

06

Fecha de presentación: septiembre, 2019

Fecha de aceptación: noviembre, 2019

Fecha de publicación: diciembre, 2019

EFFECTO DE LAS APLICACIONES DE FUNGICIDAS COMERCIALES SOBRE EL CONTENIDO DE CLOROFILA EN EL CULTIVO DE BANANO (*MUSA AAA*)

EFFECT OF COMMERCIAL FUNGICIDE APPLICATIONS ON CHLOROPHYLL CONTENT IN BANANA CULTIVATION (*MUSA AAA*)

Abrahan Rodolfo Cervantes Alava¹

E-mail: acervantes@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6223-8661>

Adriana Beatriz Sánchez-Urdaneta²

E-mail: usanchez@fa.luz.edu.ve

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3108-0296>

Ciolys Beatriz Colmenares de Ortega²

E-mail: ciolysc@fa.luz.edu.ve

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8545-2959>

¹ Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

² Universidad del Zulia. Maracaibo. Venezuela.

Cita sugerida (APA, sexta edición)

Cervantes Alava, A. R., Sánchez-Urdaneta, A. B., & Colmenares de Ortega, C. B. (2019). Efecto de las aplicaciones de fungicidas comerciales sobre el contenido de clorofila en el cultivo de banano (*musa aaa*). *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(3), 45-49. Recuperado de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>.

RESUMEN

El manejo químico de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) ha llevado al uso de fungicidas de modo acción sistémicos y protectantes en emulsiones, o en mezcla con aceite mineral, para disminuir su daño en las hojas. La investigación se realizó en la Hacienda El Playón, cantón Pasaje, provincia de El Oro, Ecuador, con el objetivo de evaluar el contenido de clorofila en la tercera hoja de la planta de banano dos horas antes y dos horas después de las aplicaciones de fungicidas comerciales en dos sitios, denominados alto impacto (lindero, AI) y bajo impacto (centro, BI) en el clon 'Williams'. El área de ensayo fue de dos hectáreas con 1.500 plantas•ha-1, el diseño experimental fue bloques al azar (DBA), con arreglo factorial, el análisis se realizó con el programa estadístico Statgraphics. Los factores incidentes fueron: las aplicaciones de los fungicidas Difeconazole, Fenpropimorf, Epoxiconazole y Dithane, el sitio de aplicación (AI y BI) y el tiempo de lecturas SPAD. El análisis de la varianza detectó diferencias estadísticas por el efecto de los fungicidas, ubicación y tiempo de muestreo. El contenido de clorofila, fue estimado con el SPAD, de modo rápido, directo y no destructivo. Los resultados mostraron que la aplicación de los fungicidas comerciales Difeconazole mas Fenpropimorf presentó menor cantidad de clorofila en la hoja 3. Los valores de probabilidad para los factores fungicida, sitios de aplicación AI y BI y tiempo de evaluación fueron estadísticamente diferentes ($P < 0,00001$, 0,0179 y $P < 0,0007$, respetivamente), Fenpropimorf mas Dithane Resulto con mayor contenido de clorofila.

Palabras clave:

Contenido de clorofila, sitios aplicación, fungicidas, SPAD.

ABSTRACT

Chemical management of Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) has led to the use of systemic and protective mode of action fungicides in emulsions, or in mixture with mineral oil, to reduce damage to leaves. The research was carried out at Hacienda El Playón, Pasaje canton, El Oro province, Ecuador, with the objective of evaluating the chlorophyll content in the third leaf of the banana plant two hours before and two hours after commercial fungicide applications at two sites, denominated high impact (boundary, AI) and low impact (center, BI) in the 'Williams' clone. The test area was two hectares with 1,500 plants•ha-1, the experimental design was random blocks (DBA), according to factorial, the analysis was performed with the statistical program Statgraphics. The incident factors were: the applications of the fungicides Difeconazole, Fenpropimorf, Epoxiconazole and Dithane, the site of application (AI and BI) and the time of readings SPAD. Variance analysis detected statistical differences in fungicide effect, location and sampling time. The chlorophyll content was estimated with the SPAD, in a fast, direct and non-destructive way. The results showed that the application of the commercial fungicides Difeconazole mas Fenpropimorf showed less amount of chlorophyll in leaf 3. The probability values for fungicide factors, AI and BI application sites and evaluation time were statistically different ($P < 0.00001$, 0.0179 and $P < 0.0007$, respectively), Fenpoprimorph plus Dithane Result with higher chlorophyll content.

Keywords:

Chlorophyll contents, application sites, fungicides.

INTRODUCCIÓN

Las plantas verdes producen clorofila como fuente principal de energía, el papel de la clorofila en la fotosíntesis es la absorción de fotones de luz con la conversión de energía luminosa en energía química. Esta clorofila se produce en las hojas cuya lectura se mide en un rango de radiación fotosintética de 400 a 700 nanómetros. La clorofila es afectada por agentes externos y para el caso del cultivo de banano (*Musa AAA*), esta disminuye cuando existe el ataque o infección en las hojas, especialmente cuando la invade *Sigatoka negra* (SN, *Mycosphaerella fijiensis* Morelet), enfermedad que en muchos casos el daño se manifiesta con manchas negras muy pequeñas (conocidas como pizcas) que se presentan en la cara abaxial de las hojas, especialmente el daño es supervisado en las hojas tres a la cinco, ya que en función de la incidencia y severidad de la enfermedad que se presenta en estas tres hojas, es necesario establecer los mecanismos de control. Las manchas de SN crecen lentamente (estrías y manchas) y comienzan a cambiar su color a una tonalidad marrón (quema) y están delimitadas por las nervaduras. En la medida que el hongo se va propagando los colores de las rayas se hacen más oscuros, algunas incluso llegan a presentar un matiz púrpura, que se hace visible en la superficie adaxial de la hoja. Se ha establecido una estrecha relación entre los contenidos de clorofila y niveles de N, en los tejidos vegetales de la planta (Rincón y Ligarreto, 2010). En este contexto, la clorofila es importante en la planta para realizar la fotosíntesis (Castañeda, Almanza, Pinzón, Cely & Serrano 2018).

Robinson & Galán (2012), indicaron que la radiación fotosintética en las hojas está dada por la intensidad lumínica que recibe la planta, en un día despejado la hoja de banano produce $1.974 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ y en un día nublado alcanza $470 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Salisbury y Ross (2000), mencionaron que los tilacoides, al captar la luz, la transforman en energía reductiva (e^-) y química (ATP), la cual se utiliza en el ciclo de ciclo de Calvin, para convertir el CO_2 en azúcares. Saldívar (2013), indicó que las reacciones lumínicas (reacciones de Hill) ocurren en los cloroplastos de todas las células verdes, cuando los rayos de la luz visible inciden sobre las hojas. Absorben luz roja entre 700 nm y luz azul en la zona de 500 nm. Sainz & Echeverría (1998), al estudiar la relación de la clorofila en los diferentes estadios del maíz encontraron que en el año 1995/96 alcanzaron el 95% de rendimiento y el valor de las unidades Spad de clorofila oscilaron entre 51,6 y 61; pero para el próximo año de cosecha 1996/97 los niveles variaron entre 47 y 54.

El objetivo fue evaluar el efecto de las aplicaciones de fungicidas comerciales sobre el contenido de clorofila en el cultivo de banano (*Musa AAA*), las cuales se hicieron a través de lecturas absolutas (SPAD) en la tercera hoja de banano, dos horas antes después de las aplicaciones de los fungicidas comerciales, en los

linderos denominados alto impacto (AI) y en el centro de la bananera bajo impacto (BI) en la Hacienda El Playón, provincia de El Oro, Ecuador.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se desarrolló entre junio y noviembre de 2018, en la Hacienda El Playón, ubicada en la parroquia La Peaña, del cantón Pasaje, provincia de El Oro, Ecuador, entre las coordenadas 628798 E y 9634470 N, registrado con un GPS navegador de Garmin.

Como material genético, la Hacienda El playón tiene 106 hectáreas sembradas de banano clon Williams (*Musa AAA*), se marcaron dos lotes de 1 hectárea con un promedio de siembra de $1.500 \text{ plantas}\cdot\text{ha}^{-1}$, donde se identificaron dos lotes: el lote # 1, centro de la bananera donde se seleccionaron 30 planta (unidades experimentales) y del lote # 2, de linderos, también se seleccionaron 30 plantas, todas de un altura promedio de 2,5 m y con seis hojas funcionales totalmente expuestas, libres de plantas vecinas que traslaparán sus hojas. Se identificó la zona central de la finca como de bajo impacto (BI) y zona de linderos como de alto impacto (AI).

Contenido de clorofila

Antes de las lecturas del SPAD se seleccionaron previamente 10 plantas y con la ayuda de una escalera tipo metálica, se realizó el registro del contenido de clorofila en las hojas, evaluado en dos etapas. Epata 1: dos horas antes se hizo la primera lectura visual en la pantalla del SPAD para medir el contenido de clorofila, este dato se tomó sobre la hoja 3, en 10 plantas prontas (2,5 m) y su registró en unidades Spad ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$). Etapa 2: dos horas después luego de cada aplicación de los fungicidas en mezcla según las combinaciones: epoxiconazole mas dithane, fenpropimorf mas dithane y difeconazol mas fempropimorf, se registró también la lectura que marcaba el medidor Spad sobre la hoja 3. Estos datos se pasaron a una planilla diseñada en el programa Microsoft Office Excel para su posterior tabulación y análisis.

Factores en estudio y diseño experimental

Los factores incidentes en la variable respuesta fueron:

Fungicidas aplicados: se evaluó el factor fungicida a tres niveles: difeconazol mas fenpropimorf (F1), epoxiconazole mas dithane (F2) y fenpropimorf mas dithane (F3), cuyas dosis aplicadas fueron de acuerdo las recomendaciones comerciales dadas por los técnicos para el control de *Sigatoka negra*.

Sitio de aplicación: este factor se evaluó a dos niveles, la zona de los linderos nombrada como de alto impacto (AI) y la zona central nombrada como de bajo impacto (BI), la cual incidió directamente en el control de *Sigatoka negra*.

Tiempo de evaluación: este factor se estudió 2 horas antes de la aplicación (sin fungicida) y 2 horas después de la aplicación (con fungicida).

El diseño experimental utilizado en la investigación fue en bloques totalmente al azar (DBA) con arreglo factorial de los tratamientos. Los datos fueron analizados con el programa estadístico Statgraphics versión Centurión.

Medición de las variables

La evaluación del contenido de clorofila se registró en 10 plantas previamente seleccionadas para cada tratamiento, los datos de las lecturas se hicieron con el medidor CCM-200, en el borde derecho de la tercera hoja de la planta de banano. Esta herramienta determina la cantidad relativa de clorofila presente en las dos regiones de longitud de absorción de luz (400-700 nm), una en las regiones de la luz roja y la otra en longitud cercana a la infrarroja, utilizando estas dos transmisiones el medidor, calcula el valor numérico en unidades Spad ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$).

Tabla 1. Factores en estudio evaluados en el efecto de las aplicaciones de fungicidas comerciales, sitio y tiempo de aplicación sobre el contenido de clorofila en el cultivo de banano (Musa AAA).

Sitio de aplicación (AI)		Sitio de aplicación (BI)	
Tiempo		Tiempo	
2 horas antes	2 horas después	2 horas antes	2 horas después
Epoxiconazole + Dithane (F1)			
Fenpropimorf + Dithane (F2)			
Difeconazole + Fenpropimorf (F3)			

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El procesamiento estadístico de los datos se hizo a través de un ANOVA y una prueba de rangos múltiples de Tukey al 95%, los cuales presentaron diferencias estadísticas por efecto de las aplicaciones de fungicidas comerciales ($P < 0,00001$), del sitio de aplicación ($P < 0,0179$) y el tiempo de medición ($P < 0,0007$), afectando el contenido de clorofila en la hoja 3 de las plantas de banano.

La prueba de rangos múltiples de Tukey, mostró diferencias estadísticas entre la aplicación de la mezcla de fungicidas Difeconazole + Fenpropimorf con respecto a Epoxiconazole + Dithane y Fenpropimorf + Dithane, aunque sin diferencias estadísticas entre estas últimas mezclas aplicadas. La aplicación de Difeconazole + Fenpropimorf presentó el valor más bajo de contenido de clorofila ($38,698 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$),

seguido de la mezcla de Epoxiconazole + Dithane con $45,8513 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ y la aplicación de Fenpropimorf + Dithane con el mayor valor ($46,2212 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$; figura 1).

Pérez (2006), manifestó que el uso de fungicidas protectantes no ayudó en el control de SN, pero el uso de ingredientes activos que penetran las barreras estructurales naturales de la planta y se incorporan al apoplasto, donde fueron traslocados hacia los puntos de mayor transpiración, mejoró de manera importante el control de SN, debido a una distribución y protección de la superficie tratada de la hoja más completa, y en el proceso de expansión a la posibilidad de acceso a estructuras fúngicas que se desarrollaron en el interior de los tejidos, y a una mayor resistencia a los factores ambientales.

Por otro lado, el microclima ambiental interno de la plantación incidió sobre la severidad de SN, donde periodos calurosos con temperaturas mayores a 21 y 28 °C favorecieron el desarrollo de la enfermedad, horas con temperaturas menores de 20 °C redujeron el crecimiento del hongo; en otras palabras, la relación clima-inóculo influyó sobre la enfermedad cuando fue favorecida con lluvias frecuentes, rocío, humedad relativa alta y temperaturas mayores a 23 °C (Nava, 2002).

Se generó una ecuación de regresión lineal $y = 36,057 + 3,765x$ con $R^2 = 0,7868$. Hidalgo, Tapia, Rodríguez & Serrano (2006), mencionaron que *M. fijiensis* compromete el proceso fotosintético al reducir la conductividad estomática de la cual depende la tasa fotosintética de la planta, la radiación fotosintéticamente activa incidente sobre las hojas fue en promedio de $227 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ en la primera medición y la fotosíntesis neta alcanzó valores de cero en clorofila, cuando la infección llegó al 45%.

Los resultados obtenidos en cuanto al control de SN, permitieron considerar que en las mezclas de Epoxiconazole + Dithane y Fenpropimorf + Dithane hubo una mayor incidencia de la enfermedad (estos productos son emulsificantes) y, por lo tanto, la cobertura sobre las hojas fue menor, y por ello, los contenidos de clorofila también fueron mayores al permitir un mayor paso de la luz solar. Por otro lado, hubo una mayor efectividad de control con la aplicación de Difeconazole + Fenpropimorf y mayor cobertura de la hoja, generando un menor contenido de clorofila, debido a que ambos tienen acción sistémica, presencia de aceites, generando cierre de los estomas y de esa manera se afectó la producción de clorofila sobre la hoja 3. Moyano & Jiménez (2009), mencionaron que al inocular esporas de SN en plántulas de banano y aplicarle tres fuentes de silicio vs. concentraciones de Zumsil (complejo ionizado de silicio e hidrógeno) y Biosil, el contenido de clorofila fue igual para todos los tratamientos con un promedio de $30 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ y con relación a la severidad en la hoja 1, 2 y 3 el grupo de

Zumsil (dosis 150 a 250 ppm) tuvo menor índice de infección y los de mayor infección para la hoja 1 y 3 fue para Zumsil (500 ppm). Reigosa, Pedrol & Sánchez (2004), han señalado que el papel principal de las hojas es el de funcionar como el órgano que atrapa la luz solar y sirve para realizar la fotosíntesis; por lo tanto, la hoja debe estar adaptada bioquímicamente para absorber niveles de radiación fotosintéticamente activa (PAR, generalmente entre 400 y 700 nanómetros).

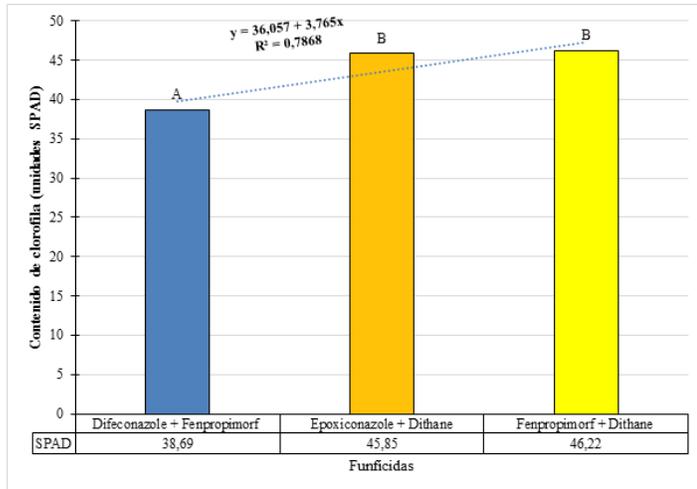


Figura 1. Contenido de clorofila obtenido con el SPAD CCM-200, por efecto de la aplicación de fungicidas en la hoja 3 de bananos (Musa AAA), provincia de EL Oro, Ecuador.

Los resultados de la figura 2 muestran el efecto de la ubicación del sitio de muestreo (lindero y centro). La prueba de rangos múltiples de Tukey mostró diferencias estadísticas entre el contenido de clorofila, siendo superior al evaluarse en la parte central con valores de 44,58 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, mientras que para el lindero fue de 42,60 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$.

Estas diferencias se sugieren están relacionadas con de la doble aplicación de fungicidas que recibieron las hojas de los linderos, aunado a la cantidad del aceite que acompaña al fungicida, lo cual hace que la hoja presente menor transpiración al cerrarse los estomas, pero a la vez podría estar influenciado por una menor cantidad de cloroplastos producto de una menor área foliar expuesta totalmente a la luz.

Por otro lado, en la figura 3 se presentan los contenidos de clorofila generados por la hora de evaluación de la aplicación de los fungicidas, mostrando que hubo diferencias estadísticas en el contenido de clorofila dos horas antes y dos horas después (tiempo) de haberse realizado la aplicación, debido a la influencia que tuvieron los fungicidas aplicados sobre las plantas, notándose un incremento en el contenido de clorofila dos horas antes de la aplicación de los productos.

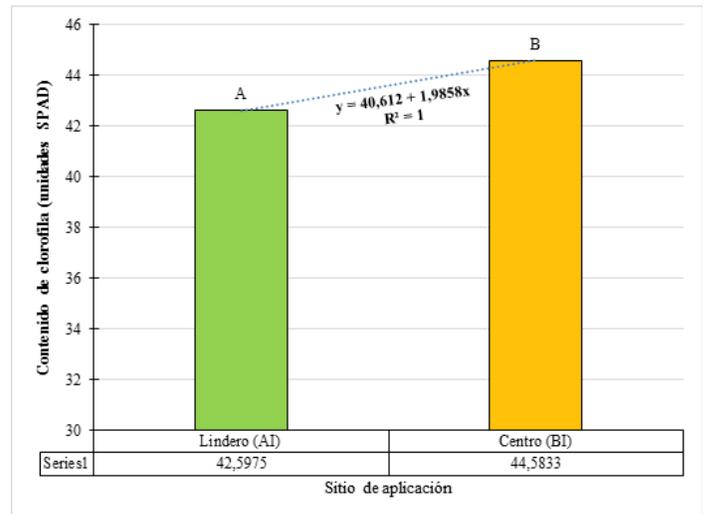


Figura 2. Contenido de clorofila obtenido con el SPAD CCM-200, por efecto del sitio de aplicación de fungicidas en la hoja 3 de bananos (Musa AAA), provincia de EL Oro, Ecuador.

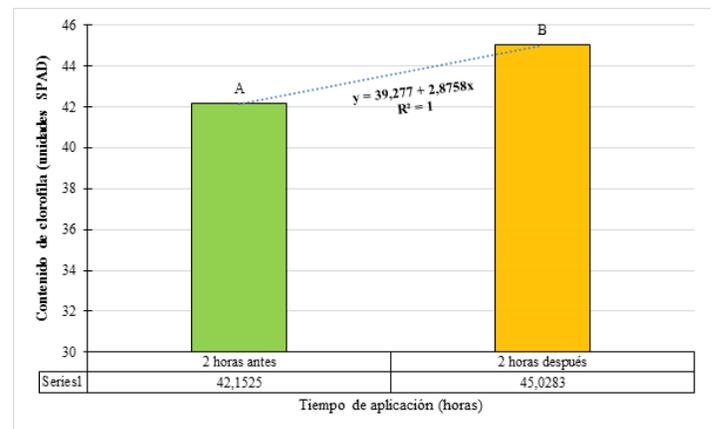


Figura 3. Contenido de clorofila obtenido con el SPAD CCM-200, por efecto de la hora de evaluación antes y después de la aplicación de fungicidas en la hoja 3 de bananos (Musa AAA), provincia de EL Oro, Ecuador.

CONCLUSIONES

Para lograr un mayor contenido de clorofila se hace necesario utilizar productos protectantes que son de menor carga química en su estructura y permiten una mayor penetración de la luz solar. El solapamiento de los productos aplicados con presencia de aceite mineral, sugiere un impedimento para la penetración de la luz solar a las hojas y por ende se afecta el contenido de clorofila en las mismas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Castañeda, C. S., Almanza, P. J., Pinzón, E. H., Cely, G. E., & Serrano, P.A. (2018). Estimación de la concentración de clorofila mediante métodos no destructivos en vid (*Vitis vinifera* L.) cv. Riesling Becker. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 12(2), 329-337. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/4e37/d0ce455030a-bebfb286e22dbedcb51ae6c3d.pdf>

- Hidalgo, M., Tapia, A., Rodríguez, V., & Serrano, E. (2006). Efecto de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijienses*) sobre la fotosíntesis y transpiración foliar del banano (*Musa* sp. AAA, cv. Valery). *Agronomía Costarricense*, 30(1), 5-41. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/436/43630103.pdf>
- Moyano, B., & Jiménez, M. (2009). Establecimiento de la línea base de productos formulados con silicio y estudio de los efectos de los parámetros de desarrollo y sanitario de plantas de banano Cavendish (AAA), variedad Williams. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Nava, C. (2002). Las enfermedades del plátano en Venezuela, su control. Maracaibo: Ediciones Astro Data S.A.
- Pérez, L. (2006). Manejo convencional y alternativo de la Sigatoka negra en bananos: estado y perspectivas. *Revista Fitosanidad*, 10(1), 55-72.
- Robinson, J., & Galán, V. (2012). Plátanos y banano. Asturias: Eujoa Artes Gráficas.
- Salisbury, F., & Ross, C. (2000). *Fisiología de las plantas*. Madrid: Closa Orcoyen S.L.
- Sainz, R., & Echeverría, H. (1998). Relación de las lecturas del medidor de clorofila (Minolta Spad 502) en distintos estadios del cultivo del maíz y del rendimiento en grano. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 103(1), 37-44. Recuperado de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/69410/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Saldívar, R. (2013). *Fisiología vegetal*. Primera edición. México: Trillas S.A.
- Reigosa, M., Pedrol, N., & Sánchez, A. (2004). *La fisiología vegetal. Una ciencia de síntesis*. Madrid: Graficas Rogar.
- Rincón, Á., & Ligarreto, G. (2010). Relación entre nitrógeno foliar y el contenido de clorofila en maíz asociado con pastos en el piedemonte llanero colombiano. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(2), 122-128. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945029003.pdf>