

9. DESORDENES FISIOLÓGICOS EN LA PLANTA DE BANANO DURANTE LAS ETAPAS CRÍTICAS DE DESARROLLO DE LA INFLORESCENCIA, FLORES Y FRUTOS.

9.1 INTRODUCCIÓN

Muchos desordenes fisiológicos que se observan en la fruta del banano son ocasionados por condiciones ambientales, de suelo y manejo adversas durante periodos críticos de desarrollo de la planta, que pueden ser durante la iniciación y diferenciación de la inflorescencia, durante la diferenciación y desarrollo de la flor o durante las primeras semanas de desarrollo del fruto cuando aún se está presentando la división celular.

Estos desordenes causan pérdida de productividad en las fincas bananeras, sin embargo el momento en que se generaron y los factores ambientales, de suelo y de manejo que incidieron para la presencia e incremento de estos desordenes muchas veces no son claramente entendidos. Lo que conlleva a que se tomen medidas de manejo desfasadas en el tiempo respecto al momento oportuno para realizarlas y por eso los resultados no se reflejan en la disminución de los problemas.

Además, cada día se presentan eventos climáticos más extremos y por esto los desordenes fisiológicos son más comunes y frecuentes y se generan mayores pérdidas económicas. Por esto hay que profundizar en su conocimiento para tomar las medidas adecuadas en el tiempo y lograr disminuir sus impactos sobre la productividad.

9.2 DESORDENES FISIOLÓGICOS

9.2.1 Durante el Desarrollo de la Inflorescencia

Durante de la diferenciación de la inflorescencia condiciones adversas, carencia de elementos esenciales o condiciones genéticas propias de la planta, pueden originar que se presenten frutos denominados peguetas, pachas o peinetas (figura 1).

Estos frutos provienen de flores que no se diferencian adecuadamente y que se unen con otras flores con diferentes patrones, como la unión parcial de dos flores por su pedicelo (pegueta) generalmente se presentan en las manos basales. La unión de dos o más flores (pacha) se encuentra en las manos basales en tres posiciones (lateral, triple y entrefila) o por conformación de una sola fila de dedos (peinetas).

Cuando se identifica en la cosecha el incremento de uno de estos desordenes se debe correlacionar con las condiciones ambientales y nutricionales que se presentaron durante la iniciación y diferenciación floral. Esto es al menos 26 a 28 semanas antes de la semana en que se cosecha la fruta (suma de las semanas de la etapa productiva + la suma de la etapa reproductiva en la finca), para el caso la zona de Urabá.

Condiciones de sequía o exceso de agua en el suelo son dos de las condiciones asociados con el incremento de este defecto de la fruta pero las deficiencias de nutrientes como boro, zinc y calcio esenciales para procesos de diferenciación y división celular pueden de igual forma incrementar el problema.



Figura 1. Defectos de calidad en la fruta: Peguetas



Figura 2. Defectos de calidad en la fruta: Pachas



Figura 3. Defectos de fruta: peinetas.

9.2.2 Durante el Desarrollo de la Flor

La flor es sensible a condiciones adversas cuando:

- El ovario y tejidos asociados se está diferenciando poco después de la iniciación floral.
- Cuando el perianto y los estambres se están formando.
- Cuando el megasporangio esta diferenciándose tres a seis semanas antes de floración (Turner *et al.*, 2007).

Condiciones adversas cuando el ovario se está diferenciando está asociado con deformación de la fruta. Estos frutos son caracterizados por un reducido número de lóculos en el ovario (figura 4), o incluso algunas flores no tienen lóculos. Las condiciones adversas durante la megasporogénesis y formación del saco embrionario ocasionan la malformación del ovulo por sí mismo (Turner *et al.*, 2007; Fortescue & Turner, 2004; Fahn *et al.* 1961).

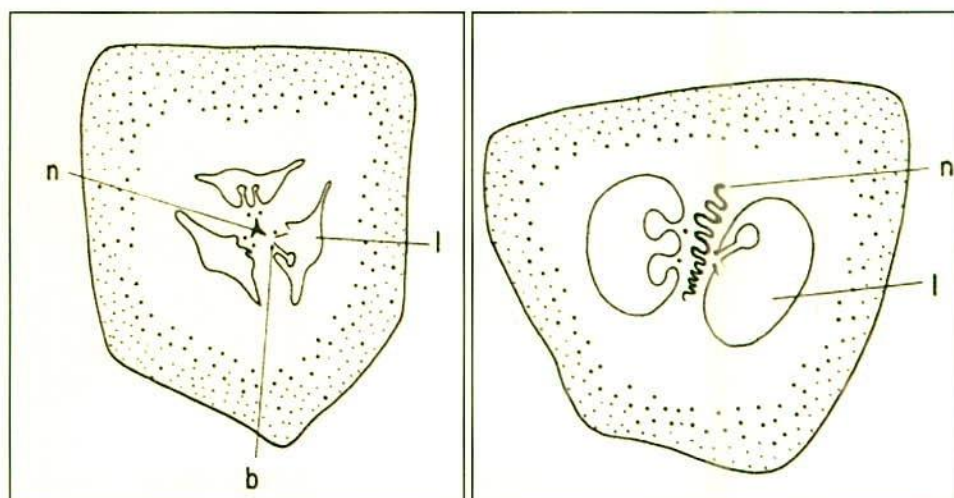


Figura 4. Flores normales mostrando tres lóculos y anormales de banano con dos lóculos. (Fahn *et al.*, 1961).

9.2.3 Durante el Desarrollo del Fruto

El fruto es sensible a desordenes fisiológicos en condiciones adversas durante las primeras semanas de su desarrollo cuando aun se presenta división celular. Esto se da principalmente por la carencia de nutrientes claves en los procesos de formación de pared y estabilidad de la membrana celular.

9.3 DESORDEN FISIOLÓGICO: MANCHA DE MADUREZ

9.3.1 Generalidades

La mancha de madurez es un desorden fisiológico que se presenta en los frutos del banano causado por una deficiencia de calcio, magnesio y boro o un desbalance con otros nutrientes en las células epidérmicas de la cáscara del banano (figura 5). Esto origina el colapso de las membranas celulares, seguido por la oxidación de los fluidos intracelulares (Daniells *et al.*, 1987; Díaz *et al.*, 2007).

Estos desordenes durante el desarrollo del fruto se presentan porque una vez cada célula se divide, se debe formar su pared y membrana celular, y para esto deben haber disponibilidad de los elementos necesarios para ello. Si los nutrientes no han estado previamente disponibles en la planta y tampoco son absorbidos o translocados hacia los frutos durante el periodo de división celular, los desordenes fisiológicos se presentaran y su intensidad dependerá de las condiciones ambientales durante la expansión de la células de la fruta.

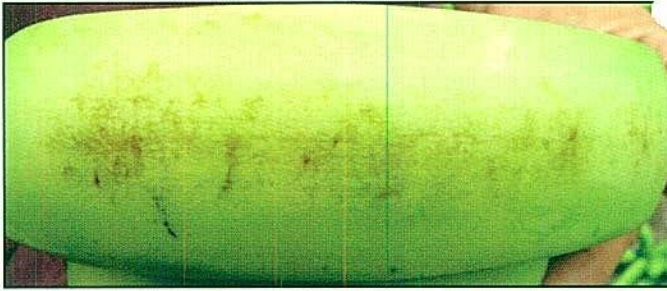


Figura 5. Mancha de madurez en banano

El primer síntoma de la mancha de madurez es una coloración marrón rojiza en la región curvada exterior de la fruta. A medida que el trastorno se intensifica la lesión se convierte en una lesión sólida. Los dedos laterales presentan mayor incidencia del problema. Los dedos torcidos o mal formados son también susceptibles a la mancha de madurez (Williams *et al*, 1990 y autores allí citados).

La tasa de crecimiento del racimo influye en la severidad con que se presenta el desorden, siendo mayor el problema a mayor tasa de crecimiento y llenado del fruto (figura 6), después de periodos de limitada absorción y movilidad de calcio hacia los frutos.



Figura 6. Variables relacionadas con los niveles de mancha de madurez.

Normalmente el desorden se observa en los frutos de las manos basales que son los de mayor crecimiento y la sintomatología empieza aparecer cerca a la cosecha. Pero, bajo condiciones extremas de absorción y translocación de calcio, magnesio o boro durante varias semanas, la sintomatología puede presentarse en todo el racimo y observarse desde etapas tempranas del desarrollo del mismo.

No debe confundirse con la sintomatología ocasionada por el trips de la mancha roja (*Chaetanaphothrips signipennis*) figura 7, aunque los dos problemas pueden estar estrechamente asociados. Las dos generan una decoloración marrón rojiza y en ambos casos las lesiones son superficiales. Sin embargo, la decoloración de mancha de madurez es en una lesión continua, entre tanto la decoloración causada por los trips tiene una forma ovalada.

Algunas diferencias de estas dos sintomatologías:

- El daño por trips ocurre principalmente al lado de los frutos, entre dedos, pero en casos severos todo el fruto puede afectarse; la decoloración tiene forma ovalada y al interior hay tejido sano; hay orificios de punción por insectos; visto al microscopio se observa que se presenta tanto grietas longitudinales y transversales en la superficie del fruto (Williams *et al*, 1990 y autores allí citados).
- La mancha de madurez se presenta en la curvatura externa del fruto principalmente y la lesión puede ser continua o difusa, no hay señales por daños por punción; visto al microscopio se observan que las grietas se presentan en el sentido longitudinal del fruto.

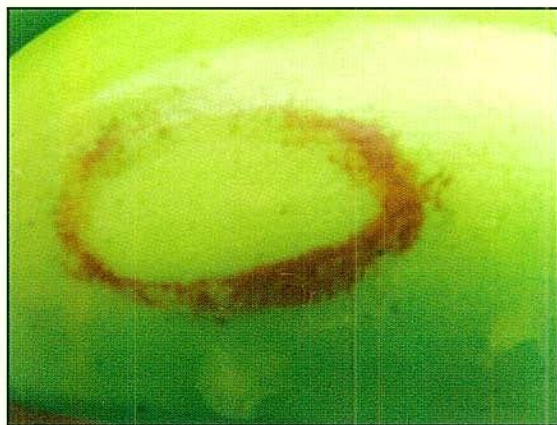


Figura 7. Sintomatología del daño por el trips de la mancha roja.

9.32 Factores asociados con mancha de madurez en banano

El desbalance de nutrientes al interior de los tejidos del fruto y la deficiencia de calcio, magnesio y boro se pueden dar por dos razones fundamentales:

1. La incapacidad de la planta de tomar nutrientes del suelo (Absorción). Esto se puede dar por exceso o déficit hídricos, salinidad, deficiencias o desbalances de nutrientes en el suelo.
2. La baja movilidad inherente al calcio y al boro dentro de la planta lo que puede limitar bajo ciertas condiciones ambientales su llegada al fruto (Translocación):

Por estas razones, no solamente se debe relacionar este problema con la cantidad de fertilizante aplicado (Mora y García, 2010), sino más bien al conjunto de condiciones que limiten la absorción de nutrientes o su movilidad, como las propiedades físicas del suelo y su manejo (niveles freáticos, drenaje, resistencia

a la penetración, infiltración, macro y microporosidad, etc), las condiciones ambientales, la humedad del suelo y las relaciones entre los nutrientes. Todos estos aspectos están relacionados con un adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo y con la nutrición del mismo.

A continuación se presenta un diagrama de todos los factores asociados con la mancha de madurez en banano (figura 8).

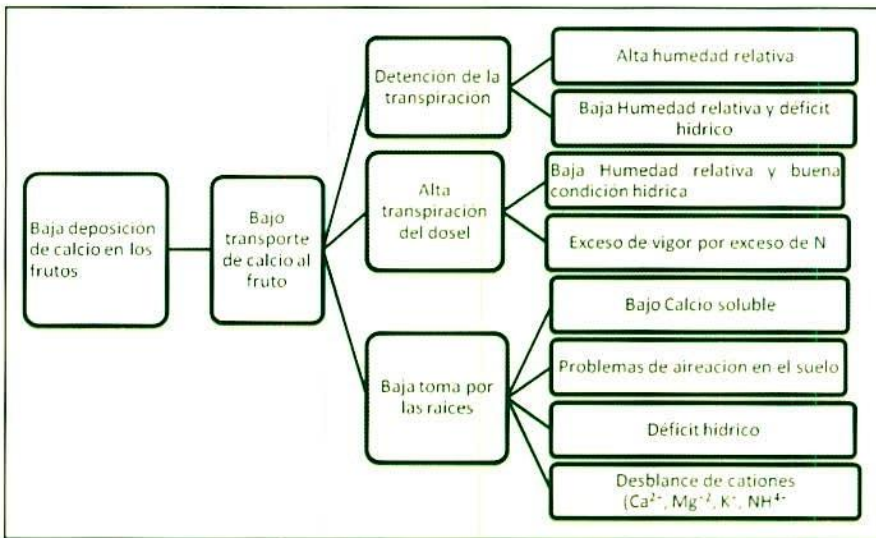


Figura 8. Factores asociados a la baja deposición de calcio en los frutos y que causan la mancha de madurez.

9.3.3 Periodos y fases críticas relacionados con el desorden.

El rendimiento y calidad de la fruta obtenida en una semana en particular, es el reflejo del conjunto de prácticas agronómicas realizadas o no y de las condiciones ambientales que afectaron a una población de plantas durante su ciclo de vida.

Durante el desarrollo de las plantas hay etapas y fases críticas como la iniciación floral (alrededor de 14 semanas antes de la floración). Las condiciones ambientales y nutricionales previas y durante esta fase tienen una gran influencia en la determinación del potencial racimo a cosechar.

Para el caso del calcio, desde la etapa de iniciación y diferenciación floral hasta floración la acumulación en los tejidos de la planta se da en forma acelerada y en el caso del racimo la mayor acumulación se da hasta la semana 2 (figura 9).

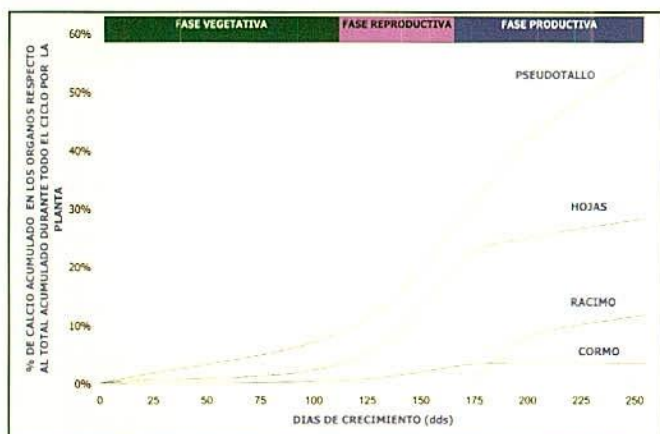


Figura 9. Porcentaje de acumulación de calcio por órgano en cada etapa del cultivo respecto a la concentración máxima de calcio en toda la planta durante el ciclo de desarrollo.

Las condiciones que limitan la absorción y movilidad de nutrientes desde la iniciación floral, durante la etapa reproductiva y hasta 2 semanas después de la floración, influyen en la manifestación de la mancha de madurez. Las condiciones previas a la floración y durante las dos primeras semanas de llenado del racimo son más críticas y determinantes en la severidad con que se presente este desorden fisiológico.

El incremento de la temperatura promedio entre 0,5 a 1 °C y un periodo de sequía prolongado, son factores que afectan la llegada de nutrientes a la fruta y por ende tiene influencia sobre el desorden fisiológico, debido a la natural disminución de la transpiración por el cierre de estomas, generando disminución de la absorción de nutrientes (figura 10).

Esta disminución de la transpiración afecta principalmente la llegada de los nutrientes que tiene baja movilidad por el floema (calcio y boro) o que su transporte en la planta es principalmente pasivo como el caso del magnesio.

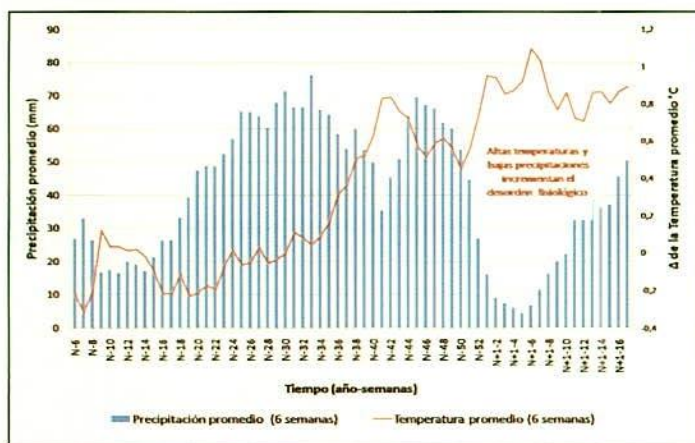


Figura 10. Factores ambientales que inciden sobre la transpiración y por ende predisponen la presencia de mancha de madurez. N: Año inicial de medición, seguido de la semana calendario.

El posterior aumento de precipitaciones durante el periodo de expansión celular de la fruta, de las poblaciones de plantas predispuestas por condiciones ambientales y nutricionales, influye sobre la severidad del desorden fisiológico. Por esto entre mayor sea el contraste en condiciones de precipitación entre el periodo de floración y el periodo de llenado de la fruta mayor será la severidad por la mancha de madurez (figura 11).

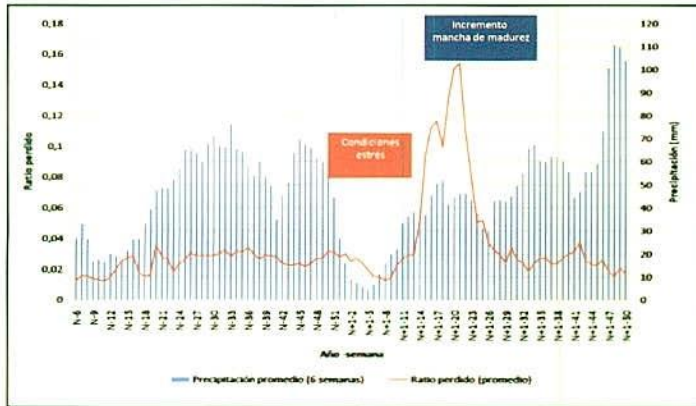


Figura 11. Variabilidad temporal de mancha de madurez y precipitaciones en la región de Urabá Colombia. N: Año inicial de medición, seguido de la semana calendario.

En periodos de déficit hídrico la absorción de nutrientes es limitada o nula y depende del estado de humedad del suelo, por esto el efecto del desorden fisiológico es diferente en fincas con y sin riego.

9.3.4 Disponibilidad de nutrientes en la solución del suelo

Desde la solución del suelo las plantas absorben los nutrientes que necesitan para su crecimiento y desarrollo. Los limitantes que se pueden presentar para la absorción son:

- Durante los periodos de sequía, principalmente en sistemas productivos sin riego los nutrientes no son absorbidos por las plantas ya que no se encuentran en la solución del suelo independientemente de su riqueza en el complejo de cambio, o en condiciones de baja humedad del suelo los nutrientes que se mueven hacia la rizosfera por flujo de masas es limitado.
- No hay una concentración adecuada en la solución del suelo de un determinado nutriente que satisfaga los requerimientos nutricionales del cultivo debido a:

- **Desbalance de nutrientes:**

Algunos cationes y aniones pueden predominar sobre otros. Por ejemplo, la nutrición con nitrógeno en donde se utilizan solo fuentes amoniacales o

amídicas puede reducir la absorción y concentración de calcio dentro de la planta.

De la misma manera puede haber antagonismo en la absorción de nutrientes entre calcio, magnesio y potasio, por lo que un exceso de fertilización con alguno de estos nutrientes puede limitar la absorción de los otros.

En la tabla 1 se presenta las correlaciones entre nutrientes evaluados en la cáscara de banano en fincas afectadas por mancha de madurez, durante semanas críticas del problema. El contenido de nutrientes como el calcio, magnesio y boro están correlacionados positivamente entre sí y los tres nutrientes presentaron correlaciones negativas con el potasio.

El potasio que es importante para la expansión celular, en condiciones de baja absorción y de movilidad de los demás nutrientes, su exceso o desequilibrio puede incrementar el problema fisiológico. Esto indica que el balance de nutrientes tiene una influencia sobre el desorden fisiológico.

Tabla 1. Correlaciones entre el contenido de nutrientes en la cáscara de la fruta en banano en periodos de alta severidad por mancha de madurez.

	sem	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Na
sem	1,00	0,23	-0,26	-0,17	0,13	0,14	-,390(*)	-0,03	-,406(*)	0,22	-,745(**)	-,424(*)	-,396(*)	-,407(*)
N	0,23	1,00	-0,08	0,23	-0,05	-0,13	0,15	0,33	0,15	0,13	-0,11	-0,23	-0,18	0,11
P	-0,26	-0,08	1,00	,655(**)	-0,12	-0,06	,642(**)	,399(*)	-0,20	-0,17	0,22	,743(**)	,395(*)	,411(*)
K	-0,17	0,23	,655(**)	1,00	-,598(**)	-,605(**)	,596(**)	,527(**)	-0,13	-0,01	0,22	,582(**)	0,14	0,27
Ca	0,13	-0,05	-0,12	-,598(**)	1,00	,926(**)	-0,32	-0,25	-0,13	-0,27	-0,18	-0,27	,382(*)	0,03
Mg	0,14	-0,13	-0,06	-,605(**)	,926(**)	1,00	-0,35	-0,18	-0,16	-0,29	-0,19	-0,19	,365(*)	0,01
S	-,390(*)	0,15	,642(**)	,596(**)	-0,32	-0,35	1,00	0,17	0,21	0,21	0,35	,672(**)	0,01	,398(*)
Cl	-0,03	0,33	,399(*)	,527(**)	-0,25	-0,18	0,17	1,00	-,428(*)	-0,21	-0,08	0,34	0,12	0,33
Fe	-,406(*)	0,15	-0,20	-0,13	-0,13	-0,16	0,21	-,428(*)	1,00	,410(*)	,492(**)	0,04	-0,22	-0,19
Mn	0,22	0,13	-0,17	-0,01	-0,27	-0,29	0,21	-0,21	,410(*)	1,00	-0,01	0,06	-,556(**)	-0,33
Cu	-,745(**)	-0,11	0,22	0,22	-0,18	-0,19	0,35	-0,08	,492(**)	-0,01	1,00	,383(*)	0,15	0,00
Zn	-,424(*)	-0,23	,743(**)	,582(**)	-0,27	-0,19	,672(**)	0,34	0,04	0,06	,383(*)	1,00	0,16	0,28
B	-,396(*)	-0,18	,395(*)	0,14	,382(*)	,365(*)	0,01	0,12	-0,22	-,556(**)	0,15	0,16	1,00	,489(**)
Na	-,407(*)	0,11	,411(*)	0,27	0,03	0,01	,398(*)	0,33	-0,19	-0,33	0,00	0,28	,489(**)	1,00

* Correlaciones significativas estadísticamente entre nutrientes. ** Correlaciones altamente significativas entre nutrientes.

- **Solubilidad de nutrientes**, muchas de las especies químicas presentes en el suelo son poco solubles y no pasan a la solución del suelo con la rapidez y cantidad necesaria que lo requiere el crecimiento del cultivo.

Por esta razón, en muchas ocasiones no se encuentran correlaciones entre el contenido de nutrientes en el suelo y el contenido de nutrientes en la planta, como se indica en las figuras 12 y 13. Por esto los análisis de suelos, que son una herramienta en la toma de decisiones de nutrición del cultivo, deben interpretarse con precaución y junto con los análisis foliares y las condiciones ambientales de la zona.

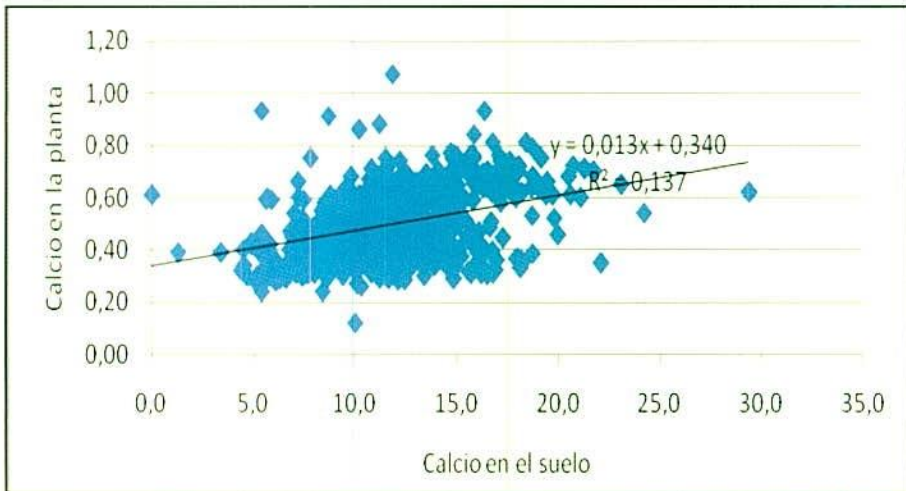


Figura 12. Relación entre el contenido de Calcio en el suelo vs el contenido de calcio foliar

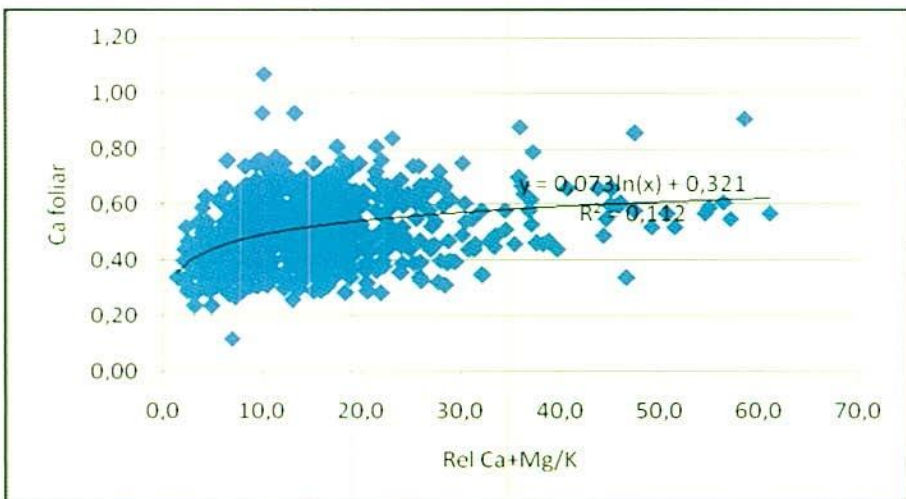


Figura 13. Regresión entre la relación Ca +Mg/ K en el suelo y el contenido de Calcio foliar.

9.3.5 Movilidad de nutrientes en la planta

Cuando los elementos minerales han sido absorbidos por las raíces son transportados hacia órganos como las hojas y frutos a través de los vasos xilemáticos. La fuerza motora de este transporte es la corriente transpiratoria. Las hojas, en comparación con los frutos, presentan una mayor tasa de transpiración y por tanto, la llegada de nutrientes a través de la corriente transpiratoria es mayor en dichos tejidos y menor en los frutos. El calcio tiene baja o nula movilidad a través del floema.

Los nutrientes que tiene baja movilidad por el floema y los que llegan a la superficie de la raíces a través de flujo de masas son los que están asociados a este desorden fisiológico, como el caso de calcio, magnesio y boro.

La disponibilidad de nutrientes para el crecimiento y llenado del racimo durante dicha condición adversa, proviene de las reservas del nutriente dentro de la planta, pero si la transpiración es afectada severamente su movilidad será limitada.

Las plantaciones con un manejo adecuado de nutrición y fertilización del cultivo que contemple periodos críticos de aplicación de nutrientes van a disminuir el problema, pero bajo condiciones adversas extremas este no desaparece completamente, porque la movilidad de los nutrientes asociados al desorden, depende de la corriente transpiratoria que disminuye en condiciones de sequía, temperaturas altas, etc.

9.3.6 Manejo agronómico para reducir el impacto de mancha de madurez

La variabilidad en la magnitud de las pérdidas en producción entre las fincas de una misma zona, está influenciado por el manejo agronómico específico realizado en cada finca y el nivel de productividad; por esto algunas son afectadas en mayor grado que otras. Algunas prácticas relevantes que ayudan a reducir el impacto de la mancha de madurez son:

Aireación del suelo

Bajo condiciones de baja disponibilidad de oxígeno, el crecimiento radical es afectado y la absorción de nutrientes se reduce o se detiene independientemente de su disponibilidad en la solución del suelo.

Por esto hay que mejorar las condiciones de aireación de acuerdo a las condiciones específicas de cada lote, con prácticas que permitan descompactar el suelo y mejorar la infiltración del agua en el perfil del mismo, como el "hércules

o trincheo" realizado planta a planta o el subsolado generalizado del suelo (figura 14).



Figura 14. Prácticas de fraccionamiento mecánico y manual del suelo.

El hércules planta a planta, debe realizarse antes de iniciación y diferenciación floral y se recomienda que sea específico a cada unidad productiva. En términos prácticos se debe realizar así:

- Seleccionar plantas que tengan racimos de 7 y 8 semanas de identificados (depende de cada finca).
- En esas plantas realizar el hércules con aplicación de materia orgánica o enmienda a los hijos de sucesión. Gran parte de los hijos de sucesión de estas plantas les faltan varias semanas antes de la iniciación y diferenciación floral, por lo que el efecto de la práctica es leve fisiológicamente.
- Cada dos semanas se deben seleccionar la nuevas plantas sobre las que se realizará la práctica.
- Bajo este sistema el número de veces a realizar hércules es el mismo valor del retorno calculado en la finca, esto quiere decir que si la finca tiene un

retorno de 1,5, este es el número de veces que por unidad de área se realizara el hércules durante el año.

Si la práctica del hércules se hace de manera generalizada, sin tener en cuenta los estados fenológicos y se concentra en un lapso de tiempo determinado, hay la desventaja que una parte de la población se encontraría en las fases críticas de iniciación y diferenciación floral y pueden ser estresadas, aspecto que debe tenerse en cuenta para determinar la época del año más apropiada.

Por esto, se recomienda para la zona de Urabá realizar el Hércules generalizado durante el segundo semestre de cada año cuando haya una proporción de plantas jóvenes y próximas a la diferenciación floral (les falta algunas semanas para llegar a dicha fase) previa evaluación poblacional, esto se presenta generalmente alrededor de la semana 40. Esto además estimula el crecimiento de radical de las plantas que se cosecharan durante el primer semestre del año. Bajo este sistema se debe realizar la práctica del hércules al menos una vez al año.

● **Mantenimiento adecuado de la red de drenajes**

Se debe garantizar una evacuación adecuada del exceso de agua en el suelo para un apropiado crecimiento radical y absorción de nutrientes. Por lo tanto hay que monitorear los niveles freáticos y la velocidad de infiltración del agua en el suelo y con base en esta información determinar las adecuaciones o construcciones a realizar en la red de drenaje.

● **Monitoreo de la humedad del suelo en fincas con riego**

Se debe realizar el monitoreo del contenido de humedad de agua en la zona de mayor desarrollo radical de las plantas (0-60 cm), para que con dicha información y con la información climática disponible, se puedan tomar decisiones de frecuencias y cantidades apropiadas de riego de acuerdo a las características particulares de cada finca.

● **Aplicación de nutrientes**

Realizar el plan de fertilización que contemple aspectos como:

1. La extracción de nutrientes por el cultivo que depende del nivel de productividad esperado.
2. La dinámica de acumulación de nutrientes.
3. Determinar las épocas críticas de aplicación de acuerdo con el comportamiento de los estados fenológicos de la población de plantas.

4. Hacer los ajustes al plan de acuerdo con los contenidos de nutrientes y la relación de bases que se presentan en el suelo.
- **Monitoreo de las condiciones climáticas para tomar decisiones de corte de fruta**

Es indispensable monitorear las condiciones climáticas para tomar medidas durante las épocas de riesgo como ya se indicó, que reduzcan el efecto. Por ejemplo realizar “precorte del racimo” para evitar un mayor grado de fruta y por ende disminuir la severidad de la mancha de madurez.

- **Evaluación de prácticas de protección de la fruta que limiten la transpiración en algunos periodos del año.**

En algunos periodos del año El guantelete puede ser un factor adicional que limite la transpiración del fruto, por lo que se debe evaluar la pertinencia de su uso en la época de sequía y en las semanas de alta humedad relativa por excesivas lluvias y bajo brillo solar. Su uso va a depender del nivel de pérdida de fruta por cicatrices de crecimiento versus las pérdidas por mancha de madurez. Esta decisión debe tomarse para las condiciones particulares de cada finca.

BIBLIOGRAFIA

- Daniells, J. W., et al.. 1987. Soil water stress at bunch emergence increases maturity bronzing of banana fruit. En: *Queensland Journal of Agriculture of Animal Science*. Vol. 44, no. 2, p. 97-100.
- Díaz, A., G. Cayón y J. J. Mira. 2007. Metabolismo del calcio y su relación con la "mancha de madurez" del fruto de banano: una revisión. En: *Agronomía Colombiana*. Vol. 25, no. 2, p. 280-287.
- Fahn, A., N. Klarman Kislev y D. Ziv. 1961. The abnormal flower and fruit of may-flowering dwarf Cavendish bananas. En: *Botanical Gazette*. Vol. 123, no. 2, p. 116-125.
- Fortescue, J. A. y D. W. Turner. 2005. The association between low temperatures and anatomical changes in preanthetic ovules of musa (Musaceae). En: *Scientia Horticulturae: an international journal*. Vol. 104, no. 4, p. 433-444.
- Mora P., I. y J. García M. 2010. Efecto de dos programas de fertilización sobre rendimiento, sigatoka negra y mancha de madurez en banano. En: *XIX Reunión Internacional ACORBAT 2010. Memorias*. P. 525-526.
- Turner, D. W., J. A. Fortescue y D. S. Thomas. 2007. Environmental physiology of the bananas (*Musa spp.*). En: *Brazilian Journal of Plant Physiology*. Vol. 19, no. 4, p. 463-484.
- Williams, M. H., M. Vesk, y M. G. Mullins. 1990. Development of the banana fruit and occurrence of the maturity bronzing disorder. En: *Annals of Botany*. Vol. 65, no. 1, p. 9-19.