

Factores ecofisiológicos causantes de la aparición de agobio en banano (*Musa AAA*) indicar el cultivar en la zona de Urabá, Antioquia

Yanely Duarte Holguín¹; Franklin Palacios Zapata¹; Julián Andrés Valencia Arbeláez^{1*}

¹Centro de Investigaciones del Banano – Cenibanano, AUGURA. Carepa, Antioquia, Colombia.

***Autor de**

Correspondencia:

Julián Andrés Valencia
Arbeláez
invagroclimatologia@augura.c
om.co

Contribución:

Científica

Sección:

Fisiología y Bioquímica

Recibido:

15 Diciembre, 2023

Aceptado:

15 Enero, 2024

Publicado:

16 Abril, 2024

Cita:

Duarte HY, Palacios ZF y
Valencia AJA
2024. Factores
ecofisiológicos causantes de
la aparición de agobio en
banano (*Musa AAA*)
indicar el cultivar en la zona
de Urabá, Antioquia.
*Acorbat Revista de
Tecnología y Ciencia* 1(1):
16
[https://doi.org/10.62498/AR
TC.2416](https://doi.org/10.62498/AR
TC.2416)

RESUMEN

El banano, al igual que otras plantas, es dependiente de factores climáticos como temperatura, humedad, precipitación y brillo solar, afectando la duración de las etapas vegetativas y reproductivas. Actualmente, el cultivo enfrenta desafíos asociados a estrés biótico y abiótico, entre estos, el “agobio”, responsable de la pérdida foliar, caracterizado por el doblamiento del peciolo sin manipulación externa. Se realizaron evaluaciones en campo y condiciones semicontroladas, estableciendo 6 tratamientos de láminas de riego diferenciadas. Se midió la incidencia de “agobio” y su relación con temperatura, precipitación y humedad del suelo. Se concluyó que amplitudes térmicas (ΔT) superiores a 8 °C durante las últimas 48 horas, aumenta la probabilidad de agobio.

Palabras clave: Estrés, pérdida de hojas, variabilidad climática, temperatura, precipitación, Fisiología.

INTRODUCCIÓN

La variabilidad y el cambio climático generan cambios en las condiciones ambientales, afectando la dinámica de crecimiento y desarrollo de las plantas, entre ellos, el banano (*Musa AAA*), caracterizado por ser una hidrófita del trópico húmedo cuya estructura vegetativa está adaptada a condiciones de alta humedad (Jarma et al., 2012; Stott et al., 2011), viéndose afectada de manera negativa por eventos extremos: lluvias torrenciales, sequías prolongadas, ráfagas de viento, altas temperaturas, y por ende, las producciones se disminuyen (Moreno, 2018; Uribe, 2015).

En Colombia, el banano es una de las frutas más consumidas (PROCOLOMBIA, 2021), y durante el 2022 contribuyó en un 20,2% al total de las exportaciones (AUGURA, 2023). Este se cultiva a nivel comercial y con fines de exportación en el Urabá antioqueño, Magdalena y la Guajira, siendo la Unión Europea el principal destino de las exportaciones en el 2022, con el 63% del total exportado, seguido de Estados Unidos con 17 % (AUGURA, 2023). Es así como la producción de esta especie



es un sistema complejo que involucra no sólo la planta sino también toda la cadena productiva, donde las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático deben estar fundamentadas en estudios que permitan entender la respuesta de la planta en función de condiciones ambientales cambiantes (Piedrahita et al., 2016).

Dentro de los parámetros productivos utilizados para evaluar el estado productivo de una planta de banano se tiene el número de hojas en cada etapa fenológica. La sigatoka negra (*Pseudocercospora fijiensis*) es la principal enfermedad que afecta el follaje de las hojas en este cultivo, mientras que Ceramidia (*Antichloris viridis*) y Arañita roja (*Tetranychus* sp.) son las principales plagas de importancia (Pinzón et al, 2023) (Benavides y Cadavid, 2019). El agobio es una respuesta fisiológica de la planta a un desbalance hormonal, causado presumiblemente por cambios bruscos en las condiciones climáticas, caracterizado en el doblamiento del peciolo sin manipulación externa, generando la pérdida del órgano fotosintético (Feria et al, 2023). En la actualidad no se han encontrado estudios al respecto sobre este tipo de afectación en las hojas en banano.

Partiendo de lo anterior, se realizó un estudio enfocado en analizar los efectos ecofisiológicos que podrían estar involucrados en la aparición de “agobio” sobre banano tipo exportación (*Musa* AAA) en la zona de Urabá, Antioquia, específicamente temperatura, precipitación y humedad del suelo con el fin de proporcionar información relevante para su caracterización y posterior manejo, ya que se presume como consecuencia de un estrés ambiental.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

La investigación se llevó a cabo en dos lugares, situados en el municipio de Carepa, en la subregión de Urabá perteneciente al departamento de Antioquia, a 28 msnm, con temperaturas que oscilan en promedio entre 24 – 32 °C, una precipitación anual de 2,874 mm y una humedad relativa de aproximadamente el 80%. Donde se realizó una fase en campo y otra bajo condiciones semicontroladas.

Condiciones semicontroladas (Invernadero CENIBABANO-AUGURA)

La evaluación se desarrolló en el invernadero de Cenibanano Augura. Se utilizó banano clon Williams (sub grupo Cavendish) de 4 semanas de desarrollo, con una altura promedio de 25 cm y un diámetro del pseudotallo de 19 mm, sembradas el 07 de marzo de 2023 y sometidas a un periodo de adaptación de 15 días. Posteriormente se

distribuyeron en 2 grupos y cada uno estuvo compuesto por tres tratamientos con base en la humedad de los suelos: capacidad de campo (control), inundación y déficit hídrico (Cuadro 1). Con el propósito de evaluar el efecto en las plantas a cambios ambientales bruscos, se sometió uno de los grupos a un choque térmico (CT), sacando las plantas del invernadero cuando se presentarán altas temperaturas ambientales, la temperatura interna absoluta fue de 40,5 °C y la externa fue de 37 °C. Cada tratamiento fue de ocho plantas, para un total de 48 unidades experimentales aleatorizadas (Figura 1).

Cuadro 1. láminas de riego de los tratamientos.

Tratamientos	Grupo	Tiempo (minutos)	Lamina día (Litros)	Lamina semana (Litros)	Días de riego
T0	Sin CT	6	0.3	2.1	7
T1	Sin CT	6	0.3	0.9	3
T2	Sin CT	30	1.5	10.5	7
T3	Con CT	6	0.3	2.1	7
T4	Con CT	6	0.3	0.9	3
T5	Con CT	30	1.5	10.5	7

Se empleó el sistema de riego por goteros tipo estaca para aplicar las diferentes láminas correspondientes a cada tratamiento, manejando un caudal de 500 ml/h. El primero corresponde a capacidad de campo y se aplicó un turno de riego de 6 minutos diariamente (Figura 2A). Para el segundo, déficit hídrico, se aplicó la misma cantidad de agua solamente tres veces por semana (Figura 2B). Por último, para el denominado inundación, se mantuvo una lámina de agua superficial, con un turno de riego de 30 minutos diarios (Figura 2C). Con el fin de mantener las láminas en las condiciones mencionadas, se monitoreó la humedad del suelo mediante el uso de sensores de potencial mátrico.

Tratamiento	Grupo	Tiempo (min)	Lamina día (L)	Lamina semana (L)	Días de riego
T0	Sin CQ	6	0.3	2.1	7
T1		6	0.3	0.9	3
T2		30	1.5	10.5	7
T3	Con CQ	6	0.3	2.1	7
T4		6	0.3	0.9	3
T5		30	1.5	10.5	7

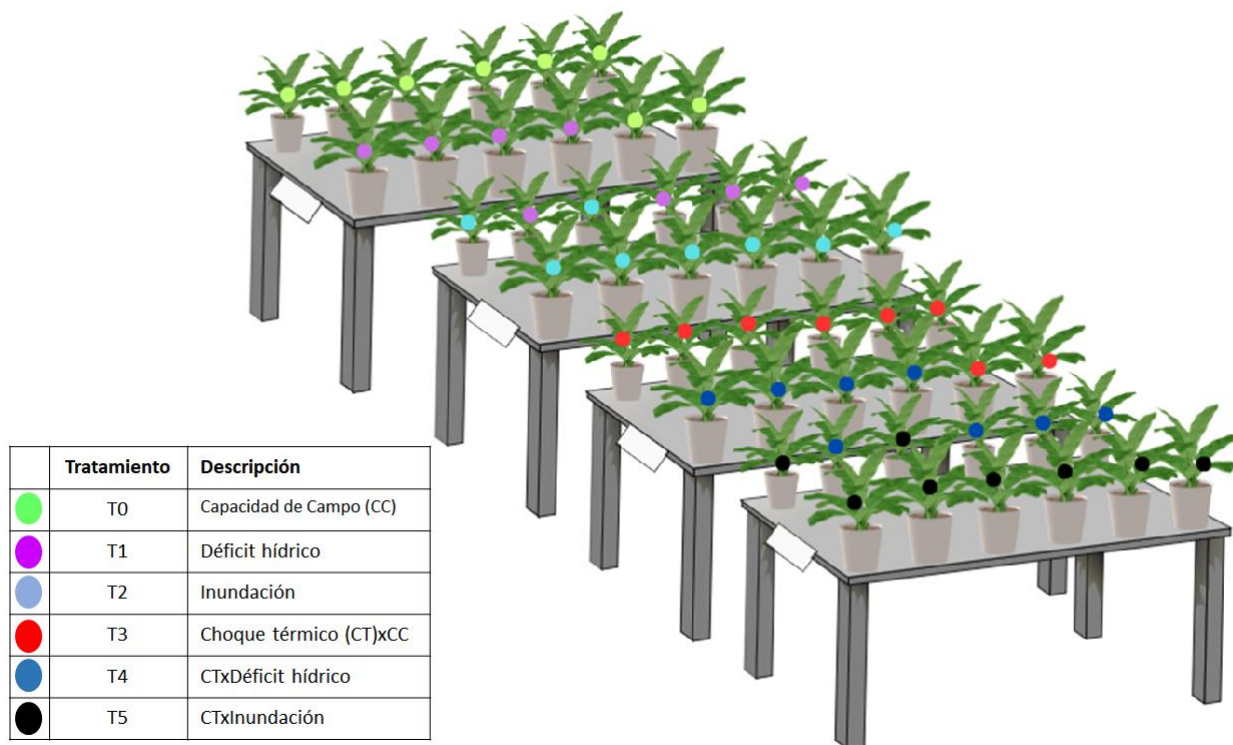


Figura 1. Disposición de los tratamientos en el invernadero.

Se asumieron tres variables ambientales explicativas (humedad del suelo, temperatura interna y externa del invernadero). Las variables respuesta evaluadas fueron: plantas con agobio, altura de la planta, diámetro del pseudotallo, raíces adventicias, arrellamiento y número de hijos. Las mediciones de las primeras 2 variables, se realizaron cada semana para evaluar la tasa de desarrollo en función de los tratamientos establecidos; mientras que, las variables arrellamiento, número de hijos y la presencia o ausencia de raíces adventicias, fueron evaluadas 9 semanas después del inicio de la aplicación de los tratamientos. Se realizó prueba de análisis de varianza, test de normalidad de kolgomorov smirnoff y prueba de medias de dunn's y cálculo del coeficiente de correlación de Spearman.



Figura 2. Diferentes tratamientos. (A) Capacidad de campo (control); (B) Déficit hídrico; (C) inundación.

Establecimiento bajo condiciones no controladas (Campo)

Se realizó en el campo experimental y demostrativo Ramiro Jaramillo Sossa, ubicado a 1,6 kilómetros vía norte de la zona urbana del municipio de Carepa ($7^{\circ}46'48.2''$ N; $76^{\circ}40'23.0''$ W), sobre la margen izquierda de la carretera al mar, este cuenta con un área bruta de 35 ha y un área neta de 26,7 ha distribuidas en 12 lotes (Figura 3).

La investigación se desarrolló en el lote 9, clon Giant Cavendish, sub grupo Cavendish; tomando como criterios, homogeneidad en la textura de suelo: arcillosa, pH moderadamente ácido: entre 5.5 y 6, compactación del suelo: 1.5 megapascuales (MPa) y la cercanía a la estación meteorológica para evitar al máximo variaciones de tipo microclimáticos. El lote cuenta con un área de 1,86 ha, una densidad de 2.771 plantas/ha y una textura en su mayoría franco arcillosa que tiende a variar entre limosa, arcillosa y arenosa en puntos determinados del lote.

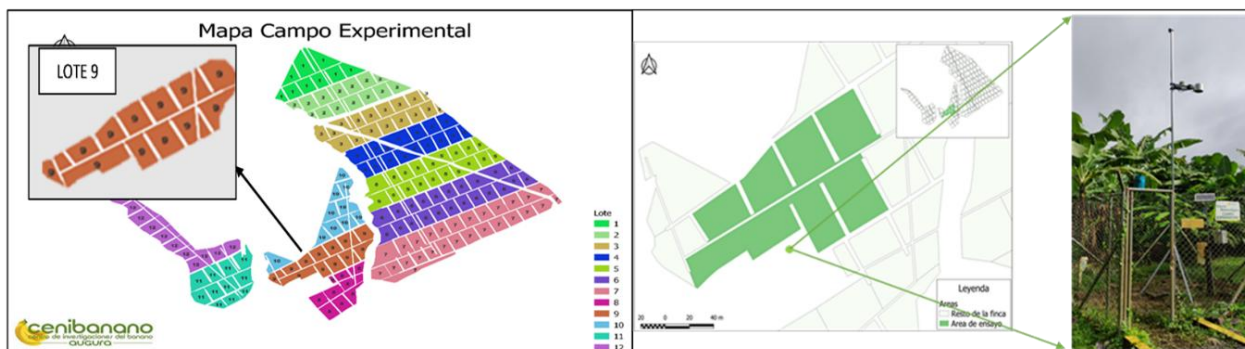


Figura 3. Mapa campo experimental, Ubicación del lote 9 y la estación meteorológica. Fuente: Augura.

Se evaluó la respuesta de las plantas ante factores ecofisiológicos. El monitoreo se realizó solo en la etapa de diferenciación o reproductiva, teniendo en cuenta que en evaluaciones anteriores se identificó que esta es la más propensa a sufrir agobio. Para realizar el monitoreo se dividió y seleccionaron 7 botalones (sublotes) del lote 9, los cuales están separados por canales y subdivididos en parcelas (correos), lo que dio como resultado un total de 23 correos. la población de estudio seleccionada fue de 115 plantas (5 plantas por correo) y las variables medidas fueron: a) Presencia o ausencia de agobio, b) cantidad de hojas agobiadas por planta y c) Amplitud térmica. El deshoje se realizó semanalmente, y posterior al monitoreo, con el fin de evitar cualquier alteración en los datos evaluados, por efecto de las labores culturales típicas de la finca. Se llevó a cabo el cálculo del coeficiente de correlación de spearman para examinar la relación entre la precipitación y temperatura con la incidencia de agobio.

RESULTADOS

Invernadero

Se observó que las plantas de T0 (capacidad de campo) alcanzaron mayor altura (45,1 cm), superando a los demás tratamientos en 4 a 5 cm (Figura 4A). Los tratamientos T1, T4 y T5 presentaron diferencias significativas con respecto a T0 ($p < 0.05$). Con respecto al diámetro del pseudotallo, se detectó que las plantas bajo déficit hídrico (con y sin CT) presentaron un diámetro más bajo, con una diferencia de 8 cm en comparación con los demás tratamientos, aunque solo T4 presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) con respecto a T0, T2 y T5 (Figura 4B).

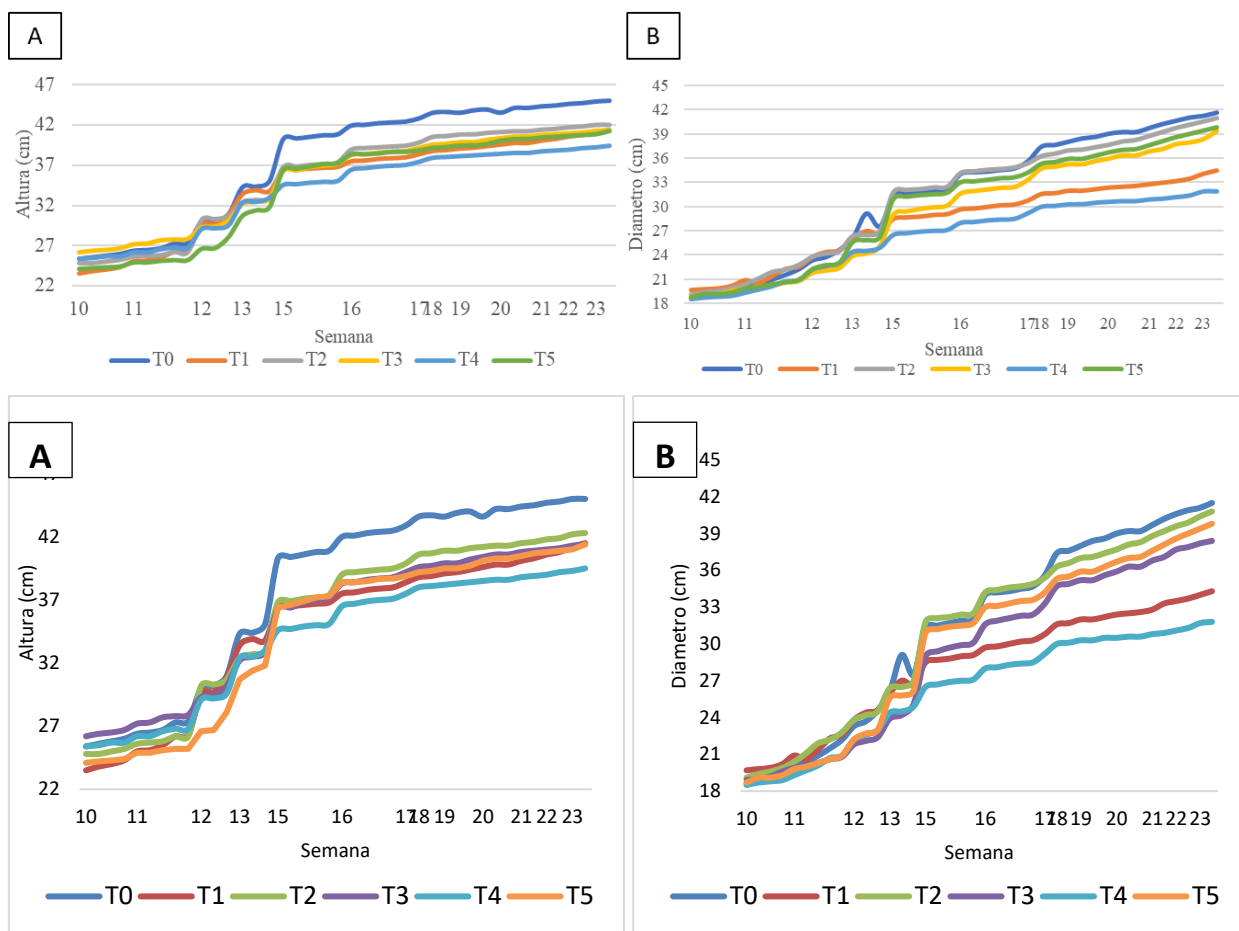


Figura 4. (A) Promedio de altura en plantas bajo invernadero; (B) Promedio o perímetro del pseudotallo.

Después de someter periódicamente las plantas a CT, se observó que cuando se producían aumentos en la diferencia entre las temperaturas máximas (ambiente) y mínimas (invernadero), conocido como amplitud térmica (ΔT), superiores a 8 grados, aumentó la presencia de casos de agobio en las plantas en un período de tiempo de 48 a 72 horas en un 183.3%. Adicionalmente es relevante mencionar que, durante las primeras 8 semanas de evaluación, se observó que los cambios en la ΔT en el invernadero eran mayores en 4°C, en comparación con el ambiente y se encontró que la mayoría de los casos de agobio se presentaron cuando la ΔT superaba los 8 °C. Aunque hubo dos casos en los que las plantas experimentaron agobio con ΔT inferiores al promedio.

En contraste, en las evaluaciones realizadas en la semana 20 a la 23, se registró un ΔT ambiente mayor que el del invernadero, y esto coincidió con un pico en los casos de agobio (hasta 3 casos por semana), teniendo en cuenta que el lapso de tiempo fue

más corto. todas las plantas que sufrieron agobio en estas últimas semanas estuvieron expuestas a ΔT superiores a 8 °C. Sin embargo, la correlación entre la ΔT 24 y 48 horas antes de la presencia de agobio en plantas no presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) (Figura 5).

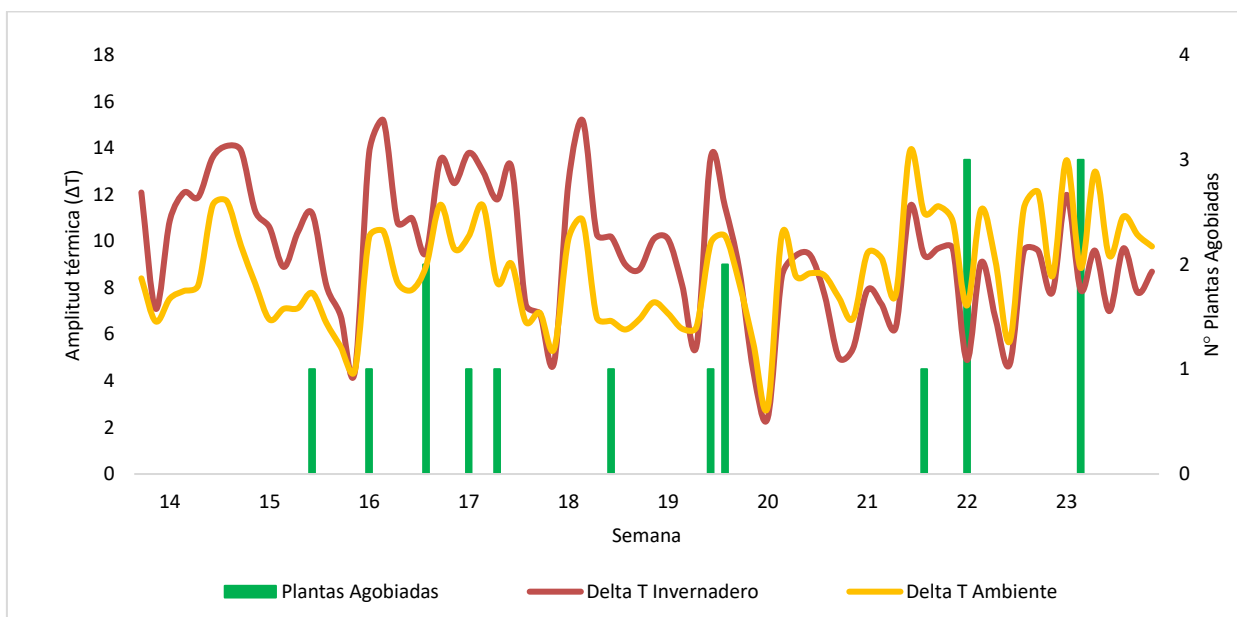


Figura 5. Impacto de la ΔT en la frecuencia de agobio en las plantas.

El agobio solo se manifestó en aquellas plantas que fueron sometidas a cambios de temperatura, con ΔT entre 4 y 5 °C, en un lapso de 7 horas. Esto sugiere que la combinación de estrés, junto con fluctuaciones altas en la ΔT , podría desencadenar la aparición del agobio, ya que hasta la semana 23, de las 17 plantas afectadas por el agobio, los tratamientos CTxDéficit hídrico y CTxInundación representan el 88% de los casos registrados y es importante destacar que el tratamiento de CTxInundación muestra una ligera ventaja en comparación con el otro tratamiento.

Se observó que la mayoría de las plantas mostraban predisposición al arpillamiento, excepto en el tratamiento de déficit hídrico, donde se encontró presencia a menor escala (figura 6A). Por otro lado, aunque se observó arpillamiento tanto en condiciones de capacidad de campo como de inundación, el número de hojas arpilladas en capacidad de campo fue menor en comparación con el tratamiento de inundación. Las plantas sometidas al tratamiento de inundación fueron altamente susceptibles al arpillamiento, ya que el 100% de las plantas bajo este tratamiento presentaron esta condición, y se encontraron plantas con todas sus hojas arpilladas, es importante mencionar, que este fenómeno es un indicador temprano de que las

plantas están experimentando situaciones de estrés, como exceso agua, deficiencias nutricionales o condiciones ambientales desfavorables (Feria et al, 2023) (Figura 6B). Adicionalmente en el tratamiento de inundación, tanto con choque térmico como sin él, se pudo observar la presencia de raíces adventicias en las plantas de banano. Estas raíces adicionales son una respuesta natural y adaptativa de la planta ante la falta de oxígeno en el suelo (Feria et al, 2023) Su función principal es permitir que la planta busque recursos adicionales y mantenga su crecimiento y desarrollo incluso en situaciones desafiantes (Figura 6C).

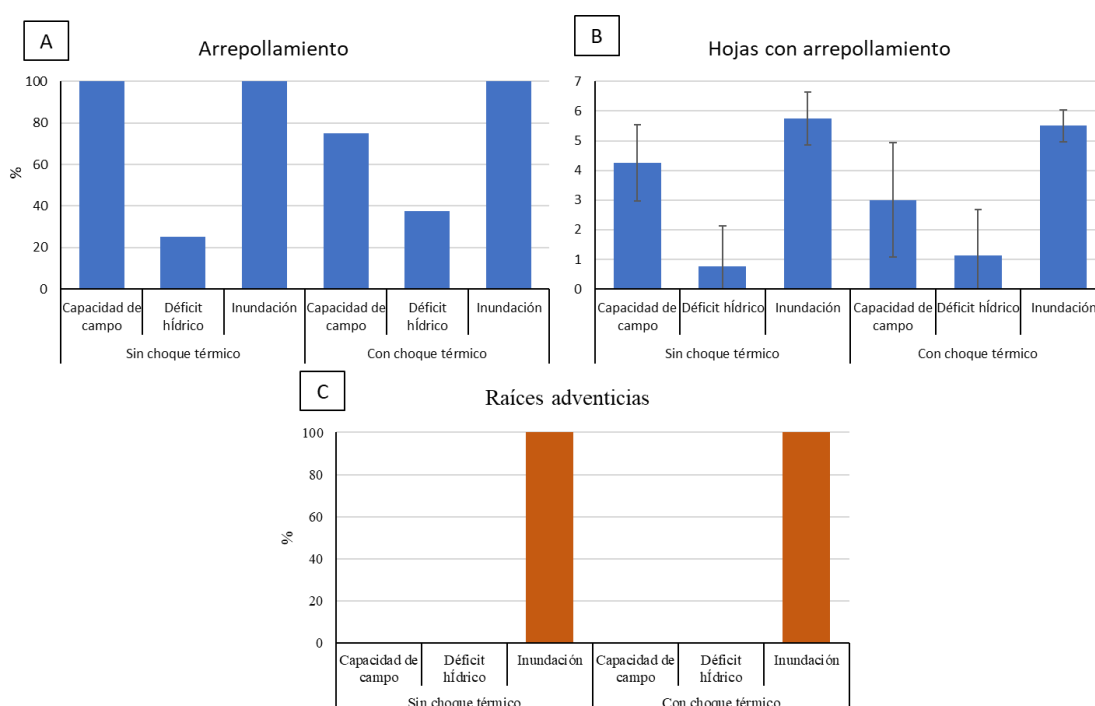


Figura 6. Comportamiento del arrepollamiento y raíces adventicias en los diferentes tratamientos. (A) severidad del arrepollamiento; (B) Numero de hojas arrepolladas; (C) presencia de raíces adventicias.

Campo

Se evaluaron 4485 plantas en el lote 9 de las cuales 686 presentaron agobio; en algunos casos la severidad era mayor, ya que se encontraron plantas hasta con 4 hojas agobiadas (Figura 7).

Los resultados revelaron que, en cuanto a la variación de la ΔT , el coeficiente de correlación más alto se observó en los intervalos de 72 y 48 horas, mientras que, en el caso de la precipitación, el valor más alto se registró a las 24 horas (Figura 8).



Figura 7 Severidad del agobio en plantas de banano.

correlación con clima

Agobio	deltaT_Sem	deltaT_72	deltaT_48	deltaT_24	Pre_sem	Pre_72	Pre_48	Pre_24	Agobio
	Corr: 0.332*	Corr: 0.512***	Corr: 0.476***	Corr: 0.395**	Corr: 0.114	Corr: 0.256	Corr: 0.421**	Corr: 0.515***	

Figura 8. Correlación del agobio con la interacción de las variables climáticas (temperatura y precipitación). Los asteriscos (*) indican correlaciones significativas según el coeficiente de correlación de Spearman ($p < 0.05$).

En el lapso de 72 y 48 horas, se observó una clara tendencia al alza en relación de la ΔT y la manifestación de agobio. Es decir, se encontró que una ΔT superior a 8 °C precedía a la aparición de agobio, y a medida que este incrementaba, también aumentaba la probabilidad presentarse un episodio de agobio. Adicionalmente se observó que deltas de temperatura de 13 °C provocaron agobio en casi el 50% de la población evaluada (Figura 9).

Al realizar el análisis de la Figura 9, se puede observar que las mayores ΔT coinciden con una alta presencia de agobio. Sin embargo, también se aprecia que cuando la ΔT está por debajo del promedio, aún se registran casos de agobio. Por otro lado, existen situaciones en las que la ΔT supera el promedio, pero no se presentan casos de agobio. Estos hallazgos sugieren que la aparición de agobio no se debe únicamente a cambios repentinos de temperatura, sino que puede verse influenciada por otros factores, por lo tanto, resulta necesario continuar con las mediciones para obtener una respuesta más sólida y concluyente en el marco de esta investigación.

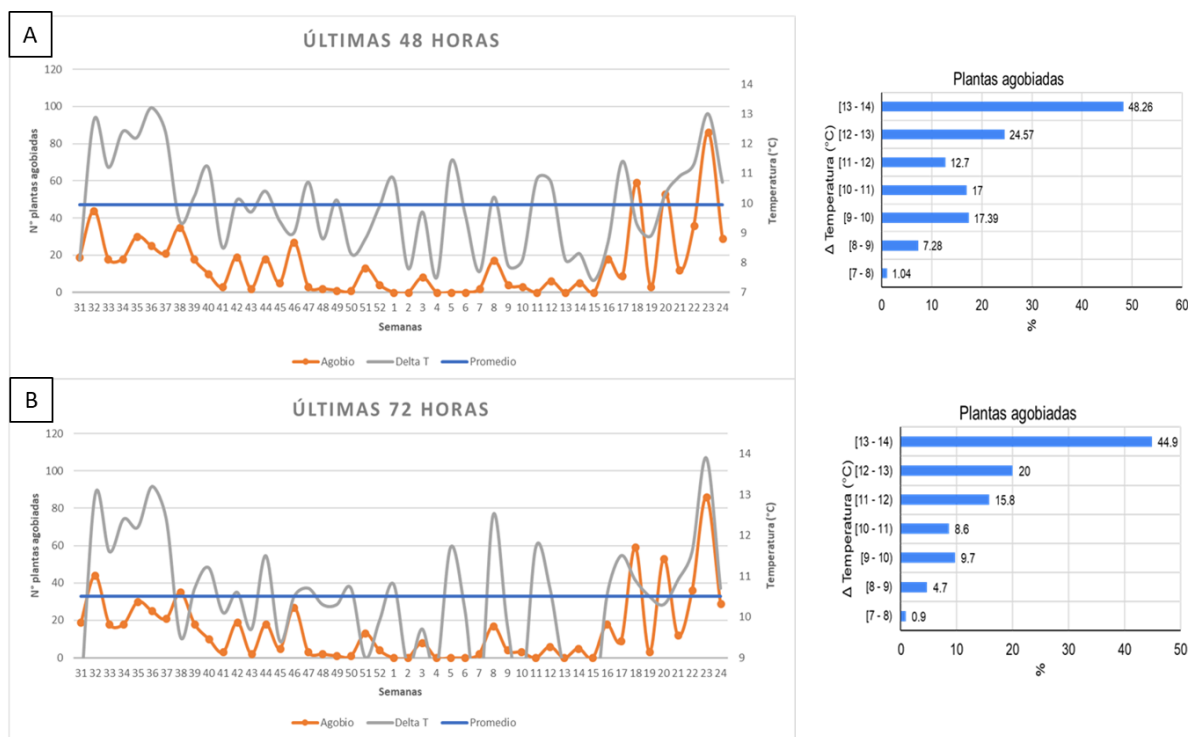


Figura 9. Relación entre la ΔT y aparición de agobio y la tendencia en función del delta de temperatura. (A) últimas 48 horas. (B) últimas 72 horas.

En relación a la precipitación acumulada, se observó que a medida que se reduce la escala de tiempo, existe una mayor correlación entre la precipitación acumulada y la aparición de agobio (Figura 10). Esto indica que la variable que mejor explica este comportamiento es la precipitación acumulada en un período de 24 horas. En las últimas semanas evaluadas se logró observar una tendencia similar entre el comportamiento de la precipitación acumulada y la manifestación de agobio, ya que a medida que aumenta o disminuye la precipitación, también se presenta el mismo patrón en los casos de agobio (Figura 10).

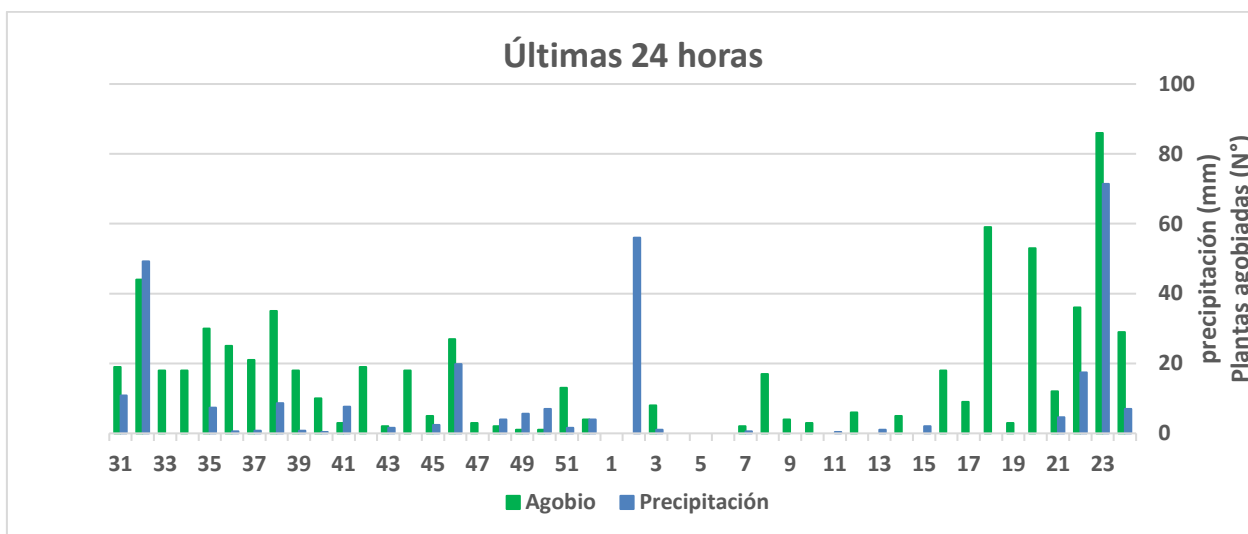


Figura 10. Relación entre la precipitación acumulada de 24 horas y la aparición de agobio.

DISCUSIÓN

El suministro adecuado y constante de agua es crucial para el cultivo saludable del banano. Sin embargo, tanto el anegamiento como el déficit hídrico pueden perjudicar las plantaciones de banano (Nilsen, 1996; Salazar et al., 2014). Así mismo la sensibilidad al estrés por temperatura es común en la mayoría de las especies vegetales, incluyendo el banano, y puede tener consecuencias significativas en su desarrollo, tanto las extremadamente altas, como las extremadamente bajas, en comparación con los umbrales ideales para cada planta, pueden desencadenar respuestas de estrés térmico, que afectan negativamente su crecimiento (Piedrahita et al., 2016).

Durante el estudio realizado, se observó que la cantidad de agua tuvo un impacto significativo en el comportamiento de las plantas, ya que los tratamientos sujetos a condiciones de inundación y déficit hídrico eran los más propensos, a experimentar agobio en combinación con CT, algo similar se ha observado en el cultivo de tomate, en donde reportaron que el estrés por déficit hídrico puede ocasionar el doblamiento de las hojas (Florido & Bao, 2014). Adicionalmente también se observó presencia de arrellamiento y las variaciones climáticas influyen en la severidad de éste (Domínguez et al., 2022; Nansamba et al., 2022).

El estrés por calor puede causar daños irreversibles en el metabolismo y el desarrollo de las plantas; es un fenómeno complejo que involucra la duración del

estrés, la tasa de su incremento y las temperaturas máximas alcanzadas (Porch & Pasillo, 2017), es por esto que el aumento de esta en todo el mundo se ha convertido en una gran preocupación, que no solo afecta el crecimiento de las plantas, sino también su productividad, especialmente en cultivos agrícolas como lo es el banano (Nilsen, 1996), que son sensibles a la sequía, en donde los efectos reportados incluyen retraso en el crecimiento, reducción en el tamaño y número de brotes y/o racimos, secamiento y quiebre del pseudotallo (Nansamba et al., 2022). En las plantas evaluadas en campo se observó alta incidencia de la ΔT en la aparición de agobio, este fenómeno puede atribuirse al impacto negativo de las altas temperaturas que afectan la fotosíntesis, la respiración, las relaciones hídricas y la estabilidad de las membranas, la regulación hormonal y el metabolismo secundario de las plantas (Chaves & Gutiérrez, 2017; Jarma et al., 2012).

Es fundamental considerar que, para determinar con certeza los factores desencadenantes del "agobio", se requiere realizar otras evaluaciones complementarias, entre ellas se incluye el muestreo y análisis de tejidos vegetales afectados, que permitan detectar posibles desequilibrios nutricionales que podrían estar relacionados con el agobio, así como la presencia de fitohormonas. Adicionalmente también se hace necesario incluir en el estudio otros factores ambientales que podrían estar implicados en la aparición de agobio; estas evaluaciones adicionales contribuirán a obtener una visión más completa de las causas del agobio en las plantas de banano.

CONCLUSIONES

En conclusión, el estudio sobre la aparición de agobio en plantas de banano reveló una clara influencia de la temperatura y la precipitación en este fenómeno. Se observó que las mayores ΔT estuvieron asociados a una mayor presencia de agobio, lo que sugiere que los cambios bruscos de temperatura desempeñan un papel importante en su manifestación. Además, se encontró una correlación entre la precipitación acumulada, especialmente en un período de 24 horas, y la aparición del agobio, indicando que la cantidad y distribución de la lluvia también influyen en este proceso.

Sin embargo, se identificaron casos en los que el agobio se presentó incluso con ΔT por debajo del promedio, lo que sugiere que otros factores pueden estar involucrados en su aparición. Por lo tanto, es fundamental continuar con las

mediciones y la investigación para obtener una comprensión más sólida y concluyente de los mecanismos subyacentes al agobio en las plantas de banano. Estos hallazgos brindan una base sólida para futuras estrategias de manejo y mitigación del agobio en el cultivo del banano.

REFERENCIAS

1. Arias, P., Dankers, C., Liu, P., & Pilkauskas, P. (2004). *la economía mundial del banano 1985-2002*.
2. Atkinson, N. J., & Urwin, P. E. (2012). The interaction of plant biotic and abiotic stresses: From genes to the field. In *Journal of Experimental Botany* (Vol. 63, Issue 10, pp. 3523–3544). <https://doi.org/10.1093/jxb/ers100>
3. AUGURA. (2023). *COYUNTURA BANANERA*.
4. Benavides, A. Cadavid, M. (2019). Identificación y manejo integrado de PLAGAS de Banano y Plátano en Urabá y Magdalena. ISBN: 978-958-95018-9-4.
5. Carvajal, M. (2016). *Impactos de la variabilidad y el cambio climático sobre el cultivo de banano (Musa spp)*.
6. Chaves, B., & Gutiérrez, N. (2017). Respuestas al estrés por calor en los cultivos. II. Tolerancia y tratamiento agronómico. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 255. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21904>
7. Domínguez, J., Mesczezen D, A., Silva R, C., Passos D, M., Rozane, D. E., & Nardini Gomes, E. (2022). *Arrepollamiento de banano asociado a variaciones climáticas y nutricionales*.
8. FAO. (2002). *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030: informe resumido*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
9. FAO. (2009). *La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050*.
10. FAO. (2020). *Seguridad Alimentaria bajo la Pandemia de COVID-19 **.
11. FAOSTAT. (2019). *BANANA Statistical Compendium*.
12. Fera, D., Londoño, D. Zapata, S. (2023). ABC del cultivo de banano - Región de Urabá Estrategias técnicas para mejorar la productividad. ISBN: 978-958-52529. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24751.10402>
13. Florido, M., & Bao, L. (2014). *Tolerancia a estrés por déficit hídrico en tomate (Solanum lycopersicum L.)*.
14. Jangale, B. L., Chaudhari, R. S., Azeez, A., Sane, P. V., Sane, A. P., & Krishna, B. (2019). Independent and combined abiotic stresses affect the physiology and expression patterns of DREB genes differently in stress-susceptible and resistant genotypes of banana. *Physiologia Plantarum*, 165(2), 303–318. <https://doi.org/10.1111/ppl.12837>
15. Jarma, A., Cardona, C., & Araméndiz, H. (2012). *Efecto del cambio climático sobre la fisiología de las plantas cultivadas: una revisión*.
16. Londoño, D., Fera, D., & Zapata, S. (2022). *CENIBANANO (Selección oportuna y desmache)*. ISBN: 978-958-52529-4-3.
17. Martínez, A. M., Acosta, M., Gerardo, D., & Salinas, C. (2011). Dynamics of Growth and Development of Banana (Musa AAA Simmonds cvs. Gran Enano and Valery). In *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín* (Vol. 64, Issue 2).
18. Moreno, L. P. (2018). *Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico*.
19. Nansamba, M., Sibiya, J., Tumuhimise, R., Ocimati, W., Kikulwe, E., Karamura, D., & Karamura, E. (2022). Assessing drought effects on banana production and on-farm coping strategies by farmers — a study in the cattle corridor of Uganda. *Climatic Change*, 173(3–4), 21. <https://doi.org/10.1007/s10584-022-03408-w>

20. Nilsen, E. T.; O. D. M. (1996). *Physiology of plants under stress. Abiotic factors*.
21. Panigrahi, N., Thompson, A. J., Zubelzu, S., & Knox, J. W. (2021). Identifying opportunities to improve management of water stress in banana production. *Scientia Horticulturae*, 276, 109735. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2020.109735>
22. Piedrahita, Y., Boza, J., & Muñoz Baquedano. (2016). *Efectos del cambio climático en la producción agrícola del banano en el cantón valencia*.
23. Pinzón, A., Ferial, D., Pérez, G., Arango, L., Rey, V., Zapata, S. (2023). New proposed of standard area diagram scale for assessing black sigatoka in bananas. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3064196/v1>
24. Porch, T., & Pasillo, A. (2017). *Tolerancia al calor*.
25. PROCOLOMBIA. (2021). *BANANO EN COLOMBIA*. <https://procolombia.co/>
26. Salazar, E., Trujillo, I., Macías, M. P., Angélica Gutiérrez, M., Castro, L., Vallejo, E., Torrealba, M., & Autor, *. (2014). *Respuesta fisiológica al estrés hídrico de plantas de banano cv. "Pineo gigante" (Musa AAA) regeneradas a partir de yemas irradiadas*.
27. Soto, M. (2002). *BANANOS 1 Conceptos basicos*.
28. Soto, M. (2015). *BANANOS 2 (tecnologías de producción)* (Vol. 2).
29. Stott, P. A., Allen, M., Christidis, N., Dole, R., Hoerling, M., Huntingford, C., Pall, P., Perlwitz, J., & Stone, D. (2011). *Attribution of Weather and Climate-Related Extreme Events*.
30. Uribe, E. (2015). *El cambio climático y sus efectos en la biosiversidad en américa latina*.
31. Xiong, L., Schumaker, K. S., & Zhu, J. K. (2002). Cell signaling during cold, drought, and salt stress. *Plant Cell*, 14(SUPPL.). <https://doi.org/10.1105/tpc.000596>