40
Rendimiento (t/ha)
Peso promedio del racimo (kg)
2,5
2
1,5
1
0,5
0
15
10
5
0
2016
2018
2020
2022
2024
Fecha
Rendimiento (t/ha)
Peso promedio del racimo (kg)

Lo que sigue…


Potencial (Yp)
Factores definitorios
CO_2
Radiación
Temperatura
Características del cultivar
Limitado por agua (Yw)
Factor limitante
Agua
Limitado por agua y nutrientes
Factores limitantes
Agua
Nutrientes
Actual (Ya)
Factores reductores
Malezas
Plagas y enfermedades
Contaminantes
Situación de producción
Nivel de producción (t/ha)
PALMSIM

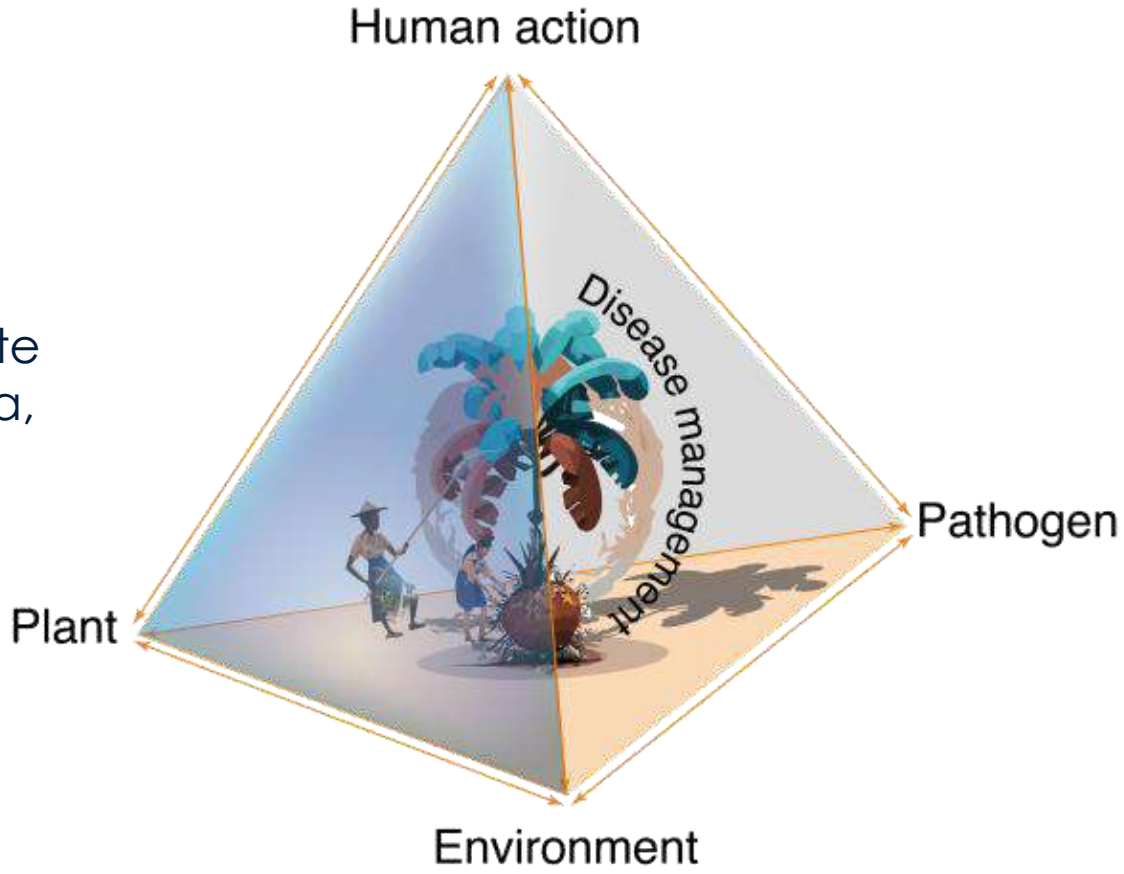
Lo que sigue…

OIL-CLiPS - WUR

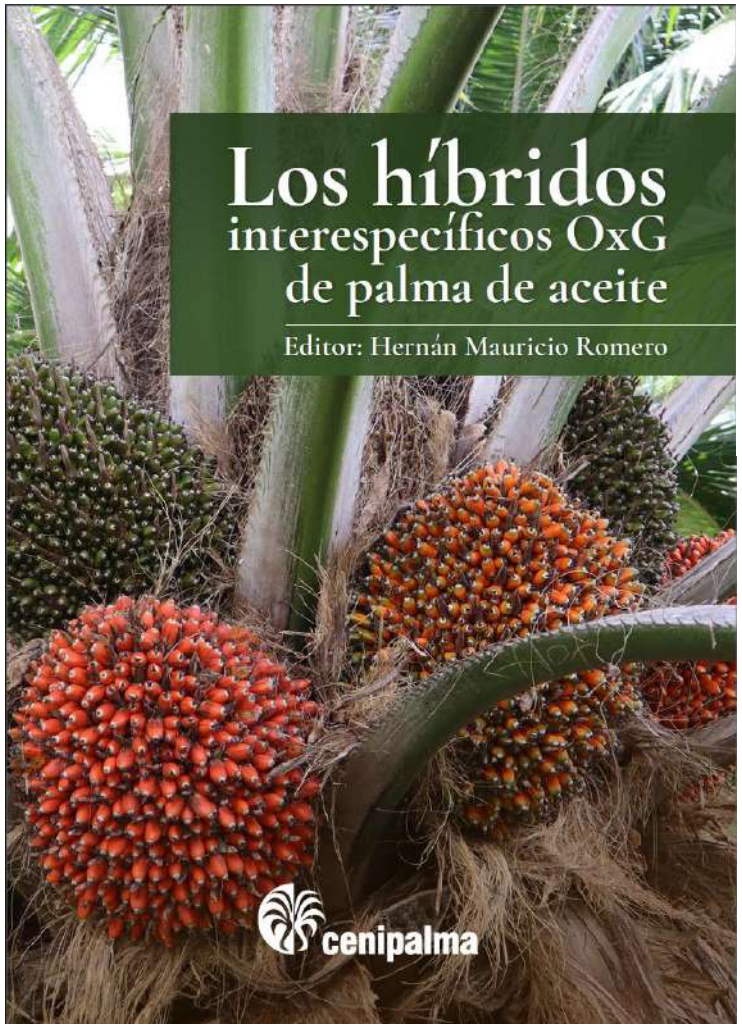
Duración
5 años

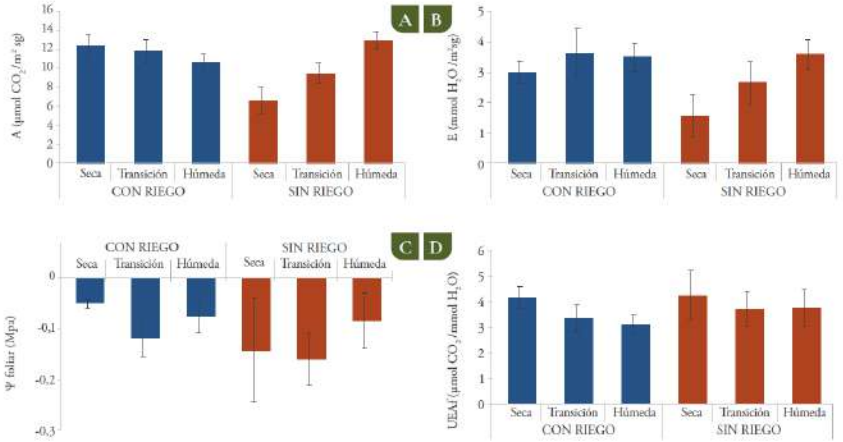
Objetivo
Comprender las causas de los brotes de enfermedades en las plantaciones de palma de aceite, enfocándose en la Pudrición Basal de Estípite en Indonesia y la Pudrición de Cogollo en Colombia, y cómo éstas son afectadas por los cambios climáticos y las prácticas de los productores

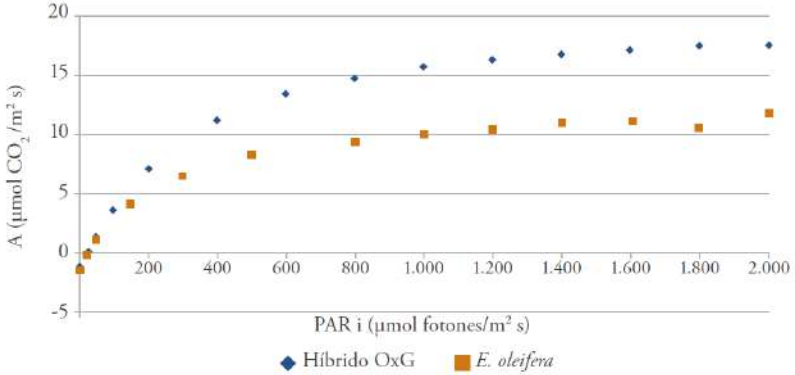
Socios
Wageningen University (WUR), Países Bajos
University Gadjah Mada (UGM), Indonesia
CENIPALMA, Colombia
SD Guthrie, Malaysia
Disagro, América Latina, Guatemala



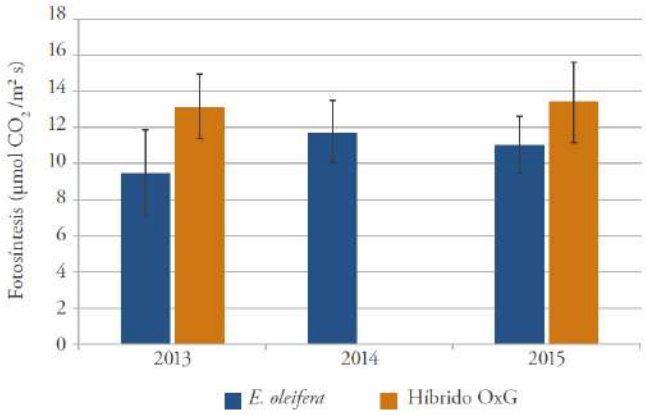
Lo que sigue…

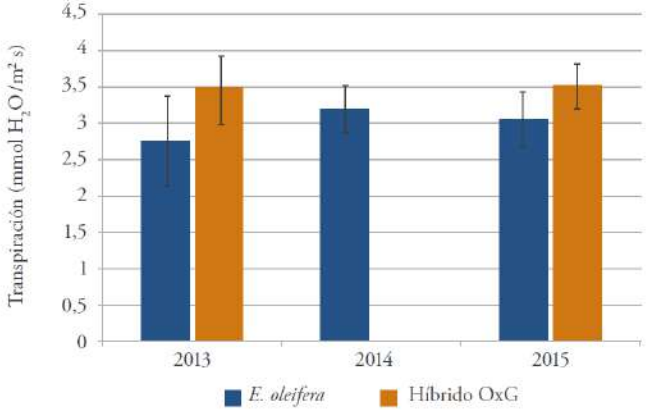






Cultivar	Nivel de hoja	Fotosíntesis máxima	Constante de saturación (1/2 PFD sat)	Punto de saturación	Respiración oscura	R² de regresión no lineal	Punto de compensación	Eficiencia fotosintética	R2 de la eficiencia fotosintética calculada
		Amax	K	PFD saturante	Rd	R²	Pci	Φ	R²
Híbrido OxG	H17	18,834	371,834	743,660	-1,112	0,919	23,331	0,033	0,869
E. oleifera	H17	11,857	11,857	535,930	-1,3456	0,993	25,877	0,029	0,861





Gracias

No tenemos una bola de cristal, pero si una brújula para orientarlos

cenipalma