



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Rehabilitación del cultivo de fique (*Furcraea macrophylla*) mediante poda “descope” en Cauca, Colombia

Rehabilitation of fique (*Furcraea macrophylla*) crop through pruning “descope” in Cauca, Colombia

Daniel Ortiz-González^{1*} , Oscar Eduardo Paredes-Martínez¹ ,
Miguel Ángel García-Parra² 

¹ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA, Centro de Investigación Palmira - Sede Popayán, Cauca, Colombia

² Universidad del Cauca, Grupo de Investigación de Agricultura, Organizaciones y Frutas, Cauca, Colombia

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 04/03/2020
Aceptado: 29/11/2020

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran no existir conflictos de intereses.

CORRESPONDENCIA

Daniel Ortiz-González
dfortiz@agrosavia.co



RESUMEN

Actualmente en Colombia existen cultivos envejecidos y poco productivos de fique (*Furcraea macrophylla* Baker). El objetivo de la presente investigación fue determinar si la poda “descope” sirve como práctica de rehabilitación. La evaluación se realizó en plantas con diferentes tiempos después de la poda, 0 (control sin poda), 12, 36 y 72 meses. El diseño estadístico usado fue de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro tratamientos y cuatro bloques. Se determinó que el tiempo de rehabilitación para que un cultivo produzca fibra con una longitud apropiada para el mercado fue de 16 meses, tiempo inferior a la producida por un cultivo sembrado a partir de semilla. Esta práctica mejoró el crecimiento vegetativo y la capacidad productiva en plantas de 36 y 72 meses después de la poda, exhibiendo incrementos del 77 y 277 % en el rendimiento de fibra respectivamente. Con los resultados de esta investigación se concluye que la implementación de esta práctica es una estrategia agrónomicamente factible para rehabilitar cultivos de fique porque mejora el crecimiento y la producción de las plantas.

Palabras clave: Agavaceae, cabuya, crecimiento, fibra, sisal

ABSTRACT

Currently, in Colombia there are old and poorly productive crops of fique (*Furcraea macrophylla* Baker) crops. The

objective of the present investigation was to determine if the "canopy pruning" works as a rehabilitation practice. The evaluation was carried out on plants with different times after pruning, 0 (control without pruning), 12, 36 and 72 months. The statistical design used was a randomized complete block (RCBD) with four treatments and four blocks. It was determined that the rehabilitation time for a crop to produce fiber with an appropriate length for the market was 16 months, less time than that produced by a crop sown from seed. This practice improved vegetative growth and productive capacity in plants 36 and 72 months after pruning, exhibiting increases of 77 and 277 % in fiber yield respectively. With the results of this investigation, it is concluded that the implementation of this practice is an agronomically feasible strategy to rehabilitate fique crops because improve growth and production of plants.

Keywords: Agavaceae, cabuya, growth, fiber, sisal

INTRODUCCIÓN

Asparagaceae, es la familia endémica de América del Sur más importante de la que se extrae fibra dura vegetal utilizada para la producción de cordeles, cuerdas, sacos y alfombras (Díaz y Fromm, 2019). En Colombia, la fibra natural denominada “fique” o “cabuya” se ha extraído tradicionalmente a partir de poblaciones naturales del género *Furcraea* y la especie que más se cultiva es *Furcraea macrophylla* Baker cuyo rendimiento promedio es de 1,44 ton ha⁻¹ año⁻¹ (MADR, 2018). En la actualidad existen plantaciones comerciales poco productivas debido a procesos de floración y a plantas envejecidas, lo cual ha causado desabasteciendo de materia prima para la industria transformadora. Según el MADR (2018) del año 2007 al 2017 hubo una reducción nacional del 16 % en la producción, pasando de 21331 a 17875 toneladas respectivamente. Sin embargo, la alta demanda generada por el reciente auge ecológico y ambiental ha llevado a que los productores deban implementar estrategias para producir más y con mejor calidad (Echeverri *et al.*, 2015).

Comúnmente el fique se establece en monocultivo y su etapa productiva inicia aproximadamente a los 4 años desde semilla asexual, dependiendo de las condiciones agroclimáticas de la zona y del manejo agronómico que se realice (Pérez, 1974). Los mayores rendimientos se obtienen cuando las plantas superan la edad de 6 años y su vida útil va de 12 a 20 años, en algunos casos superan los 50 años. El rendimiento de fibra en Agaváceas y Asparagáceas está influenciado por: el número plantas por hectárea, el número de hojas

maduras por planta, el peso fresco promedio de hojas maduras y el porcentaje de fibra extraída de la hoja (Huerta-Lovera *et al.*, 2018). Sin embargo, en cultivos envejecidos estas variables se ven afectadas principalmente por suelos pobres de nutrientes, estrés fisiológico, así como por el escaso manejo agronómico realizado (Pérez, 1974; Casierra-Posada *et al.*, 2017).

Una de las prácticas culturales que se usa en el proceso de rehabilitación para la recuperación de la capacidad productiva en plantaciones de especies perennes como el fique, es la poda "descope" o poda drástica de copa. La práctica consiste en el corte del tallo de la planta a 25 cm por debajo de las hojas basales y posteriormente la copa se siembra al nivel del suelo. El propósito al igual que en otros cultivos es mantener las características agronómicas de la variedad, recuperar el vigor y producción de hojas, rediseñar la arquitectura de la planta para evitar su volcamiento y facilitar la cosecha de hojas las cuales pueden representar un peligro por sus bordes espinosos para la integridad física de quien realiza la actividad (Gardiner *et al.*, 2016; Riedel *et al.*, 2019). El criterio principal que usa el agricultor para rehabilitar una plantación es cuando las hojas maduras alcanzan una longitud promedio de 1 m, ya que valores por debajo de este, la fibra en la mayoría de los casos es descartada por las empresas transformadoras y en otras ocasiones es comprada a bajos precios al ser clasificada dentro de las categorías de “ordinaria” o “tercera” (Echeverri *et al.*, 2015).

La práctica de “descope” ha sido implementada en varias regiones del país, pero ha sido poco estudiada con lo cual no se ha

podido reportar sus beneficios agronómicos y validar su factibilidad técnica. Este artículo tiene como objetivo evaluar la poda “descope” como medida de rehabilitación del crecimiento y rendimiento en plantas de *F. macrophylla*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el municipio de Totoró, Cauca, Colombia, en 2°32'33" N 76°28'45" O a 2250 m.s.n.m. La temperatura media fue de 12,9 °C y la precipitación media anual de 1857 mm. El experimento se estableció en una plantación improductiva de fique (*F. macrophylla*) de 10 años, sembrada en ladera con una pendiente media de 38 °.

El diseño experimental usado fue de bloques completos al azar (DBCA), en el que se evaluaron cuatro tratamientos que correspondieron a los diferentes tiempos después de realizada la poda “descope”: (control sin poda), 12, 36 y 72 meses después de la poda (mdp). Los tratamientos se distribuyeron al azar en cuatro bloques y cada unidad experimental estuvo conformada por un conjunto de 20 plantas. La distancia de siembra del cultivo fue 3 x 2 m, el cual fue manejado con prácticas culturales propias de la región, donde no se le aplicó ningún fertilizante de síntesis química y el riego dependió del régimen de lluvia de la zona.

Los valores de las variables se presentaron por planta y no se realizaron los cálculos por unidad de área, ya que existe una gran diversidad de arreglos y densidades de siembra (Pérez, 1974). A las plantas se les evaluaron variables de crecimiento usando un flexómetro rígido y sus unidades se presentaron en metros lineales: altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), radio de la copa de la planta (RC), longitud de hoja (LH) y ancho de hoja (AH). También se realizó el cálculo de la relación altura y diámetro de tallo (RAD) (ecuación 1) y la relación longitud y ancho de hoja (RLA) (ecuación 2), siguiendo la metodología propuesta por Long *et al.* (2020), las cuales no presentan unidades métricas.

$$RAD = \frac{AP}{DT} \quad \text{ecuación 1}$$

$$RLA = \frac{LH}{AH} \quad \text{ecuación 2}$$

Los componentes de rendimiento del cultivo evaluados fueron: número de hojas maduras (NHM) (hojas basales con ángulo mayor a 45° respecto al eje vertical de la planta) (Pérez, 1974), peso fresco de hojas maduras (PFH), porcentaje de fibra (PF), rendimiento de fibra (RF) y longitud de fibra (LF).

Los análisis de varianza (ANOVA) y la regresión lineal se realizaron utilizando el *software* SAS 9.4. Cada variable se analizó por separado, la homogeneidad de varianza se realizó a través de la prueba de Bartlett y la normalidad, según la prueba de Shapiro Wilk. La comparación de medias se hizo mediante la prueba de Tukey, con un nivel de significancia del 5 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hubo un efecto significativo en todas las variables para los diferentes tratamientos de poda. Los valores de la prueba F y la significancia estadística para las variables evaluadas se muestran en la Tabla 1. Igualmente, los bloques presentaron diferencias significativas en todas las variables, demostrando que el DBCA fue adecuado para bloquear la fuente de error del experimento correspondiente a la pendiente del terreno.

Las acciones antrópicas como la poda generan estrés en las plantas con las consecuentes modificaciones en las rutas bioquímicas, hormonales y en asignación de fotoasimilados hacia los diferentes órganos (Riedel *et al.*, 2019). Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio, en donde la poda de descope generó cambios en el vigor vegetativo en las plantas con 12 mdp, al exhibir reducción en un 25, 33, 16 % en las variables AP, DT y RC respectivamente frente al control (Tabla 2) (Figura 1 A y B). Con la poda se separó la copa de la planta del órgano de la raíz, el cual es el encargado de la absorción de agua y nutrientes, de esta manera se afectó la fuerza hidráulica y turgencia de las células, causando deshidratación y reduciendo el transporte de los

Tabla 1. Resumen del análisis de varianza donde se presentan los valores F para las variables de crecimiento: AP, DT, RC, LH, AH, RAD y RLA de plantas de fique evaluadas con 0, 12, 36 y 72 meses después de la poda (mdp)

F.V.	g.l.	F						
		AP	DT	RC	LH	AH	RAD	RLA
Tratamientos de poda	3	166,27*	67,44*	224,45*	225,30*	71,4*	4,78*	17,43*
Bloque	3	10,55*	20,24*	23,09*	6,57*	10,2*	17,31*	31,52*
Residuo	9							
Total	15							
C.V.		12,92	15,41	9,16	3,98	3,87	13,82	3,51

F.V.: fuente de variación; g.l.: grados de libertad; cv: coeficiente de variación. Las variables que presentaron significancia poseen un asterisco (*) al lado, $p < 0.05$. AP: altura de planta; DT: diámetro de tallo; RC: radio de la copa de la planta; LH: longitud de hoja; AH: ancho de hoja; RAD: relación altura y diámetro de tallo y RLA: relación longitud y ancho de hoja

nutrientes necesarios para el crecimiento (Feng *et al.*, 2016). También es posible que durante el proceso de emisión y crecimiento de raíces después de la siembra, estas se convirtieron en sumidero de fotoasimilados provenientes de las hojas y del tallo por lo cual fueron desmantelados (Tränkner *et al.*, 2018).

Por otra parte, la variable RAD fue significativamente más alta en las plantas sin poda, las cuales presentaron un valor promedio de 6,88. Es decir que el tallo fue más alto y delegado respecto a los demás tratamientos que exhibieron valores entre 5,44 y 5,75 en los que no hubo diferencias significativas. Se ha demostrado que esta condición morfológica hace susceptibles a las plantas al acame o volcamiento (Gardiner *et al.*, 2016; Long *et al.*, 2020). Además, esta variable es indicadora de la

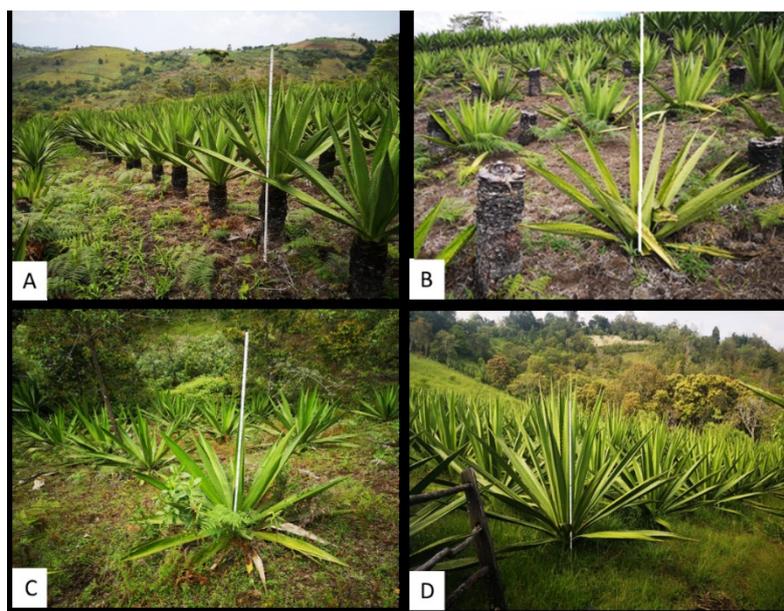
suculencia en plantas con metabolismo CAM como el fique, ya que sirve de reservorio de sustancias tales como aminoácidos, lípidos, proteínas y agua que son esenciales y le facilitan su adaptabilidad y recuperación ante condiciones de estrés (Liu *et al.*, 2018). Por estas razones, la variable RAD se propone en este estudio como un indicador morfológico de vigor en plantaciones de fique, en donde valores cercanos a 6,88 serían indicio que plantaciones con más de 10 años requieren ser rehabilitadas.

Los hallazgos obtenidos en el presente trabajo revelan que la poda drástica de copa genera un efecto positivo en el crecimiento de las plantas de 36 y 72 mdp (Tabla 2) (Figura 1 C, D). Posterior al trasplante, las plantas recuperan su sistema radicular confiriéndoles una mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes,

Tabla 2. Resumen de valores promedio \pm error estándar de las variables de crecimiento en plantas con 0, 12, 36 y 72 meses después de la poda (mdp)

Variable	0 (control)	12	36	72	Valor P
AP	1,61 \pm 0,04 b	0,87 \pm 0,02 c	1,51 \pm 0,05 b	2,23 \pm 0,05 a	<0,05
DT	0,24 \pm 0,01 b	0,16 \pm 0,01 c	0,28 \pm 0,01 b	0,4 \pm 0,01 a	<0,05
RC	0,85 \pm 0,025 c	0,71 \pm 0,015 d	1,34 \pm 0,045 b	1,9 \pm 0,041 a	<0,05
LH	0,91 \pm 0,015 c	0,89 \pm 0,017 c	1,29 \pm 0,033 b	1,81 \pm 0,038 a	<0,05
AH	0,15 \pm 0,002 c	0,15 \pm 0,002 c	0,18 \pm 0,005 b	0,21 \pm 0,003 a	<0,05
RAD	6,88 \pm 0,39 a	5,75 \pm 0,41 b	5,44 \pm 0,13 b	5,6 \pm 0,16 b	<0,05
RLA	5,91 \pm 0,06 c	5,85 \pm 0,06 c	6,78 \pm 0,6 b	8,75 \pm 0,24 a	<0,05

AP: altura de planta; DT: diámetro de tallo; RC: radio de la copa de la planta; LH: longitud de hoja; AH: ancho de hoja; RAD: relación altura y diámetro de tallo y RLA: relación longitud y ancho de hoja
Letras diferentes en cada variable representan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Se resaltan en negrilla los valores más altos de cada variable, $p < 0,05$



A - lote con plantas improductivas (0 meses, control); B - 12 meses después de la poda; C - 36 meses después de la poda y D - 72 meses después de la poda (mdp)

Figura 1. Plantas improductivas

situación que promueve el crecimiento de los órganos vegetativos (Fanello *et al.*, 2020). De este modo, las plantas de 36 mdp exhibieron valores similares de AP y DT respecto al control, mientras que las variables RC, LH, AH y RLA incrementaron significativamente en un 58, 42 y 20 y 15 % respectivamente. La recuperación de las características morfológicas del tallo incide en la actividad hormonal y en translocación de fotoasimilados hacia los diferentes órganos de la planta incluyendo las hojas (Tränkner *et al.*, 2018). Por ese motivo, las dimensiones del aparato fotosintético de la planta en términos de ancho (AH) y largo (LH) se vieron favorecidas.

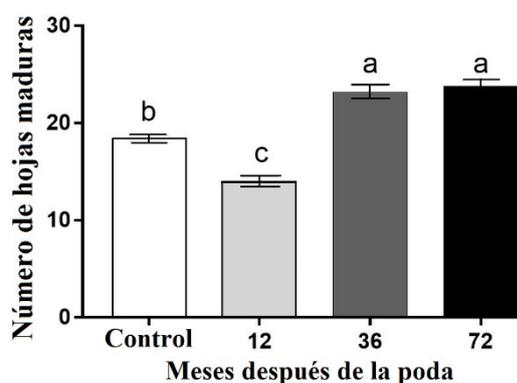
Esta respuesta es importante desde el punto de vista comercial, ya que la hoja es el órgano de interés para los productores. Esto demuestra que la labor de poda del tallo en plantas de fique estimula la producción de nuevo y vigoroso tejido foliar (Raj *et al.*, 2017; Riedel *et al.*, 2019).

Las plantas con 72 mdp presentaron el mayor crecimiento, reflejado en los valores significativamente más altos en todas las variables (Tabla 2) (Figura 1 D), cuyos incrementos fueron de un 38, 67, 123, 99, 40 y 48 % para las variables AP, DT, RC, LH, AH y RLA respectivamente frente al control. Los anteriores resultados son concordantes con los hallados en especies arborescentes de clima

tropical de las que se cosechan las hojas, en donde la poda severa del tallo principal se ha convertido en una práctica muy común para estimular el crecimiento vegetativo como por ejemplo en matarratón (*Gliricidia sepium*) (Kaba y Abunyewa, 2019), moringa (*Moringa oleifera*) (Du Toit *et al.*, 2020) y leucaena (*Leucaena leucocephala*) (Montejo-Martínez *et al.*, 2019). En términos porcentuales, el crecimiento foliar se vio favorecido más en el largo (99 %) que en el ancho de la hoja (40 %), resultados considerados valiosos teniendo en cuenta que la longitud de la hoja es el atributo más limitante en el proceso de comercialización (FENALFIQUE, 2019). Por su parte RLA, se describe como otro indicador de un cultivo a rehabilitar, cuando las plantas poseen valores cercanos o inferiores a 5,91. Al igual que el tallo, la succulencia de las hojas es considerado un rasgo de vigor de las plantas CAM el cual sirve de reservorio de diversas sustancias que le permiten crecer en condiciones ambientales hostiles (Liu *et al.*, 2018).

Por otro lado, los resultados de los componentes de rendimiento ofrecen una explicación del incremento del rendimiento de un cultivo (Huerta-Lovera *et al.*, 2018). En el presente estudio todos los componentes de rendimiento presentaron diferencias

significativas en respuesta al tiempo de rehabilitación (Figuras 2, 3, 4, 5 y 6). El buen estado vegetativo de la planta de fique se manifiesta visualmente en su follaje que se caracteriza por tener coloración verde (Pérez, 1974; Echeverri *et al.*, 2015). No obstante, las hojas de las plantas con 12 mdp exhibieron una clorosis generalizada (Figura 1 B) con coloraciones marrón en las más maduras, siendo evidencia del proceso de senescencia del tejido foliar. Este fenómeno posiblemente estuvo asociado a la disminución significativa de NHM y PFH, con valores de 14 hojas y 4,05 kg planta⁻¹ que representan reducciones correspondientes al 24 y 36 % respectivamente respecto al control (Figura 2, 3).

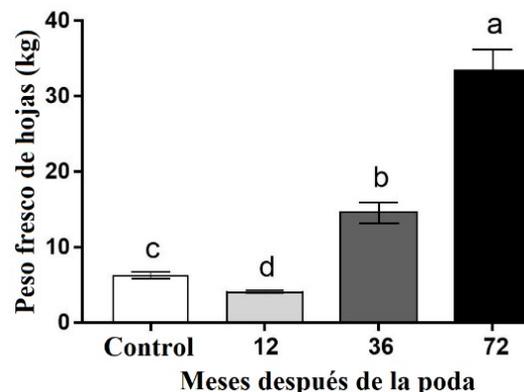


Se presentan los valores promedio \pm error estándar, letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas, $p < 0,05$

Figura 2. Número de hojas maduras (NHM) en plantas con 0 (control), 12 meses después de la poda, 36 meses después de la poda y 72 meses después de la poda (mdp)

Al ubicar las plantas en un nuevo sitio después de haber realizado la poda, encontraron condiciones ambientales favorables que les permitió aumentar significativamente PFH en aquellas con 36 y 72 mdp obteniendo valores de 14,6 y 33,5 kg planta⁻¹ (Figura 3), representando incrementos correspondientes al 132 y 432 % respectivamente en relación con el control. A su vez, NHM exhibió un incremento significativo en las plantas con 36 mdp correspondiente al 26 %, pero a partir de allí su valor no presentó cambios estadísticamente significativos (Figura 2), lo que al parecer hace suponer que en determinada edad de la planta esta variable

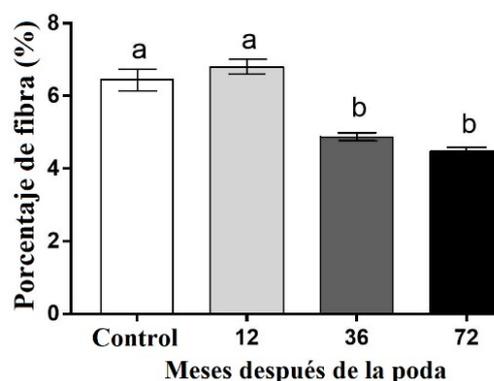
permanece estable dada la filotaxia en espiral que posee la especie (Pérez, 1974; Echeverri, *et al.*, 2015).



Se presentan los valores promedio \pm error estándar, letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas, $p < 0,05$

Figura 3. Peso fresco de hojas maduras (PFH) en plantas con 0 (control), 12 meses después de la poda, 36 meses después de la poda y 72 meses después de la poda (mdp)

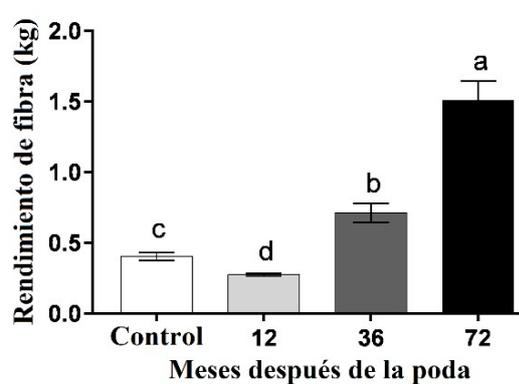
Anatómicamente las células vegetales se encuentran constituidas entre el 50 y 80 % de agua, aspecto relevante al momento de evaluar estrés hídrico en plantas (Feng *et al.*, 2016). La poda genera perturbación en el agua almacenada dentro de los tejidos vegetales, así como la pérdida de sustancias que regulan múltiples rutas fitoquímicas (Riedel *et al.*, 2019).



Se presentan los valores promedio \pm error estándar, letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas, $p < 0,05$

Figura 4. Porcentaje de fibra (F) respecto al peso fresco de la hoja en plantas con 0 (control), 12 meses después de la poda, 36 meses después de la poda y 72 meses después de la poda (mdp)

Las plantas control al ser improductivas y aquellas de 12 mdp al encontrarse en una condición de estrés por la poda realizada, probablemente su contenido relativo de agua (RWC) era bajo, por consiguiente, obtuvieron los valores más altos del porcentaje de fibra 6,46 y 6,81 %, con relación al peso fresco de la hoja (Figura 4). En contraste, las plantas de 36 y 72 mdp tuvieron mayor actividad fisiológica que favoreció el crecimiento acompañado de un mayor contenido de agua en las hojas, lo que condujo a que exhibieran los valores más bajos de porcentaje de fibra correspondientes a 4,89 y 4,88 % respectivamente.



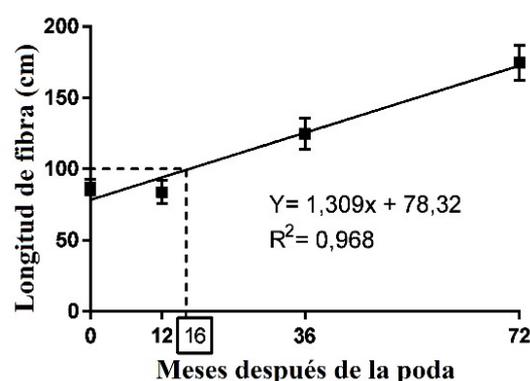
Se presentan los valores de media \pm error estándar, letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas, $p < 0,05$

Figura 5. Rendimiento de fibra (RF) por planta en plantaciones con 0 (control), 12 meses después de la poda, 36 meses después de la poda y 72 meses después de la poda (mdp)

Por otra parte, la mayoría de los cultivos de fique en el país están establecidos bajo condiciones adversas, en áreas marginales que poseen suelos ácidos, pobres en nutrientes y a los que se les realizan pocas prácticas agronómicas, estos escenarios han ocasionado que las plantaciones se tornen viejas e improductivas (Pérez, 1974; Echeverri *et al.*, 2015; Casierra-Posada *et al.*, 2017; FENALFIQUE, 2019). Lo anterior se evidenció al cuantificar que el rendimiento de fibra en las plantas control y aquellas con 12 mdp presentaron los valores más bajos del experimento, con 0,4 y 0,27 kg planta⁻¹ respectivamente (Figura 5), los cuales resultaron ser inferiores a la producción

promedio nacional que es 1 kg planta⁻¹ (FENALFIQUE, 2019). Sin embargo, el rendimiento aumentó significativamente en las plantas con 36 y 72 mdp con valores de 0,71 y 1,51 kg planta⁻¹, representando incrementos correspondientes al 77 y 277 % respectivamente en relación con el control. Cabe resaltar que hubo diferentes variables que contribuyeron al aumento en el rendimiento de fibra, como es el caso de LH, AH, NHM, PFH (Tabla 2, Figura 2 y 3). No obstante, en términos porcentuales aquellas que más influyeron fueron PFH, LH, AH (Tabla 2, Figura 3) y en menor medida NHM (Figura 2) las cuales presentaron incrementos de 432, 99, 40 y 29 % respectivamente en las plantas con 72 mdp respecto al control.

No se observaron diferencias significativas de LF entre las plantas de 12 mdp y el control (Figura 6), los valores fueron inferiores a 1 m de longitud, 83,8 y 87,2 cm respectivamente. Pero a los 36 y 72 meses hay un incremento significativo alcanzando valores promedio de 125,1 y 175 cm, lo cual representa aumentos del 43 y 100 % respectivamente respecto al control. A través de la regresión lineal se obtuvo la ecuación para determinar que a partir del mes 16 después de realizada la poda se puede obtener plantas que generan fibra con una longitud mayor de 1 m, tamaño que es el adecuado para el mercado.



Se presentan los valores de media y las barras corresponden al error estándar, $p < 0,05$

Figura 6. Longitud de fibra (LF) en plantaciones con 0 (control), 12 meses después de la poda; 36 meses después de la poda y 72 meses después de la poda (mdp)

CONCLUSIONES

Evidentemente la práctica de “descope” resultó ser exitosa y técnicamente viable para la rehabilitación de plantaciones viejas e improductivas de fique. Se determinó que a pesar de que las plantas de 12 mdp presentan una disminución de su vigor durante el proceso de enraizamiento y recuperación, a partir de los 16 meses se obtiene un cultivo productivo con hojas de las que se extrae fibra con un tamaño apropiado para la comercialización, cuyo tiempo de inicio de producción es inferior al de un cultivo establecido desde semilla. Por su parte, las plantas de 36 y 72 mdp rejuvenecieron su tejido vegetal mejorando el crecimiento y componentes de rendimiento con lo que incrementaron la producción de fibra en un 77 y 277 % respectivamente frente al control. Estos resultados son importantes para la cadena de fique porque mediante una técnica sencilla de implementar se puede mejorar la problemática de cultivos improductivos del país.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Agrosavia por la financiación de la investigación, a Oscar Molina y Yerson Campo por su apoyo logístico en la investigación y a los productores Joaquín Darío Cometa y Julio Campo Sánchez por permitirnos realizar el estudio en sus plantaciones.

CONTRIBUCIÓN DE CADA AUTOR

Daniel Fernando Ortiz-González: participó en el diseño del experimento, el establecimiento del experimento en campo, la toma de datos, los análisis estadísticos de los datos, la confección de las tablas y figuras, la redacción del manuscrito, la revisión crítica y la redacción de la versión final.

Oscar Eduardo Paredes-Martínez: participó en el diseño del experimento, el establecimiento del experimento en campo, la toma de datos, los análisis estadísticos de los datos, la confección de las tablas y figuras, la redacción del manuscrito, la revisión crítica y la redacción de la versión final.

Miguel Ángel García-Parra: Conceptualizó y formuló los objetivos generales de la investigación. Participó en la interpretación de los resultados del análisis estadístico y redactó el borrador del manuscrito. Igualmente, realizó la revisión crítica del documento y contribuyó en la redacción de la versión final del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

- CASIERRA-POSADA, F., CORTÉS-BAYONA, J. and CUTLER, J. 2017. Effect of iron excess on growth of sisal plants (*Furcraea hexapetala*). *Gesunde pflanzen*, 69: 123-129.
- DÍAZ, I. and FROMM, I. 2019. The rebirth of natural fibers? Analysis of market potential for fique (*Furcraea andina*) production in Santander, Colombia. *Journal of Nutritional Health and Food Engineering*, 9(2): 56-60.
- DU TOIT, E. S., SITHOLE, J., and VORSTER, J. 2020. Pruning intensity influences growth, flower and fruit development of *Moringa oleifera* Lam. under sub-optimal growing conditions in Gauteng, South Africa. *South African Journal of Botany*, 129: 448-456.
- ECHEVERRI, D.E., MONTOYA, M.F. y VELÁSQUEZ, R.G. 2015. Fique en Colombia. 1ra ed. Medellín, Colombia, Fondo editorial ITM, 140 p., ISBN 978-958-8743-82-0.
- FANELLO, D. D., KELLY, S. J., BARTOLI, C. G., et al. 2020. Plasticity of root growth and respiratory activity: Root responses to above-ground senescence, fruit removal or partial root pruning in soybean. *Plant Science*, 290: 110-296.
- FENALFIQUE (Federación Nacional de Cultivadores, Artesanos y Productores del Fique). 2019. Cartilla técnica del cultivo de fique. Colombia, 48 p. Disponible en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Fique/Normatividad/2019-06-30%20Cartilla%20T%C3%A9cnica%20del%20Cultivo%20del%20Fique.pdf> Consultado el 25/05/2020.

- FENG, W., LINDNER, H., ROBBINS, N.E., *et al.* 2016. Growing out of stress: the role of cell-and organ-scale growth control in plant water-stress responses. *The Plant Cell*, 28 (8): 1769-1782.
- GARDINER, B., BERRY, P. and MOULIA, B. 2016. Wind impacts on plant growth, mechanics and damage. *Plant Science*, 245: 94-118.
- HUERTA-LOVERA, M., PEÑA-VALDIVIA, C.B., GARCÍA-ESTEVA, A., *et al.* 2018. Maguey (*Agave salmiana*) infructescence morphology and its relationship to yield components. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 65 (6): 1649-1661.
- KABA, J. S. and ABUNYEWA, A. A. 2019. New aboveground biomass and nitrogen yield in different ages of gliricidia (*Gliricidia sepium* Jacq.) trees under different pruning intensities in moist semi-deciduous forest zone of Ghana. *Agroforestry Systems*, 1-8.
- LIU, D., PALLA, K.J., HU, R., *et al.* 2018. Perspectives on the basic and applied aspects of crassulacean acid metabolism (CAM) research. *Plant Science*, 274: 394-401.
- LONG, S., ZENG, S., LIU, F., *et al.* 2020. Influence of slope, aspect and competition index on the height-diameter relationship of *Cyclobalanopsis glauca* trees for improving prediction of height in mixed forests. *Silva Fennica*, 54 (1).
- MADR (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural). 2018. Cadena del fique y su agroindustria. Indicadores noviembre 2018. Bogotá, Colombia, 19 p.
- MONTEJO-MARTÍNEZ, D., DÍAZ-ECHEVERRÍA, V. F., VILLANUEVA-LÓPEZ, G., *et al.* 2019. Fine root density and vertical distribution of *Leucaena leucocephala* and grasses in silvopastoral systems under two harvest intervals. *Agroforestry Systems*, 1-13.
- PÉREZ, J. 1974. El Fique su taxonomía, cultivo y tecnología. 2da ed. Medellín, Colombia, Editorial Colina. Disponible en <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/18423> Consultado el 25/05/2020.
- RAJ, A., PATEL, V.B., KUMAR, R., *et al.* 2017. Effect of high-density planting systems on physiological and biochemical status of rejuvenated mango plants of cv. Amrapali. *Indian Journal of Horticulture*, 74 (3): 351-356.
- RIEDEL, J., KÄGI, N., ARMENGOT, L., *et al.* 2019. Effects of rehabilitation pruning and agroforestry on cacao tree development and yield in an older full-sun plantation. *Experimental Agriculture*, 55 (6): 849-865.
- TRÄNKNER, M., TAVAKOL, E. and JÁKLI, B. 2018. Functioning of potassium and magnesium in photosynthesis, photosynthate translocation and photoprotection. *Physiologia plantarum*, 163(3), 414-431.



Artículo de libre acceso bajo los términos de una *Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional*. Se permite, sin restricciones, el uso, distribución, traducción y reproducción del documento, siempre que la obra sea debidamente citada.