Optimización del riego por superficie para incrementar la productividad del cultivo de palma de aceite en los Llanos Orientales*

Optimization of Surface Irrigation to Increase the Productivity of Oil Palm Cultivation in the Colombian Eastern Plains

Citación: Santa Cruz, L. *et. al.* (2019). Optimización del riego por superficie para incrementar la productividad del cultivo de palma de aceite en los Llanos Orientales. Revista *Palmas, 40*(3) 11-19.

Palabras clave: riego por superficie, melgas rectangulares, palma de aceite, productividad, riego y drenaje.

Keywords: Surface irrigation, rectangular furrows, oil palm, productivity, irrigation and drainage.

* Artículo de investigación científica y tecnológica

Recibido: octubre de 2019

Aprobado: noviembre de 2019

Libardo H. Santacruz A.
Gerente de Investigación, Desarrollo, Productividad e Innovación, Guaicaramo SAS, ls@guaicaramo.com

Gustavo A. Rosero E.
Jefe de Investigación Productividad e Innovación, Guaicaramo SAS, g.rosero@guaicaramo.com

Marco A. Sierra V.
Jefe de Riego y Drenaje, Guaicaramo SAS, msierra@guaicaramo.com

José A. Cristancho, R.
Asesor Técnico en Nutrición de Plantas y Fertilidad del Suelo, joseadvisor35@gmail.com

Resumen

La mayoría de plantaciones de palma de aceite en Colombia carecen de un diseño adecuado de sistemas de riego por lo que es imposible suplir los requerimientos hídricos del cultivo durante el verano, además las consecuencias del cambio climático obligan a buscar estrategias de optimización del agua para mitigar impactos ambientales y sociales. Guaicaramo SAS en el año 2014 hizo un diagnóstico sobre su sistema de riego obteniendo una eficiencia del 10 %. Para incrementar la eficiencia al 40 % se implementó el riego por melgas rectangulares independizando riego y drenaje. El cultivar de seguimiento fue Coari x La Mé plantado a 128 palmas por ha. Se hizo un levantamiento topográfico, se identificó, evaluó y se rediseñó la infraestructura existente; se hizo un mapa textural de suelos y se calculó el déficit hídrico. El estudio se desarrolló en 824 ha. El área irrigada por melgas rectangulares durante el verano 2016-2017 fue de 425 ha y el restante como testigo con riego tradicional. En el primer año fue posible suplir hasta

en un 65 % el déficit hídrico. Los componentes de rendimiento aumentaron un 18 % para siembras 2005, 14 % para siembras 2006 y 46 % para siembras 2008. Las variables de crecimiento mostraron valores adecuados en relación al área y peso seco foliar, así como el índice de área foliar. Los esfuerzos tendientes al uso eficiente del agua reflejan mejoras importantes en el desarrollo del cultivo y la productividad. El riego por melgas rectangulares es una buena alternativa para el cultivar Coari x La Mé.

Summary

The majority of oil palm plantations in Colombia lack of an adequate design of irrigation systems, so it is impossible to supply the water requirements of the crop during the summer, in addition the consequences of climate change force to seek for water optimization strategies to mitigate environmental and social impacts. Guaicaramo SAS in 2014 made a diagnosis on its irrigation system obtaining an efficiency of 10%. In order to increase the efficiency to 40 %, irrigation by rectangular furrows was implemented when becoming independent both irrigation and drainage. The follow-up crop was Coari x La Mé planted at 128 palms per ha. A topographic survey was carried out, the existing infrastructure was identified, evaluated and redesigned; a textural map of soils was made and the water deficit was calculated. This study was developed in 824 hectares. The area irrigated by rectangular furrows during the summer 2016-2017 was 425 ha and the rest left as a control with traditional irrigation. In the first year it was possible to supply up to 65% in water deficit. The yield components were increased by 18% for 2005 plantings, 14% for 2006 plantings and 46% for 2008 plantings. Growth variables showed adequate values with respect to area and leaf dry weight, so as the foliar area index. Efforts towards the efficient use of water reflect significant improvements in crop development and productivity. Irrigation by rectangular furrows is a good alternative for the Coari x La Mé crop.

Introducción

En Colombia existe un gran número de plantaciones que fueron establecidas sin ningún tipo de planeación en cuanto a su requerimiento hídrico e infraestructura de riego y drenaje. En la mayoría de los casos, no se tuvo en cuenta la importancia que representa un adecuado diseño, que con base en un estudio edafoclimático y una caracterización topográfica, permita construir la infraestructura para garantizar la aplicación adecuada y eficiente del agua requerida (Álvarez *et al.*, 2007), a ello se suman las consecuencias del cambio climático que obligan a las plantaciones a buscar estrategias de optimización del recurso hídrico para mitigar impactos ambientales y sociales. El significado de "uso eficiente del agua" incluye cualquier medida que reduzca la cantidad que se utiliza por unidad en cualquier actividad, y que favorezca el mantenimiento o mejoramiento de la calidad del líquido, este hecho está relacionado con el manejo racional del recurso e implica el uso de tecnologías y prácticas que proporcionen igual o mejor servicio con menos agua. La conservación del líquido tiene relación con la limitación de su uso, sobre todo durante periodos de escasez de agua (Hondupalma, 2011).

Guaicaramo SAS cuenta con un sistema de riego por superficie compuesto por una serie de canales abiertos sin revestimiento, heredados de otros cultivos agrícolas (arroz) que fueron acondicionados al cultivo de palma; sabiendo lo que la problemática implicaba decidió en el año 2014 realizar un diagnóstico sobre la eficiencia del sistema de riego tradicional (riego por inundación) implementado en la plantación.

Los resultados mostraron que la infraestructura de captación, conducción y distribución del agua de riego tiene una eficiencia total del 10 %. Buscando incrementarla a un 40 % (máxima eficiencia del riego por superficie, Antúnez *et al.,* 2009) se optó por la implementación y seguimiento del riego por melgas rectangulares, independizando los sistemas de riego y drenaje en áreas sembradas con material híbrido Coari × La Mé. El estudio se desarrolló en 824 ha, y el área bajo riego por melgas rectangulares fue de 425 ha y el restante se dejó como testigo con riego tradicional. El cultivar de seguimiento fue Coari × La Mé plantado a 128 palmas por ha.

Materiales y métodos

Localización

La zona del Topacio (B.327 y 335), de la plantación Guaicaramo SAS está ubicada en el municipio de Barranca de Upía, departamento del Meta, y cuenta con un área de 425 ha (Figura 1).

Oferta de precipitación

No toda la precipitación es efectivamente utilizada por la planta. Para ello, se realizó un análisis con los datos diarios en donde se determinaron las precipitaciones esperadas con una probabilidad del 75 % y además se estimaron los valores efectivos de precipitación para cada mes (Figura 2). La metodología utilizada fue la desarrollada por Fuentes Yagüe, 1996.

El periodo de mayor demanda hídrica de la zona se encuentra marcado entre los meses de diciembre a marzo, de la gráfica se observa cómo la precipitación efectiva en el mes de marzo fue mayor (157 mm) que la precipitación efectiva de los meses de diciembre y febrero (12 mm y 10 mm respectivamente), el mes de enero presentó una precipitación efectiva de 90 mm.

Figura 1. Localización de la zona de estudio

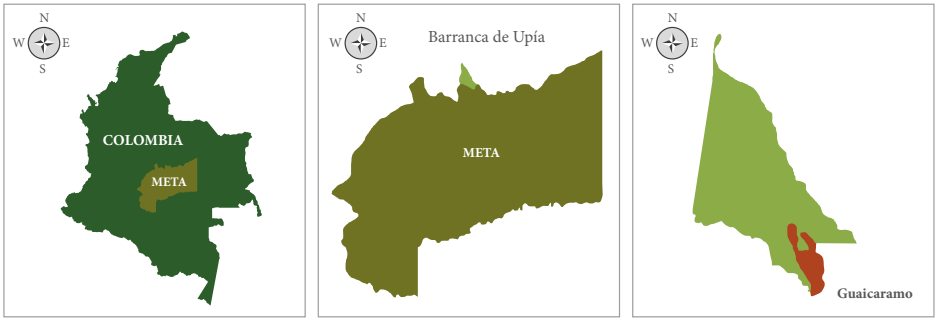
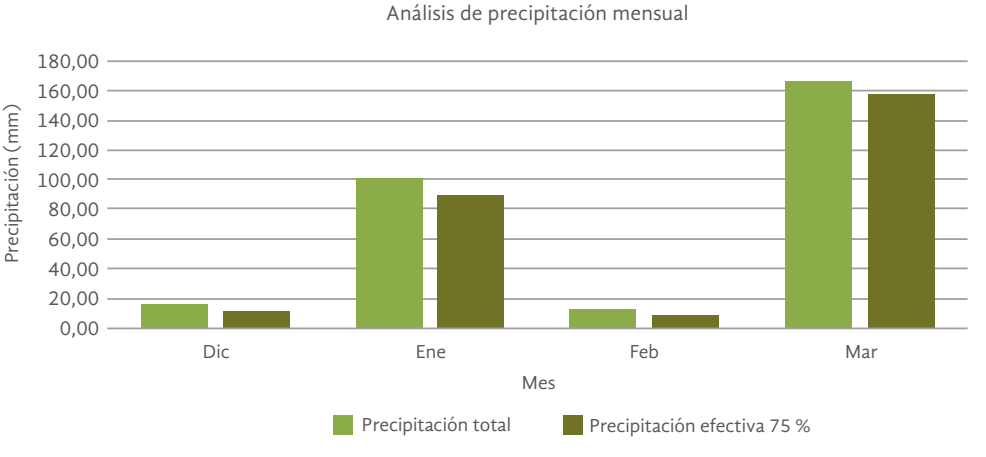


Figura 2. Oferta de precipitación para temporada de sequía



Oferta *vs* Demanda

Este análisis contempló realizar un balance entre la oferta y la demanda ambiental para las condiciones de la plantación en la zona de estudio (Figura 3).

Para el caso del presente trabajo, se realizó el balance hídrico con datos diarios del periodo comprendido entre diciembre de 2016 y abril de 2017. La capacidad de almacenamiento de agua en el suelo rápidamente aprovechable (LARA) fue tomada de estudios realizados anteriormente con un valor de 60 mm. Los resultados del balance hídrico diario (acumulado) para el periodo mencionado anteriormente se presentan en la Tabla 1.

El déficit hídrico presentado entre el periodo de diciembre de 2016 y marzo de 2017 fue de 324,8 mm en donde el mes de febrero fue el que mostró los mayores requerimientos con un valor promedio de 141,33 mm.

Necesidades netas

El valor de 141,33 mm/mes, es el valor que determina el caudal máximo requerido por el cultivo. Su forma de cálculo es como sigue:

$$Nn = \frac{141{,}33\ mm}{mes} \times \frac{10\ m^3/\ ha}{1\ mm} \times \frac{1\ mes}{30\ días} \times \frac{1\ día}{20\ h}$$

$$0{,}654\ l/s/ha$$

Es decir que, para satisfacer los requerimientos hídricos de las aproximadas 425 ha en el mes de febrero, se debe contar con suministro neto permanente de 278 l/s. Este valor al ser neto no contempla la eficiencia del sistema e indica un suministro las 20 horas del día.

La Tabla 2 muestra los requerimientos medios mensuales de agua en términos de caudal para un área total irrigable de 425 ha.

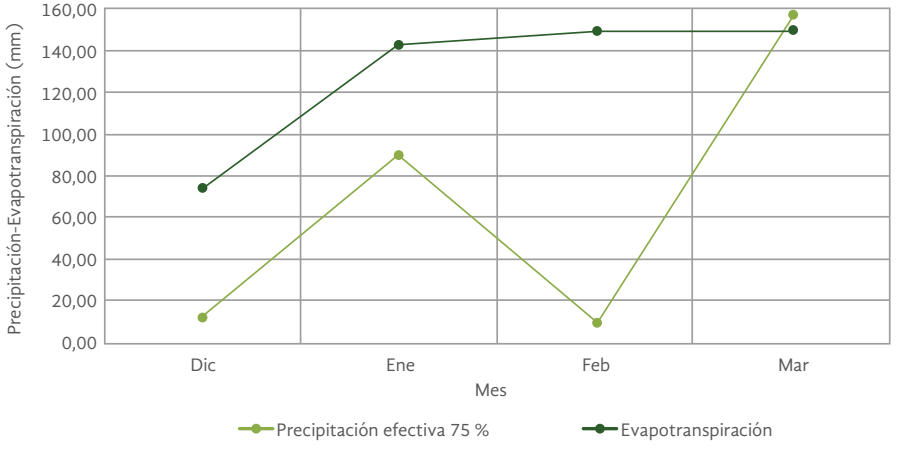


Figura 3. Balance hídrico con datos de ET y precipitación efectiva del 75 %

Tabla 1. Balance hídrico para los meses de mayor demanda hídrica

Mes	Dic	Ene	Feb	Mar
Precipitación total (mm)	16	101	13	167
Precipitación efectiva (mm)	12	90	9,75	157,3
EVT (mm)	74,56	142,38	149	149,5
Lámina de agua disponible(mm)	180	-187,7	-415,7	162,5
Déficit (mm)	-39,69	-90,21	-141,3	-62,55
Total déficit (mm)		**-324,79**		

Para suplir las necesidades hídricas del mes de mayor demanda se necesita una lámina aproximada de 141 mm (5 mm/día). Con 3 mojas (número de riegos aplicados) realizadas, un caudal de aproximadamente 1.790 l/s (caudal de entrada por concesión) y un tiempo de riego de 20 horas, el cálculo de la lámina aplicada es el siguiente:

$$\frac{1.790\frac{l}{s} * \frac{0{,}001\ m^3}{1\ l} * \frac{3.600\ s}{1\ h} * 20\ h * \frac{1.000\ mm}{1\ m}}{425\ ha * \frac{10.000\ m^2}{1\ ha}} = 30{,}32\ mm$$

Se aplicó una lámina de 30,32 mm en cada moja de manera que del déficit inicial (141 mm), en tres aplicaciones, se suplió en 90,64 mm, esto es en el 65 % de los 141 mm.

Rediseño de ingeniería y adecuación de infraestructura

El rediseño de la ingeniería se basó principalmente en la optimización de la infraestructura de captación, conducción y distribución de agua hacia los lotes. Una vez realizado el levantamiento topográfico sobre el área estudiada, se procedió con la construcción de canales de conducción primarios y secundarios para la implementación del riego por melgas rectangulares (Figura 4). El nuevo sistema implementado consta de 9 sectores o módulos de riego.

Construcción de obras de infraestructura

Las figuras 5 a 8 muestran algunas de las obras de infraestructura que se construyeron en la zona de estudio y que fueron determinantes en la mejora del nuevo sistema de riego implementado.

Resultados y discusión

Comportamiento de los componentes de rendimiento

La Tabla 3 relaciona la producción en toneladas de fruto fresco por hectárea año, obtenidos en las diferentes parcelas de la zona de estudio.

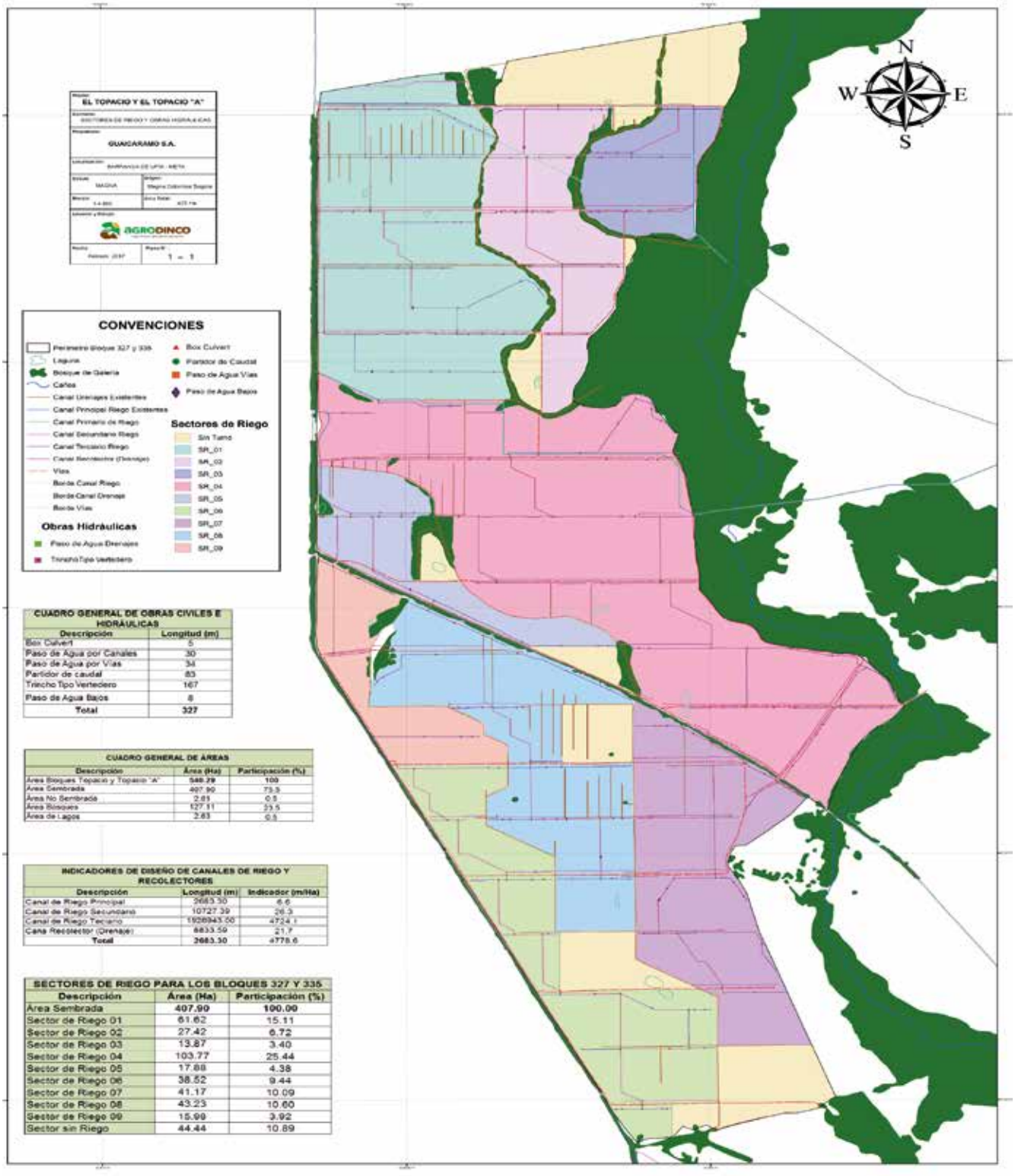
Tabla 2. Déficit y caudal requerido para meses de mayor demanda hídrica

Mes	dic	ene	feb	mar	total
Déficit (mm)	30,69	90,21	141,33	62,55	324,8
Área de riego (ha)	425	425	425	425	425
Caudal requerido(m^3/s)	50	148	232	103	533

Tabla 3. Producción t/ha/año en la zona de estudio según material y año de siembra

Bloque	Material	Año siembra	Parcela	2014	2015	2016	2017	2018
B.327	Alto oleico	2005	B.327-P.2	37,0	31,2	32,9	36,2	33,3
		2005	B.327-P.4	32,1	28,7	27,6	34,9	32,7
		2006	B.327-P.6	29,1	27,6	28,5	32,5	30,5
		2008	B.327-P.7	21,9	21,6	27,6	40,2	29,1
	Comercial	2005	B.327-P.1	25,7	31,4	27,1	30,7	27,1
		2005	B.327-P.3	23,5	30,2	25,1	32,9	29,7
		2005	B.327-P.5	23,3	28,8	25,8	33,0	30,6
B. 335	Alto oleico	2008	B.335-P.1	20,1	21,4	23,4	27,9	26,0
		2008	B.335-P.2	26,2	23,5	26,5	35,8	27,9
		2008	B.335-P.3	27,3	24,2	25,4	35,0	30,3
		2008	B.335-P.4	23,5	23,5	25,9	35,2	28,8
		2008	B.335-P.5	26,0	23,0	21,5	39,5	32,1
		2014	B.335-P.6				0,0	8,3

Figura 4. Sectores y turnos de riego para el sistema de riego por melgas



CUADRO GENERAL DE OBRAS CIVILES E HIDRÁULICAS	
Descripción	Longitud (m)
Box Culvert	5
Paso de Agua por Canales	30
Paso de Agua por Vías	34
Partidor de caudal	83
Trincho Tipo Vertedero	167
Paso de Agua Bajos	8
Total	327

CUADRO GENERAL DE ÁREAS		
Descripción	Área (Ha)	Participación (%)
Área Bloques Topacio y Topacio "A"	580.79	100
Área Sembrada	407.90	73.3
Área No Sembrada	2.81	0.5
Área Bosques	127.11	23.5
Área de Lagos	2.83	0.5

INDICADORES DE DISEÑO DE CANALES DE RIEGO Y RECOLECTORES		
Descripción	Longitud (m)	Indicador (m/Ha)
Canal de Riego Principal	2683.30	6.6
Canal de Riego Secundario	10727.39	26.3
Canal de Riego Terciario	1926943.50	4724.1
Cana Recolector (Drenaje)	8833.59	21.7
Total	2683.30	4778.6

SECTORES DE RIEGO PARA LOS BLOQUES 327 Y 335		
Descripción	Área (Ha)	Participación (%)
Área Sembrada	407.90	100.00
Sector de Riego 01	61.62	15.11
Sector de Riego 02	27.42	6.72
Sector de Riego 03	13.87	3.40
Sector de Riego 04	103.77	25.44
Sector de Riego 05	17.88	4.38
Sector de Riego 06	38.52	9.44
Sector de Riego 07	41.17	10.09
Sector de Riego 08	43.23	10.60
Sector de Riego 09	15.99	3.92
Sector sin Riego	44.44	10.89

Figura 5. Impermeabilización canal de conducción principal

Figura 6. Detalle impermeabilización canal

Figura 7. Conducción de agua de riego sobre canal revestido

Figura 8. Paso de canal (riego sobre drenaje)

En su primer año con el sistema de riego por melgas, en la zona del proyecto, ha sido posible suplir hasta en un 65 % (91 mm de lámina de riego) el déficit hídrico, en donde se observa que el mes de febrero es el que presenta los mayores requerimientos con un valor promedio de 141 mm.

Sobre los componentes de producción, en el primer periodo que comprende los años 2016 y 2017 para las siembras 2005 se tuvo un incremento de alrededor del 18 % con un promedio de 5,3 t/ha/año; para las siembras 2006 del 14 % con un incremento de 4 t/ha/año y para las siembras 2008 del 46 % con un incremento de

11 t/ha/año (este último incremento es normal debido al desarrollo de cultivos jóvenes). Para el segundo periodo comprendido entre el año 2017 y 2018 se puede observar una pequeña disminución en la producción con relación al periodo anterior y que era de esperarse por las difíciles condiciones climáticas en la época de verano de diciembre a marzo con reducciones del 8 % que no fueron tan críticas, teniendo como referencia otras plantaciones de la región con mayor déficit hídrico y altas temperaturas.

De acuerdo con la Tabla 4 se observa que las variables de crecimiento muestran valores adecuados para los dos cultivares, y de acuerdo con su edad evidencian un buen comportamiento agronómico. Varias de ellas han sido muy bien correlacionadas con la producción permitiendo visualizar un buen comportamiento futuro en las producciones; una de estas variables es el índice de área foliar, el cual para el año 2018 presentó un valor de 6,7 en el cultivar híbrido siembras 2005; en la siembra 2008 del mismo cultivar un valor de 5,9 y para para el cultivar *E. guineensis* siembra 2005 un valor de 5,6 respectivamente.

Conclusiones

Con la construcción de obras de infraestructura para sistemas de riego y drenaje, a partir de diseños acordes con estudios topográficos e hidrológicos de suelos y el seguimiento a las diferentes variables edafoclimáticas se puede incrementar la disponibilidad hídrica para el cultivo de palma de aceite durante la temporada de sequía.

Los esfuerzos tendientes al incremento del uso eficiente del agua se ven reflejados en mejoramientos importantes de desarrollo del cultivo y la productividad. El comportamiento agronómico de los cultivares presenta un buen crecimiento vegetativo reflejado en valores adecuados en relación al área y peso seco foliar, así como también en los valores de índice de área foliar.

El riego por melgas rectangulares es una buena alternativa para el incremento de los rendimientos en el cultivar Coari × La Mé.

Tabla 4. Evolución de las variables de crecimiento en los cultivares y edad de siembra

Bloque	Cultivar	Año siembra	Año muestreo	Área foliar (m²)	Peso seco (kg)	Sección transversal del peciolo (cm²)	Índice de área foliar
B.327	Alto oleico	2005	2015	10,6	3,5	31,8	6,0
B.327	Alto oleico	2005	2016	10,9	3,6	32,9	6,2
B.327	Alto oleico	2005	2017	10,9	3,7	34,1	6,2
B.327	Alto oleico	2005	2018	11,7	4,0	36,8	6,7
B.327	IRHO	2005	2015	7,6	2,9	27,5	4,4
B.327	IRHO	2005	2016	9,1	3,6	34,1	5,2
B.327	IRHO	2005	2017	10,0	4,2	39,2	5,7
B.327	IRHO	2005	2018	10,3	4,1	38,2	5,9
B.335	Alto oleico	2008	2015	8,7	2,8	25,4	5,0
B.335	Alto oleico	2008	2016	9,8	3,4	30,8	5,6
B.335	Alto oleico	2008	2017	8,7	3,0	27,8	5,0
B.335	Alto oleico	2008	2018	9,8	3,3	30,6	5,6

Referencias

Álvarez, O. M, Posada, J. F., Mosquera M., Garcia, T. & Ardila, G. (2007). Eficiencia en el uso del agua en una plantación de palma de aceite. Importancia económica de su optimización. *Palmas, 28*, (2). Recuperado de http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/viewFile/1208/1208

Antúnez, A., Felmer, S. & Mora, D. (2009). Eficiencia de riego en sistemas localizados. *Boletín INIA, 190*. Recuperado de https://studylib.es/doc/8728323/bolet%C3%ADn-inia--n%C2%BA-190

Fuentes Yagüe, J. L. (1996). *Curso de Riego para Regantes*. Mundi Prensa Libros S.A.

Hondupalma. (2011). Uso eficiente del agua: Una guía para socios y personal de Hondupalma. Recuperado de http://www.snvla.org/mm/file/Guia%20uso%20de%20agua-web.pdf