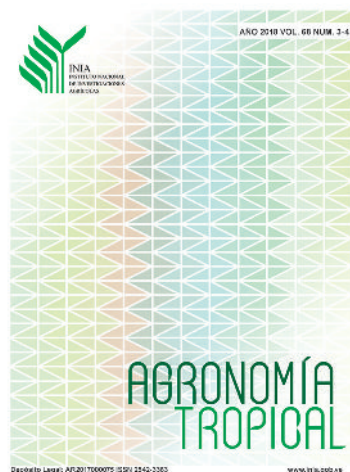




INIA
INSTITUTO NACIONAL
DE INVESTIGACIONES
AGRÍCOLAS

AÑO 2019 VOL. 69

AGRONOMÍA TROPICAL



ISSN versión digital: 2542-3363
Depósito Legal: AR2017000075
ISSN versión impresa: 0002-192X
Depósito Legal: pp 195102AR73

Agronomía Tropical publica trabajos en las siguientes áreas temáticas: recursos fitogenéticos, fitomejoramiento, protección vegetal, bioecología, botánica, edafología, fertilidad de suelos, nutrición, recursos naturales, ambiente, agroecología, biotecnología agrícola vegetal, tecnología de alimentos, ingeniería agrícola, postcosecha, agroindustria, cadenas agroalimentarias, sistemas de producción agrícola vegetal, economía agrícola, desarrollo rural, agroforestería, investigaciones básicas y aplicadas en agroecosistemas de cultivos y demás temas afines al desarrollo agrícola.

Agronomía Tropical se publica en volumen único a partir del año 2019.

Correo electrónico:
agronomia.tropical.inia@gmail.com

Teléfono
+58 243-2404766

Comité Editorial

Ligia Carolina Rosales Editora Jefe
Oralys León Brito Editor Asistente

Editores Asociados

Ezequiel Rangel. INIA - Venezuela
Ramón Silva-Acuña. INIA - Venezuela
Rafael Montilla. INIA - Venezuela
Renny Barrios. INIA - Venezuela
Oralys León Brito. INIA - Venezuela
Eduardo Delgado. INIA - Venezuela. UNELLEZ

Oscar De La Rosa - Diagramador
Carlos Landaeta - Gestión OJS

Miembros Fundadores

Luis Medina	Fonaiap Ceniap
Bruno Mazzani	Fonaiap Ceniap
Wasilik Ilijin	Fonaiap Ceniap
Rafael Pontis	Fonaiap Ceniap
Jesus Silva Calvo	Fonaiap Ceniap
Gino Malagutti	Fonaiap Ceniap
Guisepppe Ravanello	Fonaiap Ceniap
Luis Salas	Fonaiap Ceniap
Salomon Horovitz	Fonaiap Ceniap
Pedro Obregon	Fonaiap Ceniap
Dora M. de Zerpa	UCV Agronomía

Consejo Asesor

Julia Gilabert de Brito	INIA Venezuela
Ana María Casassa	LUZ
Felix Carreño	INIA Venezuela
Carlos Hidalgo	INIA Venezuela
Ada Maureen Medina	UCV Venezuela
Morela Fuchs	INIA Venezuela
Jesus Mendez	UDO Venezuela

Indización

IICA- CIDIA (Costa Rica)
Royal Tropic Institute (Holanda)
AGRIS (FAO, Roma)
LATINDEX (México)
Índice de Revistas (México)
REVENCYT (Venezuela)
Base de Datos REVIS (CATIE, Costa Rica)
Base de Datos RISPAL (CATIE, Costa Rica)
Base Agrícola Venezolana (INIA, Venezuela)
Scielo (Venezuela)
HINARI (FAO, Italia)

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS

Giomar Blanco	Presidente
Deisy Carvajal	Gerente General
Nohelia Rodríguez	Gerente de Investigación
Betsy Camacho	Gerente de Producción Social
Nicolas García	Gerente de Participación y Desarrollo Comunitario

Editada por la Gerencia de Investigación
Área de Gestión de la Información

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas
Venezuela

AGRONOMÍA TROPICAL

**Revista científica del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas,
Ministerio del Poder Popular para la Agricultura Productiva y Tierras
Maracay, Venezuela**

EDITORIAL

La difusión científica, el enfoque académico de la disciplina metodología de investigación y su relación con la gestión del conocimiento

“Lo que no se publica no existe”

“¿Publicar o perecer?”

“Ser citado o perecer”

En Venezuela la investigación es factor importante para su desarrollo y sostenibilidad. El producto de ese trabajo de indagación requiere de la publicación, con la que se juzga la productividad y honorabilidad del científico.

Lamentablemente, en nuestros espacios académicos se ha vuelto costumbre postergar para el futuro la publicación de los resultados de la investigación. Muchos problemas originan ese retardo: los conflictos de intereses hacen que sus hallazgos, de por sí valiosos, terminen perdiéndose en el tiempo, malgastando todos los esfuerzos realizados y los recursos invertidos. Todo eso deriva en el abandono de las líneas de investigación y repercute negativamente en la procura de recursos financieros para la consolidación de las metas, mermando la capacidad productiva de la labor de los investigadores.

Por esto es necesario un cambio radical en el paradigma de gestión investigativa. Lo primero que tendríamos que preguntarnos es cómo ajustar un nuevo rumbo, tanto en formación académica sobre la metodología de investigación así como, de aptitud de publicación.

Para comenzar, a nivel de bachillerato en su último año, los estudiantes tendrían que desarrollar su trabajo científico. Es una brillante iniciativa, pero se consolida poco, y necesita de mayor rigor académico. Los trabajos científicos de los jóvenes de secundaria son el preámbulo de la educación científica, que puede motivarlos para hacer ciencia y despertar en ellos el interés de la investigación.

En el pregrado universitario, la disciplina Metodología de la Investigación suele ser impartida de manera poco exigente. A los estudiantes no se les inculca el rigor académico pertinente, e incluso se llega al caso de considerarla como algo superfluo. Para potenciar a futuros redactores científico, y dotarlos de competencias en la redacción, la alternativa debería ser, por ejemplo, escribir informes de investigaciones en campo o realizadas dentro de los laboratorios, así como elaborar proyectos de investigación.

Es dramática la situación de algunos estudiantes cuando llega el momento de realizar sus trabajos de grado, momento cumbre para demostrar de manera formal su destreza y manejo del método científico. La búsqueda organizada y dirigida en la literatura otorga al estudiante argumentos que consolidan sus conocimientos y le otorgan elementos de discusión sobre el tema que explora. Hay otra parte: la formación académica dentro de su área de pertinencia. Ella le provee de la terminología y de la versatilidad de pensamiento y conocimiento para desplazarse entre todos esos caminos de la ciencia. Concluida toda esa etapa de su trabajo, en posesión de los resultados, comienza la fase de la preparación de los manuscritos, sean tesis, artículos de revisión o artículos para revistas científicas arbitradas.

EDITORIAL

Actualmente en muchas universidades brasileñas solo se autoriza a los estudiantes participar del acto académico, cuando los hallazgos de su investigación hayan sido colocados en una revista científica. Además, la universidad les facilita la escritura de la tesis por objetivos, utilizando las normas de la revista para la cual serán enviados. ¿Por qué esto? La respuesta es muy sencilla: ¿Cuánto tiempo de trabajo, equipos, reactivos y otros costos directos e indirectos están invertidos en ese trabajo? No publicarlos es una pérdida. Se suma a esto el derecho que tiene la sociedad a saber en qué se invierten los presupuestos asignados a las universidades e institutos de investigación. Y particularmente más aún cuando la producción científica significa seguridad alimentaria de sus ciudadanos, en el caso de instituciones del área agrícola.

Para el sector económico primario es fundamental colocar la información generada de investigación en los pares en ciencia por un lado y, por el otro en los usuarios de la tecnología generada. Esas innovaciones tienen impactos de mucha relevancia en áreas del conocimiento, en el caso particular de la investigación agrícola nacional e internacional. De manera similar, nutren referenciales tecnológicos que contribuyen a mejorar significativamente las prácticas agronómicas. Cuando se trata de ciencia básica, su conocimiento es fundamental para futuras investigaciones prioritarias y actualiza el estado de arte de muchas áreas del conocimiento.

Al no ser publicados, los usuarios potenciales ni se enteran de esas innovaciones. Lo generado en tantas horas de trabajo, se pierde, así como también, los recursos económicos y de infraestructura en ellos invertidos. Como no se conocen o no se divulgan los resultados es perfectamente posible que en futuras investigaciones se repitan proyectos similares, lo que contribuye a dispersar los esfuerzos monetarios para otras áreas que lo requieren. Si revisamos los proyectos financiados y los comparamos con los finalmente publicados, observamos que estos apenas llegan al 20%. Esa situación perversa tiene que cambiar diametralmente, para que esas innovaciones no se pierdan, ni entren en obsolescencia.

El Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas tiene como objetivo generar respuestas tecnológicas pertinentes dentro de la cada uno de los escenarios agrícolas del país, muchos de ellos se divulgan en la revista *Agronomía Tropical* o en otras revistas del sector. De esta manera se da a conocer parte de la productividad científica de cada uno de los investigadores pero lamentablemente, muchos resultados son omitidos de ese escenario. El trabajo de difusión es un importante norte institucional de su equipo técnico.

Es necesario mejorar los mecanismos internos de las instituciones científicas para lograr y consolidar el objetivo de la difusión de la investigación. El comité editorial de la revista *Agronomía Tropical*, -arbitrada e indizada- en versión digital, convida a investigadores noveles -apoyándolos de manera particular- y consolidados para que publiquen en esta sus artículos científicos, con el afán de apuntalar su referencia dentro del sector agrícola.

Finalmente, si enamorarse de la vida significa querer a su trabajo y construir su prestigio profesional, también es conveniente señalar que al divulgar sus innovaciones científicas en revistas arbitradas, su gestión científica está alineada con las políticas de estado y ese rol es fundamental en el marco sociopolítico del país.

Ramón Silva-Acuña

Investigador jubilado del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Profesor del Postgrado en Agricultura Tropical de la Universidad de Oriente, Campus Juanico, Maturín. Venezuela.

Agradecimientos

Agronomía Tropical desean expresar su reconocimiento a todos los especialistas, que participaron en la revisión y arbitraje de los artículos que conforman el Volumen 69.

- Cándido Mendoza Pérez / Colegio de Posgraduados, Texcoco, México.
- David Isaías Ramos Agüero / Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (INIAP), Bocas del Toro, Panamá.
- Eduardo Delgado / Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Barinas, Venezuela.
- Gino Campos / Instituto Nacional de investigaciones Agrícolas (INIA), Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), Maracay, Venezuela.
- Guido Silva / Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Lara, Venezuela.
- Juan Arguello Delgado / Universidad Nacional de Costa Rica, Escuela de Ciencias Agrarias, Costa Rica.
- Julia Elena Sanoja / Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL), Centro de Investigaciones en Enseñanza de la Matemática y Nuevas Tecnologías (CEINEM/NT), Maracay, Venezuela.
- Luis Guillén Pérez / Instituto nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Lara, Venezuela.
- María Caridad González Cepero / Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Mayabeque, Cuba.
- María Josefa Zambrano / Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ), Barinas, Venezuela.
- Mildred Cortés Pérez / Universidad de Puerto Rico. Recinto Universitario de Mayagüez (RUM), Puerto Rico.
- Quintín Arias / Universidad Central de Venezuela (UCV), Facultad de Agronomía (FAGRO), Museo del Instituto de Zoología Agrícola (MIZA), Maracay, Venezuela.
- Rafael Montilla / Instituto Nacional de investigaciones Agrícolas (INIA), Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), Maracay, Venezuela.
- Renny Barrios / Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Maturín, Venezuela.

Agradecemos a Edgloris Marys por la corrección de los resúmenes en idioma inglés, y a todos aquellos investigadores que nos enviaron sus artículos e invitamos a la comunidad científica especializada a continuar remitiendo sus trabajos a la revista AGRONOMÍA TROPICAL.

TABLA DE CONTENIDO

Trabajo Especial

Barrios Maestre, R; Silva Acuña, R.

- Pertinencia de uso del análisis estadístico de medidas repetidas en la investigación agrícola.....** 9
(*Relevance of the use of statistical analysis of repeated measures in agricultural research*)

Martínez, G; Manzanilla, E; Pargas, R.

- Germoplasma de musáceas en Venezuela: Reseña sobre su clasificación taxonómica.....** 19
(*Germplasm of musáceas in Venezuela: Review of its taxonomic classification*)

Artículo Científico

Gil Marín, JA; Vizcaino, C; Belloso, G.

- Caracterización fisicoquímica del agua del río Guarapiche, estado Monagas, Venezuela.....** 29
(*Physicochemical characterization of Guarapiche river water, Monagas State, Venezuela*)

Vallejo de Astudillo, EN; Salazar Yamarte †, EG; Trujillo, I; Castro, L.

- Caracterización morfológica de líneas promisorias de cambur (*Musa AAA*) obtenidas a partir de la irradiación con rayos X.....** 47
(*Morphological characterization of promising banana (*Musa AAA*) lines obtained from X-ray irradiation*)

León-Brito, O; Ramis, C; Valladares, N; Méndez-Natera, JR; Marín, C.

- Comportamiento agronómico de cultivares de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) en la región central de Venezuela.....** 59
(*Agronomic behavior of comun bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) in the central region of Venezuela*)

Nota Técnica

Montilla Coronado, RP.

- Registro de *Spalangia* spp. (Hymenoptera: Chalcidoidea, Pteromalidae) depositadas en el MIZA, Venezuela.....** 77
(*Record of *Spalangia* spp. (Hymenoptera: Chalcidoidea, Pteromalidae) deposited in the MIZA, Venezuela*)

- Instrucciones al autor..... 83

Trabajo Especial

Pertinencia de uso del análisis estadístico de medidas repetidas en la investigación agrícola

Renny Barrios Maestre^{1*}, Ramón Silva-Acuña^{1,2}

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Maturín, Monagas, Venezuela. ²Universidad de Oriente (UDO), Postgrado Agricultura Tropical, Campus Juanico, Núcleo Monagas. Monagas, Venezuela. *Correo electrónico: rennybarrios@gmail.com

RESUMEN

Cuando el muestreo es destructivo, y cada unidad experimental proporciona una sola medida por variable, no se comprometen los supuestos del ANOVA; mientras que, cuando esa respuesta cambia en el tiempo se convierte en una fuente de variación que debería incorporarse al diseño. Las medidas repetidas surgen cuando una respuesta se cuantifica repetidamente sobre la misma unidad experimental o sujeto, por tal razón, efectuarla implica la imposibilidad de aleatorizar el factor tiempo. Al realizar repetidamente evaluaciones sobre las mismas unidades, los datos resultantes guardan estrecha relación y al estar autocorrelacionados, se viola el supuesto de independencia de errores; además, las varianzas de las medidas repetidas cambiarían en el tiempo, comprometiendo el supuesto de igualdad de varianzas. El análisis de medidas repetidas en el tiempo es la opción correcta de análisis e interpretación de datos estadísticos tomados en la misma unidad experimental de manera sucesiva. Su aplicación requiere independencia de las respuestas entre las distintas unidades experimentales, normalidad conjunta multivariada, homogeneidad y esfericidad de la matriz de covariancia. Los paquetes estadísticos SAS[®], SPSS, InfoStat y Stata[®], entre otros, contienen módulos para realizar dicho análisis.

Palabras Clave: correlación, esfericidad, evaluaciones en el tiempo.

Relevance of the use of statistical analysis of repeated measures in agricultural research

ABSTRACT

When the sampling is destructive, and each experimental unit provides only one measure per variable, the assumptions of the ANOVA are not compromised; whereas, when that response changes over time, it becomes a source of variation that should be incorporated into the design. Repeated measures arise when a response is repeatedly quantified on the same experimental unit or subject, for this reason, to perform it implies the impossibility of randomizing the time factor. By repeatedly performing evaluations on the same units, the resulting data are closely related and, being autocorrelated, the assumption of error independence is violated; In addition, the variances of the repeated measures would change over time, compromising the assumption of equality of variances. The analysis of measures repeated over time is the correct option for analysis and interpretation of statistical data taken in the same experimental unit in a successive manner. Such analysis requires independence of the responses between the experimental units, multivariate joint normality and homogeneity and sphericity of the covariance matrix. The statistical packages SAS[®], SPSS, InfoStat and Stata[®], among others, contain modules to perform this analysis.

Key words: correlation, sphericity, evaluations in time.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la Estadística, Balzarini *et al.* (2012) señalan que la Biometría o Bioestadística, hace referencia a métodos estadísticos y matemáticos que se aplican para analizar datos provenientes de las ciencias biológicas, como lo es la agronomía; por otro lado, Spiegel y Stephens (2009) ilustran que la estadística estudia los métodos científicos para recolectar, organizar, resumir y analizar datos, así como para elaborar conclusiones válidas y tomar decisiones razonables. De manera similar otros autores (Badii *et al.* 2004; Foroughbakh y Badii 2005; Badii *et al.* 2006; Badii y Castillo 2007) plantean que la estadística tiene por objetivo verificar la validez probabilística de los acontecimientos en la escala tiempo-espacio, así como también, para relacionarla con eventos diarios o realizar predicciones.

La Estadística ha tenido un desarrollo importante en el tiempo, en consecuencia, las aplicaciones de las distintas técnicas se han incrementado en las diversas ramas de la ciencia; sin embargo, en virtud de la diversidad de ellas, existe “un uso y abuso” de las mismas, aduciendo utilización inapropiada de estas herramientas que generan interpretaciones inexactas de los resultados (Babinec 2012). Fernández *et al.* (2013) señalan que la introducción de métodos estadísticos de avanzada en la formación del profesional y en proyectos de investigación en el área agronómica, permite saltos cualitativos en la calidad académica, además de elevar la eficacia de las investigaciones científicas; es por ello que en la época actual, hay necesidad de poseer sólidos conocimientos en el uso de las herramientas estadísticas, por el papel que esta ocupa en la solución eficiente en las investigaciones científicas.

Al respecto Maindonald y Cox (1984), señalan algunos problemas vinculados al uso inapropiado de los métodos estadísticos en el área de la agronomía, entre los cuales destacan el empleo de métodos estadísticos que no se ajustan a las características de los datos considerados; estos mismos autores, mencionan que las estadísticas bien utilizadas proveen informaciones sumamente útiles para la toma de decisiones; además, de permitir comprender la naturaleza del fenómeno

estudiado. Por otro lado, Montes de Oca *et al.* (2007) aducen que las exigencias para arbitraje estadístico, debe aumentar, para la aceptación de los artículos, esto porque la estadística aplicada debe estar inmiscuida en la metodología de la investigación científica.

En la investigación agrícola, las pruebas paramétricas son válidas cuando se aplican a datos que tienen normalidad en la distribución de frecuencias de los errores muestrales, tienen varianzas homogéneas, los efectos de los factores de variación son aditivos y los errores son independientes. Si los grupos sometidos a la misma prueba de rendimiento tienen medias iguales, pero distribuciones diferentes, sería difícil interpretar una prueba paramétrica, debido a diferencias en la dispersión o varianza de los resultados. Por tanto, las pruebas paramétricas, solo se pueden aplicar a datos que tienen intervalos continuos e iguales (Yang *et al.* 2011; Perina y Krepelka 2013).

El rigor metodológico es fundamental en el desarrollo de cualquier investigación, a fin de garantizar la coherencia y la pertinencia de los resultados. El desconocimiento y el uso incorrecto de las herramientas estadísticas y metodológicas se traducen en investigaciones con discutible validez, como consecuencia de los errores de interpretación. Chew (1976) fue uno de los primeros en alertar sobre la alta frecuencia con que los métodos estadísticos han sido usados erróneamente en las publicaciones científicas, seguido por Petersen (1977), Johnson y Berger (1982) y Lowry (1992), entre otros. A pesar de los múltiples llamados de atención, en la actualidad continúan repitiéndose infinidad de errores en el tratamiento estadístico reportado en diferentes artículos científicos (Reinhart 2015; Kramer *et al.* 2016; Allison *et al.* 2016; Raudonius 2017; Cox *et al.* 2018).

En razón de los anteriores planteamientos, el objetivo de este trabajo fue el de acopiar los argumentos para la aplicación del análisis de medidas repetidas en el tiempo en experimentos vinculados al área agrícola.

USO INCORRECTO DEL ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)

Con mucha frecuencia se ha venido observando el uso del análisis de varianza convencional en publicaciones científicas donde se cuantifican variables sobre la misma unidad experimental en sucesivas oportunidades durante el transcurso de la investigación, independiente del diseño experimental y del arreglo de los tratamientos, aun cuando se violan los preceptos básicos de dicho análisis.

De las revistas *Agronomía Tropical* y *Zootecnia Tropical* se citan los siguientes ejemplos:

1. Caracterización físico-química y microbiológica de tres compost fabricados con residuos vegetales del Mercado Principal de la ciudad de Mérida, donde se realizaron evaluaciones en cuatro periodos sobre los mismos composteros (Millán *et al.* 2017). Los resultados se interpretaron a través de figuras y estadística descriptiva.
2. Variación de los niveles de amonio fijado en el suelo en diferentes etapas del desarrollo vegetativo de la caña de azúcar (López-Hernández e Infante 2017). Para comparar los cambios se efectuaron análisis de varianza de una vía, a pesar de que las evaluaciones se realizaron sobre la misma unidad experimental.
3. Evaluación de dos alturas y tres frecuencias de corte sobre la producción de materia seca y proteína cruda de *Tithonia diversifolia* (Lugo *et al.* 2012) y evaluación de cambios producidos por el pisoteo en sistemas de producción de cerdos a campo sobre las propiedades de un suelo Mollisol, comparando potreros con cerdos y sin cerdos y tres profundidades de suelo (Rodríguez *et al.* 2010), en los cuales se realizaron análisis de varianza por vía paramétrica, obviando la aleatorización de las unidades experimentales en los muestreos sucesivos.
4. Evaluación de cambios en la calidad físico-química de la leche en vacas raza Holstein y Normando derivados de los cambios inherentes a la gestación y de los cambios hormonales en diferentes etapas de lactancia,

evaluándose desde el momento de parto hasta el secado (Rodríguez *et al.* 2015). A los resultados obtenidos se les aplicó un análisis de varianza de una vía, comparando individualmente cada semana obviando las comparaciones entre las diferentes fechas.

5. Evaluación de la suplementación con tres dosis de grasa protegida sobre los parámetros productivos y composicionales de la leche bovina, en la cual se tomaron datos de los ordeños de mañana y tarde, siendo organizados respecto a la identificación de cada animal, producción diaria y dieta suministrada consolidándose un promedio semanal para cada grupo (Rodríguez *et al.* 2013). Los resultados fueron interpretados a través de análisis de varianza de una vía, comparando dentro de las semanas, pero no entre semanas.
6. Evaluación de los cambios de la calidad de agua en ensayos de crecimiento del híbrido cachamoto (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*) cultivado en un sistema de recirculación de agua en el Centro Piscícola del Orinoco (López y Anzoátegui 2012), donde sólo se reportan los resultados al final del ensayo, sin mostrar los análisis y comparaciones a través del tiempo.

En estas investigaciones, la respuesta a los tratamientos cambia con el tiempo, de modo que el mismo se convierte en una fuente de variación que debería incorporarse en el diseño. Cuando el muestreo es destructivo, y cada unidad experimental proporciona una sola medida para cada variable, no se comprometen los supuestos del ANOVA. Las medidas repetidas se obtienen cuando una respuesta se mide repetidamente sobre la misma unidad experimental o sujeto (árbol, parcela, animal, entre otros). La estructura tradicional del diseño reconoce dos factores: uno entre unidades experimentales a las cuales se les asigna un tratamiento, y el otro dentro de las unidades experimentales que son evaluados en tiempos fijos y equidistantes.

Efectuar mediciones repetidas en la misma unidad experimental implica que no es posible aleatorizar el factor tiempo; por lo tanto, los datos resultantes

guardan estrecha relación y se presume que estén autocorrelacionados, en consecuencia, se viola el supuesto de independencia de errores. Además, las varianzas de las medidas repetidas pudieran cambiar con el tiempo, comprometiendo el supuesto de igualdad de varianzas. Esta situación limita la aplicación de los modelos clásicos de análisis de varianza (González y López 2002; Carrero *et al.* 2008).

Investigaciones que involucran mediciones repetidas han sido visualizadas en la evaluación de los siguientes aspectos (entre otros):

- Evolución de cambios en el suelo como respuesta a prácticas de manejo, labranza y aplicación de fertilizantes y enmiendas (Amador *et al.* 2014; Chaves-Bedoya *et al.* 2013; Llovet y Vallejo 2010; Ruiz-Ochoa *et al.* 2006).
- Producción de abonos orgánicos, manejo de composteros y lombricultura (Rivas-Nichorzon *et al.* 2017; Cova *et al.* 2007; Castro *et al.* 2007).
- Evolución del crecimiento, desarrollo y producción de cultivos perennes y sistemas agro-silvo-pastoriles (Barragán-Hernández y Cajas-Girón 2019; Quijada *et al.* 2008; Quijada *et al.* 2004).
- Crecimiento, desarrollo y producción de pastos y forrajes (Calzada-Marín *et al.* 2018; Calzada-Marín *et al.* 2014; Medina *et al.* 2008; Mila y Corredor 2004).
- Respuesta a la suplementación alimenticia, minerales, vitaminas y medicamentos en animales (Depablos *et al.* 2016; Salvador *et al.* 2009; Drescher *et al.* 2009; Aparicio *et al.* 2007).
- Reproducción, mejoramiento genético, crecimiento, desarrollo y producción de pequeños y grandes animales (Vasconcelos *et al.* 2017; Schindler y Feola 2014; Gómez Gil *et al.* 2010; Martínez-González *et al.* 2007).

Uno de los enfoques incorrectos que se han utilizado para analizar datos de medidas repetidas es calcular la estadística descriptiva a partir de las observaciones, a lo largo del tiempo, en cada

unidad. Dichos resúmenes suelen tratarse como una respuesta ordinaria y analizarse mediante métodos convencionales, tales como análisis de varianza, regresión o modelos lineales generalizados. Las estimaciones de error para las estadísticas de resumen se basan únicamente en la aleatorización en el diseño experimental; no requieren suposiciones ni conocimiento de la estructura de covarianza de las mediciones repetidas.

Torres *et al.* (2003) plantean la utilización del análisis de varianza univariado, según modelo de parcelas divididas, cuando no existe correlación significativa entre las mediciones en tiempo; sin embargo, en experimentos de parcelas divididas, la asignación de los tratamientos a cada sujeto debería ser aleatorizada, pero en un experimento con mediciones repetidas, el factor tiempo evidentemente no puede aleatorizarse. Además, en un análisis de parcelas divididas existe la suposición de que las observaciones dentro de cada parcela comparten una correlación igual, y es improbable que esto se mantenga con medidas repetidas; de hecho, la estructura de correlación es una de las situaciones más importantes a considerar en dichos casos. Comúnmente habrá fuertes correlaciones porque las mediciones se realizan sobre las mismas muestras sucesivamente con el tiempo, y existirá mayor relación en la medida de la cercanía temporal de las evaluaciones; igualmente, la varianza propiamente dicha puede cambiar con el tiempo.

Otra de las opciones utilizadas ha sido la de analizar las mediciones repetidas de manera separada para cada una de las ocasiones, con la limitación de que los resultados sólo brindan información sobre las diferencias de tratamiento en los tiempos observados sin establecer relaciones entre ellos, debido a que el cambio de la significancia estadística de un tratamiento entre dos momentos no significa que el tratamiento haya cambiado significativamente en el tiempo. Igualmente, la aparición de patrones similares de efectos del tratamiento en varias ocasiones no proporciona una confirmación independiente de los efectos (Webster y Payne, 2002).

En algunos casos los datos son analizados mediante gráficos simples o por medio de análisis de regresión, y se ignora información potencialmente disponible concerniente a la tendencia sobre el tiempo, sin tomar en cuenta la violación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza de los análisis univariados (Gurevich y Chester 1986).

Es entendible que muchos investigadores prefieran el uso de análisis univariado debido a que son más sencillos de calcular, los estadísticos son más robustos y generalmente los resultados son más fáciles de interpretar; sin embargo, cuando se violan los supuestos de los procedimientos univariados, los niveles de significancia de las pruebas univariadas no son lo suficientemente precisos, conduciendo a errores en las pruebas de hipótesis.

EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MEDIDAS REPETIDAS

Para el análisis de las medidas repetidas en la misma unidad experimental en diferentes puntos en el tiempo son necesarios procedimientos estadísticos adecuados, diferentes a los tradicionales, de manera que se acentúe la validez de la conclusión estadística. Keselman y Keselman (1988) señalan que el uso válido del ANOVA de medidas repetidas requiere el cumplimiento de los siguientes supuestos: a) Independencia de las respuestas entre las distintas unidades experimentales, b) Normalidad conjunta multivariada c) Homogeneidad de las matrices de covarianza y d) Esfericidad de la matriz de covarianza.

Generalmente no hay mayores restricciones para el cumplimiento de los dos primeros supuestos. La esfericidad se logra cuando las varianzas entre todas las posibles diferencias por pares del factor de medidas repetidas son iguales. Cuando los diseños de medidas repetidas no contienen factores intrasujetos, es suficiente aplicar el criterio de esfericidad de Mauchley (1940).

Una vez satisfechos los supuestos del modelo, el Análisis Univariado de la Varianza es la prueba más robusta y potente (Keselman *et al.* 1996). Si las matrices de dispersión no son homogéneas,

se han desarrollado alternativas univariadas orientadas a corregir los valores críticos de la prueba de F univariada a fin de reducir las tasas de error tipo I. La corrección se realiza multiplicando los grados de libertad por un valor que indica la desviación de la matriz del patrón de esfericidad requerido, calculado desde la matriz de covarianza promediada de los datos del diseño (Fernández *et al.* 2010).

De no cumplirse el criterio de esfericidad, Park *et al.* (2009) recomiendan usar el enfoque multivariado, teniendo en cuenta sus limitaciones y su impacto adverso en la eficiencia y la potencia. En caso de diseños desbalanceados, el ANOVA multivariante eliminará todas las entradas de esa unidad experimental si faltara alguna observación, lo cual conduce a la pérdida de datos válidos. Por lo tanto, este enfoque es más confiable cuando se dispone de muestras grandes. Dependiendo de la existencia de efectos de interacción, el investigador debe realizar las comparaciones múltiples apropiadas en función de los objetivos del estudio y de la interpretación de interés.

El análisis multivariado de la varianza (MANOVA), en lugar de tratar varias mediciones a lo largo del tiempo como una única variable dependiente medida repetidamente, trata las mediciones repetidas como variables dependientes separadas, generadas por una unidad experimental, con lo cual se pierde la ventaja de medir repetidamente dichas unidades. En consecuencia, los problemas de tamaño de muestra se convierten en una consideración primordial, y un tamaño de muestra que fue suficiente para demostrar un efecto en un ANOVA de medidas repetidas puede ser demasiado pequeño para demostrar un efecto similar utilizando el enfoque multivariable (Kieffer y Haley 2002).

Los paquetes estadísticos más utilizados, como SAS®, SPSS, InfoStat y Stata®, entre otros, son compatibles con ANOVA estándar y ANOVA de medidas repetidas, así como con múltiples comparaciones de una manera fácil de usar. A veces, diferentes programas y diferentes métodos pueden requerir la preparación de diferentes formatos de datos para realizar el mismo análisis estadístico. Dado que el software estadístico no

verifica si se cumplen los supuestos estadísticos, es necesario un proceso previo de verificación de suposiciones antes de realizar el análisis estadístico (Park *et al.* 2009).

LITERATURA CITADA

- Allison, D; Brown, A; George, B; Kaiser K. 2016. Reproducibility: A tragedy of errors. *Nature* 530 (7588): 27–29.
- Amador, M; Velásquez, R; Sánchez B; Acosta E. 2014. Floración y fructificación de chile mirasol (*Capsicum annuum* L.) con labranza reducida, labranza convencional o incorporación de avena al suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(6):1001-1013.
- Aparicio, R; Torres R; Astudillo, L; Córdova, L; Carrasquel, J. 2007. Suplementación parenteral con cobre sobre el peso de becerros en crecimiento. *Zootecnia Tropical* 25(3):221-224.
- Babinec, F. 2012. Métodos estadísticos en genética básica y aplicada: por qué, cómo y cuánto. *BAG. Journal of basic and applied genetics* 23(2):7-18.
- Badii, MH; Pazhakh, AR; Abreu JL; Foroughbakhch, R. 2004. Fundamentos del método científico. *Innovaciones de Negocios* 1(1):89-107.
- Badii, M; Castillo, J; Wong, A. 2006. Diseños de distribución libre. *Innovaciones de negocios* 3(5): 141-174.
- Badii, MH; Castillo, J; Gorjón, F; Foroughbakhch, R. 2007. Completely randomized designs. In: M.H. Badii & J. Castillo (Eds.). *Técnicas Cuantitativas en la Investigación*. UANL, Monterrey. pp. 307-334.
- Balzarini, M; Di Rienzo, J; Tablada, M; González, L; Bruno, C; Córdoba, M; Robledo, W; Casanoves, F. 2012. *Estadística y Biometría. Ilustraciones del uso de InfoStat en problemas de Agronomía*. Editorial Brujas, Córdoba, Argentina, 1º Edición, Primera Impresión. 328 p.
- Barragán-Hernández, W; Cajas-Girón Y. 2019. Cambios bromatológicos y estructurales en *Megathyrus maximus* bajo cuatro arreglos silvopastoriles. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 20(2):231-244
- Calzada-Marín, J; Enríquez-Quiroz, J; Hernández-Garay, A; Ortega-Jiménez, E; Mendoza-Pedroza, S. 2014. Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en clima cálido subhúmedo. *Revista Mexicana Ciencias Pecuarias* 5(2):247-260.
- Calzada-Marín, J; Ortega-Jiménez, E; Enríquez-Quiroz, J; Hernández-Garay, A; Vaquera-Huerta, H; Escalante-Estrada, J. 2018. Análisis de crecimiento del pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum* Schum) en clima cálido subhúmedo. *Agroproductividad* 11(5):69-75.
- Carrero, O; Jerez, M; Macchiavelli, R; Orlandoni, G; Stock J. 2008. Ajuste de curvas de índice de sitio mediante modelos mixtos para plantaciones de *Eucalyptus urophylla* en Venezuela. *Interciencia* 33:4
- Castro, A; Cova, L; García, D; Medina, M. 2007. Efecto de la cáscara de huevo en la producción de cápsulas de la lombriz roja (*Eisenia andrei*). *Zootecnia Tropical* 25(2):135-142.
- Chaves-Bedoya, G; Ortíz-Moreno, M; Ortiz-Rojas, L. 2013. Efecto de la aplicación de agroquímicos en un cultivo de arroz sobre los microorganismos del suelo. *Acta Agronómica* 62(1):66-72.
- Chew V. 1976. Comparing treatment means: A compendium. *HortScience* 11(4):348-356.
- Cova, LJ; García, DE; Castro, AR; Medina, MG. 2007. Efecto perjudicial de *Moringa oleifera* (Lam.) combinada con otros desechos agrícolas como sustratos para la lombriz roja (*Eisenia* spp.). *Interciencia* 32(11):769-774.
- Cox, DR; Kartsonaki, C; Keogh, RH. 2018. Big data: Some statistical issues. *Statistics and Probability Letters* 136:111-115.
- Depablos, L; Vargas, D; Mora, R. 2016. Evaluación económica de varios alimentos concentrados comerciales como suplementos para novillas mestizas en crecimiento estabuladas.

- Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 24(1):21-28.
- Drescher, K; Saddy, J; Uzcátegui, W. 2009. Evaluación de la cantidad de leche vendible y total bajo diferentes modalidades de amamantamiento restringido en vacas doble propósito. *Zootecnia Tropical* 27(1):39-48.
- Fernández, L; Lara, A; Pereyra, A; Guerra, W; Calzadilla, J. 2013. Estadística Aplicada a la Ingeniería Agrícola y a las Ciencias Agropecuarias. Su contribución en la docencia, investigación y transferencia de conocimiento. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 22(2):84-88.
- Fernández, P; Vallejo, G; Livacic-Rojas, P. 2010. Robustez de cinco estadísticos univariados para analizar diseños Split-Plot en condiciones adversas. *Revista Latinoamericana de Psicología* 42(2):289-309.
- Foroughbakhch, R; Badii, MH. 2005. Métodos Analíticos Estadísticos. UANL, Monterrey. 218 p.
- Gómez, M; Pérez, G; Santéliz, P; Cortés, A; Vilanova-Fernández, L. 2010. Reproducción de hembras Brahman en dos rebaños pertenecientes a un programa de mejora genética. *Zootecnia Tropical* 28(2):141-151.
- González, LM; López, LA. 2002. Medidas repetidas con datos faltantes: estimación de parámetros vía análisis de covarianza. *Revista Colombiana de Estadística* 25:127-143.
- Gurevich, J; Chester, S. 1986. Analysis of repeated measures experiments. *Ecology* 67(1):251-255.
- Johnson, SB; Berger, RD. 1982. On the status of statistics in phytopathology. *Phytopathology* 72(8):1014-1015.
- Keselman, HJ; Keselman, JC. 1988. Repeated measures multiple comparison procedures: Effects of violating multisamplesphericity in unbalanced designs. *Journal of Educational Statistics* 13(3):215-226.
- Keselman, JC, Lix, ML; Keselman, HJ. 1996. The analysis of repeated measurements: A quantitative research synthesis. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology* 49(2):275-298.
- Kieffer, KM. Haley, JA. 2002. On analyzing repeated measures designs with both univariate and multivariate methods: a primer with examples. *Multiple Linear Regression Viewpoints* 28(1):1-17.
- Kramer, M; Paparozzi, E; Stroup, W. 2016. Statistics in a Horticultural Journal: Problems and Solutions. *Journal American Society Horticultural Science* 141(5):400-406.
- Llovet, J; Vallejo, R. 2010. Evolución de la compactación superficial del suelo tras un incendio en función de la edad de abandono de antiguos cultivos. *C & G*. 3-4.
- López, P; Anzoátegui, D. 2012. Crecimiento del híbrido Cachamoto (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*) en un sistema de recirculación de agua. *Zootecnia Tropical* 30(4): 335-342.
- López-Hernández, D., Infante, C. 2017. Fijación de amonio en un suelo molisol cultivado con caña de azúcar en el valle del río Yaracuy, Venezuela. *Agronomía Tropical* 67(1-4):152-160.
- Lowry, SR. 1992. Use and misuse of multiple comparisons in animal experiments. *Journal of Animal Science* 70:1971-1977.
- Lugo, M; Molina, F; González, I; González, J; Sánchez, E. 2014. Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre la producción de materia seca y proteína cruda de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray. *Zootecnia Tropical* 30(4):317-325.
- Maindonald, J; Cox, N. 1984. Use of statistical evidence in some recent issues of DSIR agricultural journals. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 27(4):597-610.
- Martínez-González, J.; Castillo-Rodríguez, S; Lucero-Magana, F; Ortega-Rivas, E. 2007. Influencias ambientales y heredabilidad para características de crecimiento en ganado Sardo Negro en México. *Zootecnia Tropical* 25(1):1-7.

- Mauchley, JW. 1940. Significance test of sphericity of a normal n -variate distribution. *Annals of Mathematical Statistics* 11:204-209.
- Medina, MG; García, DE; González, ME; Cova, LJ; Moratinos, P. 2009. Variables morfo-estructurales y de calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia Tropical* 27(2):121-134.
- Mila, A; Corredor, G. 2004. Evolución de la composición botánica de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) recuperada mediante escarificación mecánica y fertilización con compost. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 5(1):70-75.
- Millán, FC; Prato, JG; Uzcátegui, J; Sulbarán, A; Sánchez, A. 2017. Caracterización físico-química y microbiológica de materiales compostados obtenidos de residuos vegetales del Mercado Principal de Mérida, Venezuela. *Agronomía Tropical* 67(1):139-151.
- Montes de Oca, R; Uña, F; Viera, G; Cardoso, G; Avilés, S. 2007. Aplicación de la estadística, el diseño experimental y software en artículos de la Revista de Producción Animal. *Revista de Producción Animal* 19(S1):35-41.
- Park, E; Cho, M; Ki, CS. 2009. Correct use of repeated measures analysis of variance. *The Korean Journal of Laboratory Medicine* 29(1):1-9.
- Perina, J; Krepelka, J. 2013. Quantum statistics of optical parametric processes with squeezed reservoirs. *Optics Communications* 308:274-281.
- Petersen, RG. 1977. Use and misuse of multiple comparison procedures. *Agronomy Journal* 69:205-208.
- Quijada, O; Herrero, B; Matheus, M; Castellano, G; Camacho, R; González, C. 2004. Evaluación de variedades de mango (*Mangifera indica* L.) en la planicie de Maracaibo. I. Variables vegetativas y épocas de producción. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)* 21:244-252.
- Quijada, O; Matheus, M; Castellano, G; Camacho, R; González, C; Casanova, Á; Noguero, N. 2008. Desarrollo y productividad de cultivares de mango injertados sobre el patrón sina-maica en la planicie de Maracaibo. *Agronomía Tropical* 58(3):207-213.
- Raudonius, S. 2017. Application of statistics in plant and crop research: important issues. *Zemdirbyste – Agriculture* 104 (4):377-382
- Reinhart, A. 2015. *Statistics done wrong: The woefully complete guide*. No Starch Press, San Francisco, CA. 176 pp.
- Rivas-Nichorzon, M; González, M; Belloso, G; Silva-Acuña, R. 2017. Poblaciones de hongos y actinomicetos presentes en el proceso de compostaje con base en bora (*Eichhornia crassipes*), residuos de café y de jardinería. *SABER* 29:358-366.
- Rodríguez, A; Pulido, MA; Rey, JC; Lobo, D; Araque, H; Rivero, C. 2010. Efecto del pisoteo en sistemas de producción de cerdos a campo sobre propiedades del suelo. *Agronomía Tropical* 60(2):119-130.
- Rodríguez, CE; Gómez, DF. 2013. Efecto de la suplementación con diferentes dosis de grasa protegida sobre parámetros productivos y composicionales de la leche bovina. *Zootecnia Tropical* 31 (4):299-309.
- Rodríguez, CE; Saavedra, GF; Gómez, DF. 2015. Efecto de la etapa de lactancia sobre la calidad fisicoquímica de leche en vacas de raza Holstein y Normando. *Zootecnia Tropical* 33 (1):23-35.
- Ruiz-Ochoa, MA; Meléndez, R; Castellanos, M; Polanía, J. 2006. Aplicación de medidas repetidas a cuatro propiedades edáficas en los manglares del brazo Calancala, río Ranchería. *Revista de la Academia Colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales* 30 (115):233-242.
- Salvador, A; Alvarado, C; Contreras, I; Betancourt, R; Gallo, J; Caigua, A. 2009. Efecto de la alimentación con grasa sobrepasante sobre la producción y composición de leche de cabra en condiciones tropicales. *Zootecnia Tropical* 27(3):285-298.

- Schindler, V; Feola, I. 2014. Comparación del peso desde el nacimiento hasta el destete de terneros de biotipos Braford y cuarterones en la región del NEA, Argentina. *Zootecnia Tropical* 30(4):327-333
- Spiegel, MR; Stephens, LJ. 2009. *Estadística*. McGraw-Hill/Interamericana Editores. Cuarta Edición. DF México. 284 p.
- Torres V, J; Navarro, R; Pérez, T. 2003. Modelos estadísticos para el procesamiento de experimentos con mediciones repetidas en la misma unidad experimental. *Revista Cubana Ciencias Agrícolas* 37:227.
- Vasconcelos, AMD; Carvalho, FCD; Costa, APD; Lobo, RNB; Ramalho, RC. 2017. Produção e composição do leite de ovelhas da raça Rabo Largo criadas em região tropical. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 18(1):174-182.
- Webster, R; Payne, R. 2002. Analyzing repeated measurements in soil monitoring and experimentation. *European Journal of Soil Science* 53:1-13.
- Yang, X; Beason-Held, L; Resnick, S; Landman, B. 2011. Biological parametric mapping with robust and non-parametric statistics. *Neuroimage* 57(2):423-430.

Trabajo Especial

Germoplasma de musáceas en Venezuela: Reseña sobre su clasificación taxonómicaGustavo Martínez^{1*}, Edward Manzanilla¹, Rafael Pargas¹¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Maracay, Aragua, Venezuela. *Correo electrónico: martinezgve@yahoo.es**RESUMEN**

Las musáceas comestibles son producto de mutaciones naturales o cruces entre *Musa acuminata* (*Musa AA*) y *Musa balbisiana* (*Musa BB*), que por su alto valor se ubican entre los cultivos y frutas más importantes. Actualmente, son pocos los clones utilizados para la producción comercial a nivel mundial, como banano Cavendish, restringiendo la variabilidad y consecuentemente aumentando la vulnerabilidad a enfermedades extremadamente peligrosas como la sigatoka negra o amarilla y *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Raza 4), catalogada como la más temible en la historia de las musáceas. Los bancos de germoplasma podrían contribuir a resolver estos problemas por ser un reservorio de genes, pueden ser utilizados en el mejoramiento genético y además como una estrategia de seguridad alimentaria. Este trabajo fue realizado con la finalidad de dar a conocer los rasgos más importantes de los materiales que integran el Banco de Germoplasma del INIA-CENIAP, Maracay, Venezuela. Se indican los rasgos taxonómicos generales y la caracterización morfológica de las accesiones. La clasificación de 136 accesiones del banco de germoplasma de musáceas del INIA-CENIAP permitió evidenciar la existencia de 10 diploides, 89 triploides, 12 tetraploides y 25 indeterminadas. Existen clones de importancia estratégica para programas de mejoramiento y para promover la diversidad en la producción de musáceas en el país por lo que, su conservación y documentación son de vital importancia para la seguridad alimentaria.

Palabras clave: accesiones, conservación, germoplasma, musáceas.

Germplasm of musáceas in Venezuela: Review of its taxonomic classification**ABSTRACT**

Edible musaceas are the product of natural mutations or crosses, between *Musa acuminata* (*Musa AA*) and *Musa balbisiana* (*Musa BB*), and because of their high nutritional value, they are located among the most important crops and fruits. Currently, few clones, such as Cavendish banana, dominate the commercial production, worldwide, restricting the variability, and consequently increasing the vulnerability, to extremely dangerous diseases, such as the sigatoka black or yellow, and *Fusarium oxysporum* sp. *cubense* (Race 4), has been cataloged as the most fearsome, in the history of the Musaceae. The germoplasma banks could help solve these problems by being a reservoir of genes, which can be used in genetic improvement, as a food security strategy. This work was carried out with the purpose of making known the most important traits of the musa germplasm in Venezuela, and to indicate general taxonomic features of the accessions that make up the Germplasm Bank of INIA-CENIAP, Maracay, Venezuela. The general taxonomic traits of the accessions are indicated. 136 accessions were classified. It allowed to evidence the existence of 10 diploids, 89 triploids, 12 tetraploids and, 25 indeterminates. There are clones of strategic importance for breeding programs and to promote diversity in musaceae production in the country, therefore, their conservation and documentation are vital for food security.

Key words: accessions, conservation, germplasm, musaceae.

Recibido: 25/04/2019 - Aprobado: 22/10/2019

INTRODUCCIÓN

Con el progreso de las civilizaciones, se ha hecho evidente el proceso de la desaparición de la diversidad o erosión genética, debido al impacto de actividades antrópicas. Esta acción, conlleva a la destrucción o modificación de los centros de origen de los cultivos y la sustitución de las variedades tradicionales por variedades modernas genéticamente más uniformes, para generar mayor producción (NRC 1991, Granados *et al.* 2009).

La pérdida de la diversidad genética en la actualidad se encuentra acelerada, en parte por la existencia de la uniformidad genética de los cultivos que los expone al ataque de plagas y enfermedades que están en constante cambio poblacional por efecto de las mutaciones (Ferre 2002, Granados *et al.* 2009). Tal es el caso de las bananas, donde clones del subgrupo Cavendish dominan el mercado internacional.

Las musáceas comestibles tienen un alto valor nutritivo, ubicándose entre los 10 principales alimentos de importancia en el mundo, esenciales para la seguridad alimentaria. Este rubro está seriamente amenazado por enfermedades como el marchitamiento por *Fusarium*, considerada como la más destructiva de las enfermedades en el cultivo de bananas y plátanos (Nadal *et al.* 2009, Soto 2011, Dita *et al.* 2018). Por tal razón, la existencia y conservación de los bancos de germoplasma debe ser de orden prioritario. En la medida que estén adecuadamente caracterizados, evaluados y documentados; sus materiales podrán ser utilizados en programas de mejoramiento genético, investigación básica y aplicada o directamente por el agricultor (Rincón y González 1991, Medina *et al.* 2006, Granados *et al.* 2009).

Las musáceas comestibles, son producto de mutaciones naturales o cruces entre las especies *Musa acuminata* (*Musa AA*) y *Musa balbisiana* (*Musa BB*), y taxonómicamente se ubican en el Reino Plantae, División Angiospermas, Clase Monocotiledoneas, Orden Zingiberales, Familia Musaceae, Género *Musa*, sección *Eumusa*, donde grupos de cultivares (clones) con diferentes niveles de ploidía y diferentes aportes en el genoma (A = *acuminata* y B = *balbisiana*) han sido identificados

y agrupados en diploides (AA, AB, BB), triploides (AAA, AAB, ABB) y tetraploides (AAAA, AABB, otros) (Sharrock 1998, Wong *et al.* 2001, Xuan *et al.* 2002, The Angiosperm Phylogeny Group 2003).

Por la condición taxonómica compleja que prevalece en las musáceas, el uso de términos basados en criterios taxonómicos es lo más indicado para evitar confusiones y dudas al tratar de identificar los diferentes clones, debido a los innumerables términos locales utilizados a nivel mundial (Simmonds 1973).

De acuerdo a los niveles de ploidía, aportes en el genoma y los diferentes subgrupos taxonómicos, Daniells *et al.* (2001) y Xuan *et al.* (2002) indican la existencia de seis subgrupos para los diploides y 27 para los triploides los cuales, son reseñados en el Cuadro 1, donde adicionalmente, se indican posibles combinaciones de tetraploides y el triploide subgrupo Balbisiana.

La descripción de estos subgrupos está basada sólo en caracteres morfológicos que dependen de las condiciones agroclimáticas de la localidad donde se ubica dicha colección. Estas características están influenciadas por la interacción genotipo-ambiente haciéndolas inestables y variables en el tiempo por lo que, limitan su uso en la taxonomía de los cultivos, aunque se puedan definir agrupamientos taxonómicos. Por tanto, es necesaria la utilización de herramientas moleculares para tener una mayor precisión en su clasificación y determinación de las relaciones entre las accesiones (IPGRI-INIBAP/CIRAD 1996, Nadal *et al.* 2009).

Este trabajo fue realizado con la finalidad de dar a conocer los rasgos más importantes de las accesiones que integran el Banco de Germoplasma de Musáceas del INIA-CENIAP ubicado en Maracay, Venezuela, destacando las características taxonómicas generales y su morfología. Este germoplasma es de gran importancia para la preservación de la diversidad genética y por la disponibilidad de clones alternativos que pueden manejarse a través de programas de mejoramiento genético que sirvan para apoyar la seguridad alimentaria del país.

Cuadro 1. Subgrupos taxonómicos para diploides y triploides, y posibles combinaciones tetraploides y triploide Balbisiana.

Diploides		Triploides		Tetraploides
Musa AA subgrupos	Musa AAA subgrupos	Musa AAB subgrupos	Musa ABB subgrupos	subgrupos
Sucríe	Gros Michel	Plantain	Bluggoe	AAAA
Pisang lilin	Cavendish	Silk	Pelipita	AAAB
Inarnibal	Red	Pisang Raja	Saba	AABB
Lakatan	Ibota	Pisang Nangka	Pisan Awak	ABBB
Pisang Jari guaya	Ambon	Mysore	Monthan	Otros
	Orotava	Pisang Kelat	Kalapua	
Musa AB subgrupos	Rio	Laknau	Klue Teparod	
Ney Poovan	Mutila / Ijugira	Iholena	Ney Mannan	
Kamaramasenge		Pome	Peyan	
		Maia maoli / Popoulu	Musa BBB subgrupo	
		Nendra Padaththi		
		Nadan	Lepchangkut	

Fuente: Elaborado con base en Daniells *et al.* 2001.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo fue realizado en el Banco de Germoplasma de Musáceas del INIA-CENIAP ubicado en Maracay, estado Aragua, Venezuela (N10°17'14": O67°36'02"). Esta área se caracteriza por tener un clima de bosque seco premontano con una precipitación media 975 mm.año⁻¹, temperatura media 27°C, humedad relativa de 75 % con seis meses de sequía y seis de lluvia. El mismo está conformado por accesiones o clones sembrados a 3 x 3 m a libre crecimiento.

Basados en los descriptores para banano (IPGRI-INIBAP/CIRAD 1996), documentos referenciales sobre ploidia y agrupaciones taxonómicas (Daniells *et al.* 2001) y observaciones de campo, se realizó una caracterización morfológica a las accesiones logrando definir y agrupar las mismas de acuerdo a su nivel de ploidia y subgrupo taxonómico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Banco de Germoplasma del INIA-CENIAP consta de 136 accesiones conservadas *in situ*

con renovación cada cuatro años. Luego de revisar sus características taxonómicas y morfológicas, se pudo evidenciar que están distribuidas en 10 diploides, 89 triploides, 12 tetraploides y 25 indeterminadas. Su distribución en campo se indica en la Figura 1:

1. Diploides

Representados por las accesiones 008 (*Musa acuminata*), 075 (*Musa acuminata* subsp. *malaccensis*), 009 (*Musa balbisiana*) y 078 (*Musa balbisiana* - INIBAP); mientras que las especies cultivadas, se encuentran indicadas en los siguientes subgrupos:

- **Diploides Acuminata (AA)**

Subgrupo Inarnibal: accesión 074 (Pisang Berlin). Plantas entre 2,8 a 3 m, color púrpura subyacente debajo de las primeras vainas, racimos con promedio de ocho manos y entre 14 a 16 dedos/mano, sabor dulce agradable. Moens *et al.* (2002), señalan que este clon es susceptible a la enfermedad raya negra de la hoja. Ha sido utilizado en programas de mejoramiento.

001 clon-90	021 Gran Nain	041 Plátano Hartón	061 Cambur Manzano verde	081 Nakitenwa	101 Cuyaco gigante	121 HH-6
002 clon-91	022 Gran Nain (INIBAP)	042 Plátano Hartón x	062 Pisang Ceylan	082 Cuyaco falso	102 Coco (INIBAP)	122 HH-7
003 clon-92	023 Valery	043 Plátano morado	063 Plátano Rayado	083 Falso Hartón	103 HH-11	123 HH-8
004 clon-93	024 Valery (INIBAP)	044 Plátano pseudotallo negro	064 Pisang Lilin	084 AG 300	104 HH-14	124 HH-10
005 clon-95	025 Robusta	045 Plátano pseudotallo rojo	065 Mambee-thu	085 Popolou	105 HH-15	125 HH-12
006 clon-96	026 Poyo	046 Plátano del Ecuador	066 Tuugia	086 Safetvolt	106 Divi Colombia (INIBAP)	126 HH-24
007 Rose	027 Pineo Martinico	047 Plátanos Dominico	067 Topocho pelipita	087 Saba	107 Topocho cenizo	127 HH-22
008 <i>Musa acuminata</i>	028 Cobrero	048 Macho x Hembra	068 Topocho Saba	088 Kama	108 FHIA-1	128 HH-20
009 <i>Musa balbisiana</i>	029 clon-500	049 Plátano Dominico pseudotallo negro	069 Yagambi km. 5	089 Topocho Poncho	109 FHIA-2	129 HH-17
010 Titiaro	030 Cambur concha verde	050 Dominico topocho	070 Ngoen	090 Topocho verde	110 FHIA-3	130 HH-13
011 Alto Orinoco	031 mestizo	051 Plátano Hartón enano Colombia	071 Kingala	091 Topocho enano	111 FHIA-20	131 HH-3
012 HH1	032 Cuyaco Pineo	052 Plátano Hartón enano Valery	072 Pisang Mas	092 Topocho pseudo- tallo morado	112 FHIA-21	132 HH-4
013 Pineo enano	033 clon-98	053 Plátano Hartón enano Fontana	073 Topocho Cardaba	093 Lepchankut	113 FHIA-17	133 HH-5
014 Pineo gigante	034 Manano	054 Plátano Hartón enano Caucagua	074 Pisang Berlin	094 Auko	114 FHIA-23	134 HH-9
015 Pineo gigante INIBAP	035 Lacatan Carrasqueño	055 Pisang Raja	075 <i>Musa acuminata</i> <i>sp. malaccensis</i>	095 HH-18	115 CNN-12-D	135 Tigrito
016 clon-58	036 Lacatan Filipino	056 Pisang Kelat	076 Prata Ana	096 HH-19	116 FHIA-18	136 100-BTA
017 clon-59	037 Lacatan Martinico	057 Cambur Ácido	077 Nakwakhón	097 HH-21	117 Tetraploide	020 Giant Cavendish
018 Higate	038 Cambur morado	058 Tornasol	078 Balbisiana (INIBAP)	098 HH-23	118 CNN-01	120 HH-2
019 Cuyaco	039 Injerto blanco	059 Cambur Manzano amarillo	079 Higate falso	099 HH-25	119 Yagambi km. 5.1	100 HH-16
	040 cambur negro		080 Pineon			060 Cambur Manzano enano

Subgrupo *Pisang Lilin*: accesión 064 (*Pisang Lilin*). Racimo de aproximadamente 3,9 kg, 4 manos y 45 dedos. De acuerdo a Rekha *et al.* (2001), estos valores y grados Brix (24,7) son similares a los del clon Gros Michel.

Subgrupo *Sucrier*: accesiones 010 (Titiaro), 011 (Alto Orinoco); 072 (*Pisang Mas*). Altura planta de 2,8 m, pseudotallo con abundantes manchas castaño oscuro, racimo 12 kg con 7 manos, con promedio de 11 dedos/mano, sabor muy dulce característico, muy conocido en el país, aun cuando su producción es baja y local. Este subgrupo representado por *Pisang Mas*, es el más conocido y popular (Ploetz *et al.* 2007). Se considera un clon con resistencia a *Fusarium*; pero de acuerdo con Haddad y Borges (1974), es muy susceptible a la sigatoka amarilla (*Cercospora musae*).

- **Diploide *Acuminata* y *Balbisiana* (AB)**

Subgrupo *Ney Poovan*: Se corresponde con la accesión 086 (*Safet Volt*). Racimo entre 12 a 14 kg, 8 manos, 84 dedos, sabor agradable. Hoyos *et al.* (2012), señalaron otros atributos referidos a la pulpa, al peso (72 g), longitud (14 cm) y diámetro (3 cm).

2. Triploides

- **Triploides *Acuminata* (AAA)**

Subgrupo *Gros Michel*: Accesiones 019 (Cuyaco o Gros Michel), 101 (Cuyaco Gigante); 018 (“Highgate”), 102 (“Cocos”). Las dos últimas son consideradas mutantes (Ploetz *et al.* 2007). El clon Cuyaco, se caracteriza por presentar frutos tipo cuello de botella, color subyacente del pseudotallo verde o rosado muy claro, con altura superior a 3,5 m; racimos de 30 kg, con ocho manos y 16 dedos/mano. En la actualidad, aun cuando el clon Cuyaco ha sido muy conocido a nivel nacional, su producción se ha reducido considerablemente debido a la incidencia de la raza 1 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (*Foc*).

Subgrupo *Cavendish*: Considerado como el subgrupo de banano más importante del país, debido que la mayor parte de la producción es aportada por los clones: Pineo Gigante, Williams,

Giant Cavendish, entre otros. Los clones de este subgrupo, reemplazaron al Gros Michel, impactado negativamente por su susceptibilidad a la raza 1 de *Foc* y, a diferencia de ese clon, presentan frutos de punta obtusa, color subyacente del pseudotallo rojo, púrpura o rosado intenso. Racimos de 30 kg, con 10 manos y 14 dedos/mano. En el Cuadro 2, se indican las accesiones presentes en el Banco.

Subgrupo *Red* o *Morado*: Accesiones 038 (Cambur morado) y 039 (Injerto blanco). Simmonds (1973) indicó, que este subgrupo puede contener cultivares Tipo Red y Tipo Green Red debido que este último, es considerado como una mutación del Tipo Red. Los frutos Tipo Red han penetrado con facilidad el mercado internacional en los últimos años como frutas exóticas por su color llamativo. En nuestro país, por las características

Cuadro 2. Accesiones del subgrupo Cavendish presentes en el Banco de Germoplasma del INIA-CENIAP

Accesión	Nombre Local	Accesión	Nombre Local
013	Pineo enano	080	Pineon
014	Pineo gigante	015	Pineo gigante INIBAP
016	clon-58	017	clon-59
020	Giant Cavendish	021	Gran Nain
034	Manano	022	Gran Nain INIBAP
024	Valery INIBAP	023	Valery
027	Pineo Martinico	029	clon-500
025	Robusta	031	Mestizo
028	Cobrero	030	Cambur concha verde
032	Cuyaco Pineo	036	Lacatan Filipino
037	Lacatan Martinico	035	Lacatan Carrasqueño
026	Poyo	033	clon-98

y cualidades de las hojas, son utilizadas como envolturas para las hallacas (plato navideño típico en Venezuela) y también son usados como sombra temporal en los cultivos de café y cacao.

Subgrupo *Mutika/Lujugira (Highland Bananas)*: Accesiones 040 (Cambur negro o criollo) y 081 (clon Nakitengua, proveniente del Centro de Tránsito INIBAP). Plantas de 3 m, con racimo de 23 kg, 8 manos y 12 dedos/mano, ligeramente dulce. Al igual que el subgrupo anterior, también pueden ser usados como sombra en el cultivo de café y sus hojas como envolturas para las hallacas. Pueden ser cultivables y productivos a altitudes superiores a los 600 m.s.n.m., donde otros clones tienen poca respuesta (Haddad y Borges 1974).

Subgrupo *Ibota*: Accesiones 069 (Yagambi km.5) y 119 (Yagambi km.5.1); esta última, considerada mutación del Yagambi Km 5, siendo de mayor altura y conservando los atributos de la fruta. La accesión 069 presenta peso racimo entre 12 a 14 kg, con 8 a 10 manos, coincidiendo con Espinosa et al. (2018).

- **Triploides *Genoma (AAB)***

Subgrupo *Plátano*: En Venezuela, el plátano Hartón gigante es el pilar principal de la producción de plátanos. Las plantas presentaron altura de 3,5 m; racimos de 6 a 7 manos y 32 dedos. Dichos valores se pueden incrementar en sistemas de producción de medianos y grandes productores. En el cuadro 3, se indican las accesiones presentes en el banco de germoplasma. Se puede señalar que el plátano Hartón enano se encuentra en menor escala a nivel nacional.

Subgrupo *Silk*: Accesiones 060 (Cambur Manzano enano), 061 (Cambur Manzano verde), 059 (Cambur Manzano amarillo). De acuerdo a los registros, existió una variante del clon Manzano con pseudotallo morado que se perdió por efecto de *Foc R1*. De todos ellos, la accesión 059 ha tenido el mayor grado de importancia en el país. Sin embargo, la superficie sembrada ha disminuido considerablemente por efecto de *Foc R1*, con alta incidencia en el sur del Lago de Maracaibo. Racimos de 24 kg, con siete manos y 10 dedos/mano. Haddad y Borges (1974), indican que además es susceptible a sigatoka y Hereque.

Cuadro 3. Accesiones del subgrupo plátanos, en el Banco de Germoplasma del INIA-CENIAP

Accesión	Nombre Local	Accesión	Nombre Local
041	Plátano Hartón	044	Plátano pseudotallo negro
042	Plátano Hartón x	045	Plátano pseudotallo rojo
043	Plátano dedo morado	046	Plátano del Ecuador
047	Plátano Dominicó	051	Plátano Hartón enano Colombia
048	Macho x Hembra	053	Plátano Hartón enano Fontana
049	Plátano Dominicó pseudotallo negro	054	Plátano Hartón enano Caucagua
050	Plátano Dominicó Topocho	063	Plátano Rayado
052	Plátano Hartón enano Valery	106	Plátano Divi Colombia

Subgrupo *Mysore*: Accesiones 062 (Pisan Ceylan) y 135 (Tigrito). El clon Pisan Ceylan o Mysore fue introducido a Venezuela en 1963 proveniente de Florida (Haddad y Borges 1974) y fue sustituido posteriormente por un ejemplar proveniente del Centro Internacional de Tránsito, INIBAP. La accesión 135, de nombre local "Tigrito", fue colectado en una comunidad indígena en el estado Delta Amacuro en 1996 y, de acuerdo a su caracterización morfológica corresponde al clon Mysore; mostrando síntomas típicos del banano streak virus (BSV) dos años después de su colecta a diferencia de la accesión 062. De acuerdo a Robinson y Galán (2010), es un clon muy importante en la india el cual, aporta 70 % de la producción del país, el mismo es resistente a *Fusarium*, sigatoka y tolerante a nematodos. Sin embargo, es muy susceptible al BSV. Las plantas son de 3 m de altura, racimo de 18 kg con 8 manos con 12 dedos/mano. La fruta es de sabor agradable y de color amarillo.

Subgrupo Pome: Accesoión 076 (Prata Ana). Presenta frutas con sabor parecido a una manzana y en muchas ocasiones son confundidos con el subgrupo Silk ampliamente cultivado en Brasil y utilizado en programas de mejoramiento de FHIA y EMBRAPA (Robinson y Galán, 2010). Planta de 2,7 m, color subyacente del pseudotallo verde claro con betas rosadas, peso racimo 18 kg, con 7 manos y 11 dedos/racimo.

Subgrupo Pisang Raja: Accesoión 055 (Pisang Raja). Son Plantas vigorosas de 3,2 m, racimos con 11 manos, 12 dedos/mano. Resistentes a Fusarium y sigatoka (Robinson y Galán, 2010).

Subgrupo Pisang Kelat: Accesiones 056 (Pisang Kelat) y 057 (Cambur ácido). Plantas entre 3 a 3,5 m, racimos entre 20 a 23 kg, frutos sabor dulce-ácido, pulpa entre salmón a amarillo claro, estando entre los rangos indicados por Haddad y Borges (1974), quienes además indicaron que este clon es susceptible a Hereque.

Subgrupo Maia maoli / Popoulu: Accesoión 085 (Plátano Hawaiano). Clon muy importante en Hawái y en el Pacífico (Ploetz *et al.* 2007). Planta de 3,8 m; racimos de 26 kg, 10 manos, cada una con 12 dedos. Sabor similar al plátano; pero de forma cilíndrica y corta.

Subgrupo Iholena: Accesoión 058 (Tornasol). Racimo de 11 kg, 6 manos. Haddad y Borges (1974) indicaron que es susceptible al Hereque y resistente a sigatoka.

- **Triploides Genoma (ABB)**

Subgrupo Bluggoe: Representados por las accesiones 090 (Topocho verde), 092 (Topocho pseudotallo morado), 107 (Topocho Cenizo), 089 (Topocho Poncho), 091 (Topocho Enano). De todos ellos, la accesoión 090 y 091 son los más comunes y de alto consumo hacia los estados llaneros (Guárico, Apure y Barinas). La accesoión 090 presenta altura de 3 m, racimos de 17 kg, 7 manos, 9 dedos/mano.

Subgrupo Pelipita: Accesoión 067. De acuerdo a Haddad y Borges (1974), fue introducido al país a finales de la década de los 60. Es tolerante a la enfermedad llamada Moko, por cuanto, presenta alto potencial para reemplazar al topocho común

en América (Ploetz *et al.* 2007). Plantas de 4,3 m; racimos de 21 kg, 9 manos, 10 dedos/mano. Es posible encontrar algunos dedos con semillas por su fertilidad.

Subgrupo Pisang Awak: Accesoión 077 (Nakwakhón). Plantas vigorosas con racimos 19 kg, 13 manos, pudiendo presentar cierta fertilidad (presencia de semillas). Adicionalmente, Espinosa *et al.* (2018) indicaron peso del fruto de 67 g. De acuerdo a Ploetz *et al.* (2007) y Robinson y Galán (2010), el clon 'Pisang Awak' representa el 70 % de las bananas cultivadas en Tailandia.

Subgrupo Saba: Representado por las accesiones 073 (Cardaba) y 068 (Saba). Plantas de 3,1 m; racimos de 18 Kg, 10 manos y 12 dedos/mano.

Triploides Genoma (BBB)

Accesoión 093 (Lepchangkut). Plantas de altura media de 2,6 a 2,9 m. Robinson y Galán (2010), indican que es llamado Pisang Kepok en Indonesia, Pisang Nipah en Malasia, Kluai Hin en Tailandia, y Saba en Filipinas, donde es muy importante. Es banana de cocción y las flores masculinas son consumidas como vegetales.

3. Tetraploides

Representados en el banco por las accesiones indicadas en el Cuadro 4, los clones más conocidos son el FHIA 20 y FHIA 21; que corresponden a plátanos con resistencia a sigatoka negra. No obstante, sus frutos han presentado características postcosecha específicas, como periodo de maduración de los dedos, muy cortos, con desprendimiento de los mismos, de la corona de las manos, pulpa muy blanda, que limitan su penetración en el mercado nacional. Plantas de 3,5 m, frutos menos curvos que el Hartón, pulpa muy suave y menor periodo de maduración.

Recientemente, el clon banana FHIA 17, por características de la fruta similar al subgrupo Cavendish, se está cultivando en el centro del país, para dar a conocer sus atributos y potencial productivo. Plantas de 3,5 m; racimos de 10 manos, frutos ligeramente curvos, y ligeramente menos dulce que el Cavendish.

Cuadro 4. Accesiones de tetraploides presentes en el Banco de Germoplasma del INIA-CENIAP.

Accesión	Nombre Local	Accesión	Nombre Local
108	FHIA-1 AAAB*	114	FHIA-23 AAAA*
109	FHIA -2 AAAA*	115	CNN-12-D AAAA*
110	FHIA -3 AABB***	116	FHIA 18 AAAB*
111	FHIA-20 AAAB**	117	IC2 AAAA*
112	FHIA-21 AAAB**	118	CNN-01*
113	FHIA-17 AAAA*	136	Cien BTA 03*

*: Banano postre. **: Plátano.***: Topocho

La susceptibilidad de los clones actuales a las más peligrosas enfermedades (sigatoka, marchitez por *Fusarium*) ha justificado la existencia de diversos programas de mejoramiento a nivel mundial que han logrado la creación de diversos híbridos producto del cruzamiento de triploides (AAA / AAB / ABB) con diploides AA, entre otros (FHIA 2004). Aun cuando estos materiales poseen excelentes características para superar barreras fitosanitarias existentes en la actualidad (sigatoka y *Fusarium*), se requiere en nuestro país mayor difusión de los mismos entre los productores para lograr fomentar la diversidad en la producción.

CONCLUSIONES

La revisión y clasificación de acuerdo a los principios básicos de taxonomía y a la caracterización morfológica de 136 accesiones del banco de germoplasma de musáceas del INIA-CENIAP, permitió evidenciar la existencia de 10 diploides, 89 triploides, 12 tetraploides y 25 indeterminadas. Esta colección se considera la más grande del país y su conservación, caracterización y evaluación es de suma importancia para apoyar programas de mejoramiento, investigaciones o para ser utilizada directamente por los productores.

La producción de musáceas comestibles de Venezuela depende exclusivamente de clones

del subgrupo Cavendish y Plátano Hartón, lo cual incrementa la posibilidad de ataque de plagas y enfermedades que están en constante cambio poblacional por efecto de las mutaciones. En el banco de germoplasma existen diversas alternativas disponibles que solo requieren una mayor promoción de sus cualidades y ventajas comparativas, con el propósito de incentivar su uso en la producción de musáceas.

LITERATURA CITADA

- Daniells, J; Jenny, C; Karamura, D; Tomekpe, K. 2001. *Musalogue: a catalogue of Musa germplasm. Diversity in the genus Musa* (E. Arnaud y S. Sharrock, compil.). International Network for the Improvement of Banana and Plantain (INIBAP), Montpellier, France. 207 p.
- Dita, M; Barquero, M; Heck, D; Mizubuti, E; Staver, C. 2018. *Fusarium Wilt of Banana: Current Knowledge on Epidemiology and Research Needs Toward Sustainable Disease Management*. *Frontiers in Plant Science* 9:1468.
- Espinosa, J; Centurión, D; Mayo, A; García, C; Martínez, A; García, P; Lagunes, L. 2018. Calidad de harina de tres cultivares de banano (*Musa* spp.) resistentes a la enfermedad Sigatoka negra en Tabasco. *Agrociencia* 52 (2): 217-229.
- Ferre, J; Van Rye, J. 2002. Biochemistry and genetics of insecto resistance to *Bacillus thuringiensis*. *Annual Review Entomology* 47: 501-533.
- FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, Honduras). 2004. Informe técnico 2003. Programa de Banano y Plátano. La Lima. Cortez. 78 p.
- Granados, D; López, G; Hernández, M. 2009. Recursos genéticos, biotecnología y propiedad intelectual. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 15(2):127-140.
- Haddad, O; Borges, O. 1974. Los Bananos en Venezuela. CONICIT. MAC-CENIAP. UCV-FAGRO. Impresos Matheus. Caracas. Venezuela. 106 p.

- Hoyos, J; Jaramillo, P; Giraldo, A; Dufour, D; Sánchez, T; Lucas, J. 2012. Caracterización física, morfológica y evaluación de las curvas de empastamiento de musáceas (*Musa* spp.). *Acta Agronómica* 61(3):214-229.
- IPGRI-INIBAP/CIRAD. (Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia; Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano, Montpellier, Francia; y el Centre de Cooperation Internationale en Recherche Agronomique pour le Developpement, Francia). 1996. Descriptores para el banano (*Musa* spp.). Montpellier, Francia. 62 p.
- Medina, V; Velasco, Y; Cruz, P. 2006. Los bancos de recursos genéticos y su papel en la conservación de la biodiversidad. Universidad de Los Llanos. Meta, Colombia. *Orinoquia* 10(1):71-77.
- Moens, T; Sandoval, J; Escalant, J; De Waele, D. 2002. Evaluación de la progenie de un cruzamiento entre 'Pisang Berlin' y *M. acuminata* spp. *Burmannicoides* 'Calcutta 4' para detectar la evidencia de la segregación con respecto a la resistencia a la Sigatoka negra y nematodos. *Infomusa* 11(2):20-22.
- Nadal, R; Manzo, G; Orozco, J; Orozco, M; Guzmán, S. 2009. Genetic diversity of bananas and plantains (*Musa* spp.) determined by RAPD markers. *Revista Fitotecnia Mexicana* 32 (1):1-7.
- NRC (National Research Council, USA). 1991. Managing global genetic resources. The U.S. National Plant Germoplasm System. National Academy Press. p. 21-86.
- Ploetz, R; Kepler, A; Daniells, J; Scot, N. 2007. Banana and plantain an overview with emphasis on Pacific island cultivars. *Musaceae* (banana family). In: Elevitch, C (ed) Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. Permanent Agriculture Resources (PAR), Holualoa, Hawai. 26 p.
- Rekha, A; Ravishankar, K; Anand, L; Hiremath, SC. 2001. Diversidad genética y genómica en banano (especies y cultivares de *Musa*) basada en el análisis D2 y marcadores RAPD. *Infomusa* 10 (2):29-34.
- Rincón F; González, L. 1991. Importancia de los Sistemas de Documentación en el Manejo de los Recursos Fitogenéticos. *Agronomía Mesoamericana* 2:89-92.
- Robinson, J; Galán, V. 2010. Bananas and Plantains. 2nd Edition *In* Series: Crop Production Science in Horticulture. Num 19. Editorial Wallingford, Oxfordshire, UK; Cambridge, MA: Du Roi; Laboratory. Gobierno de Canarias, Instituto Canario de Investigación Agraria. 311 p.
- Sharrock, S. 1998. The banana and its relatives. Focus paper III. INIBAP Annual Report. INIBAP Networking Banana and Plantain. Montpellier (France). p: 52-55.
- Simmonds, N. 1973. Los plátanos. Editorial Blume. Barcelona. España. Primera Edición. 539 p.
- Soto, M. 2011. Situación y avance tecnológicos en la producción bananera mundial. *Revista Brasileira Fruticultura* 33(1):13-28.
- The Angiosperm Phylogeny Group. 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society* 141:399-436.
- Wong, C; Kiev, R; Ohn, S; Lamb, A; Lee, SK; Gan, LH; Gan, YY. 2001. Sectional placement of three Bornean species of *Musa*. *Gardens Bulletin Singapore* 53:327-341.
- Xuan, N.; Le Thi, L; Huu Nhi, H. 2002. Utilización de la técnica RAPD para la identificación y clasificación de algunos cultivares de banano en Vietnam. *Infomusa* 11 (1): 48-49.

Caracterización fisicoquímica del agua del río Guarapiche, estado Monagas, Venezuela

José A. Gil Marín^{1*}, Celeidys Vizcaino¹, Genette Beloso²

¹Universidad de Oriente, Escuela de Ingeniería Agronómica, Departamento de Ingeniería Agrícola. Maturín, Monagas, Venezuela. ²Universidad de Oriente, Unidad de Cursos Básicos. Maturín, Monagas, Venezuela. *Correo electrónico: jalexgil2005@hotmail.com

RESUMEN

El río Guarapiche es la principal fuente de agua potable en el estado Monagas. Los sectores que utilizan estas aguas son: agroindustrial, agrícola, petrolero, recreacional y doméstico. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar las variaciones físico-químicas de la calidad del agua del río en siete estaciones de muestreo, durante seis meses, con intervalos de tiempo mensual. Los sitios de captación seleccionados surten las plantas potabilizadoras de agua y sistemas de riego de los municipios Acosta, Cedeño y Maturín. Se determinó la temperatura, pH, sólidos disueltos, conductividad eléctrica, la alcalinidad y dureza total. La dureza total sobrepasó el rango permisible en las estaciones de Miraflores, San Félix de Caicara y Merecure. El resto de las variables analizadas están por debajo de los límites admisibles en las normativas sanitarias y ambientales del país. El conjunto de los resultados obtenidos permitió concluir que la calidad del agua del río es muy satisfactoria, recomendándose su uso para consumo humano previo proceso de potabilización, y para los sistemas de riego de la zona.

Palabras clave: agua potable, decreto 883, calidad del agua, dureza total.

Physicochemical characterization of Guarapiche river water, Monagas State, Venezuela

ABSTRACT

The Guarapiche River is the main source of drinking water in the Monagas State. It most used by agro-industrial, agricultural, oil, recreational and domestic areas. The objective of this work was determine the physicochemical variations of the river water quality in seven sampling stations, during six months, with monthly time intervals. The selected catchment sites supply the water purification plants and irrigation systems of the Acosta, Cedeño and Maturín municipalities. Temperature, pH, dissolved solids, electrical conductivity, alkalinity and total hardness were determined. Total hardness only exceeded the permissible range in Miraflores, San Felix, Caicara and Merecure stations. The remaining analyzed variables are below the limits allowed in the sanitary and environmental regulations of the country. The set of results obtained allowed to conclude that the water quality of the river is very satisfactory, recommending its use for human consumption, prior to the purification process and to irrigations systems.

Key words: drinking water, decree 883, water quality, total hardness.

INTRODUCCIÓN

Preservar la integridad de las fuentes de agua implica conservar el balance natural de su condición fisicoquímica como un todo, por eso las aguas superficiales suelen ser más susceptibles a las variaciones de algunos parámetros a través del tiempo y el espacio. El comportamiento del río es difícil de manipular, principalmente cuando la condición referencial de la corriente de agua se desconoce y éstas han estado sujetas por largo tiempo a actividades antropogénicas que han influenciado la interacción entre el suelo, atmósfera y actividades realizadas por el hombre, alterando la calidad del agua (Arango *et al.* 2008).

Por otro lado, los recursos de agua dulce se ven reducidos por la contaminación. De acuerdo con la Unesco (2012), alrededor de 2 millones de toneladas de desechos son arrojados diariamente en aguas receptoras, incluyendo residuos industriales y químicos, vertidos humanos y desechos agrícolas (fertilizantes, pesticidas y residuos de pesticidas). Aunque los datos confiables sobre la extensión y gravedad de la contaminación son incompletos, se estima que la producción global de aguas residuales es de aproximadamente 1.500 km³. Actualmente se asume que un litro de aguas residuales contamina 8 litros de agua dulce, la carga mundial de contaminación puede ascender actualmente a 12.000 km³. Las poblaciones más pobres resultan las más afectadas, el 50 % de la población de los países en desarrollo están expuestas a fuentes de agua contaminadas (Unesco 2012).

El agua potable requiere ser extraído de fuentes que tengan una calidad admisible para el consumo humano y la manera de verificarlo es conociendo sus características fisicoquímicas (OMS 2003). Las fuentes de agua pueden ver mermada su calidad por dos tipos de contaminación: la natural o geoquímica y la antropogénica. Gray (1994) plantea que la contaminación de origen natural es causada por la naturaleza del agua de lluvia, el tipo de suelo y roca que forma el acuífero. En la contaminación antropogénica o producida por los humanos se destacan cuatro factores principales: la industria, vertidos humanos, navegación y, por último, la agricultura y ganadería.

El principal causante en la variación de la calidad del agua en los ríos está relacionado con el crecimiento indiscriminado de los asentamientos rurales y urbanas en sus inmediaciones, donde vierten los efluentes al río sin los previos tratamientos; también las actividades agrícolas, industriales, petroleras y las incidencias climáticas, influyen en los valores de algunos parámetros físicos del agua, restringiendo el uso de esta fuente de interés general (Aveiga *et al.* 2019, Rondón 2008). De acuerdo con ONU-HÁBITAT (2010), la mitad de la población humana vive en ciudades y se estima que, dentro de dos décadas, aproximadamente el 60 % de la población mundial (5.000 millones de personas), vivirán en zonas urbanas. Para el caso de Venezuela, el porcentaje urbano de su población paso de 71,8 % en el año de 1975 a 90,8 % en 2015 (CEPAL 2014).

En ocasiones, la incidencia causada por la intensidad de las precipitaciones, incurre pasivamente en la calidad fisicoquímica del agua, presentando como consecuencia el arrastre de sedimentos y componentes del suelo hasta los ríos, produciendo altos niveles de sólidos sedimentables en el agua, provocando la disminución de la vida útil de los sistemas de filtración utilizados en la potabilización del agua para consumo humano (Almazaban-Juárez *et al.* 2016).

Todo lo anterior, ha generado una grave crisis en muchas de las comunidades a nivel mundial a tener acceso al agua de óptimas condiciones (potable). En Venezuela tenemos el caso del río Guarapiche, que se ha visto afectado por diferentes fuentes de contaminación, originado por las actividades económicas realizadas por el hombre. Cabe destacar que el principal problema de contaminación que se ha presentado en los últimos años, ha sido la actividad petrolera, debido al derrame de petróleo que ocurrió en el año 2012, lo cual produjo importantes cambios químicos en el agua que paralizó el uso del vital líquido durante un largo tiempo.

Otros problemas que se han venido presentando son la tala, la quema y los botaderos de basura cerca de la cuenca del río que producen un gran daño ecológico a la atmósfera y al vital líquido. Por último, el uso excesivo de fertilizantes

y pesticidas, los cuales con el pasar del tiempo penetran el suelo y de aquí pasan al río trayendo como consecuencia cambios químicos y un alto nivel de contaminación.

Esto confirma que el desequilibrio ambiental que tiene la cuenca del río Guarapiche es permisible, no obstante, los factores causantes son muy variados (MARNR 1980, Gil et al. 2018). Las medidas adecuadas que permitan disminuir esta problemática ambiental que deteriora la calidad del agua de este río pueden estar reflejada en la cuenca baja donde se presenta la mayor vulnerabilidad en la caracterización del agua, debido a las actividades petroleras y al crecimiento demográfico al margen de su cauce, requiriéndose un registro con el control de muestreo regulado y monitoreado, por los organismos e instituciones competente que permitan conocer periódicamente la situación con respecto a la calidad de estas aguas (Gil et al. 2018).

El río Guarapiche por ser el afluente de mayor importancia en el estado Monagas, dota de agua a los desarrollos urbanísticos, industriales, agrícolas y petroleros que ocupan parte de su cuenca, poniendo en relieve un problema socioambiental con la posible contaminación de este río, con la afectación directa de los usuarios que se abastecen de esta fuente diariamente.

Bajo este contexto, surge la necesidad de evaluar las características de algunas variables fisicoquímicas (temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos, alcalinidad y dureza) del agua del río Guarapiche, para determinar los niveles de los rangos permitidos, también observar la variabilidad espacio-tiempo de estos parámetros y comparar los valores con los rangos permisibles en las normas ambientales y sanitarias en agua para consumo humano y riego.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio abarca la cuenca del río Guarapiche, ubicada en la región nor-oriental de Venezuela; cubriendo parte del noroeste y noreste del estado Monagas, donde se localizan los municipios Acosta, Cedeño y Maturín (Figura 1).

En esta cuenca se destacan las poblaciones agrícolas de Miraflores, Tristé, San Félix de Caicara, Merecure, Jusepín, Candelaria, San Vicente, La Cruz, Bajo Guarapiche, Plantación y Vuelta Larga, que representan el nivel socio productivo del estado (Gil et al. 2013) y alto crecimiento demográfico, por la intervención de la actividad petrolera.

El río Guarapiche presenta una longitud de aproximadamente 238,04 km y forma parte de



Figura 1. Ubicación relativa del río Guarapiche, estado Monagas, Venezuela.

la Región Hidrográfica Oriental de Venezuela (MINAMB 2006). A lo largo de toda su cuenca se ubicaron las siete estaciones o sitios de muestreo (Figura 2). En el Cuadro 1 se presentan las coordenadas geográficas y UTM de las estaciones de muestreo.

Las muestras de aguas se recolectaron con una frecuencia mensual a lo largo de un lapso total de seis meses, de febrero a julio del año 2011. Las estaciones de muestreo se ubicaron en puntos cercanos a las comunidades que se abastecen del río.

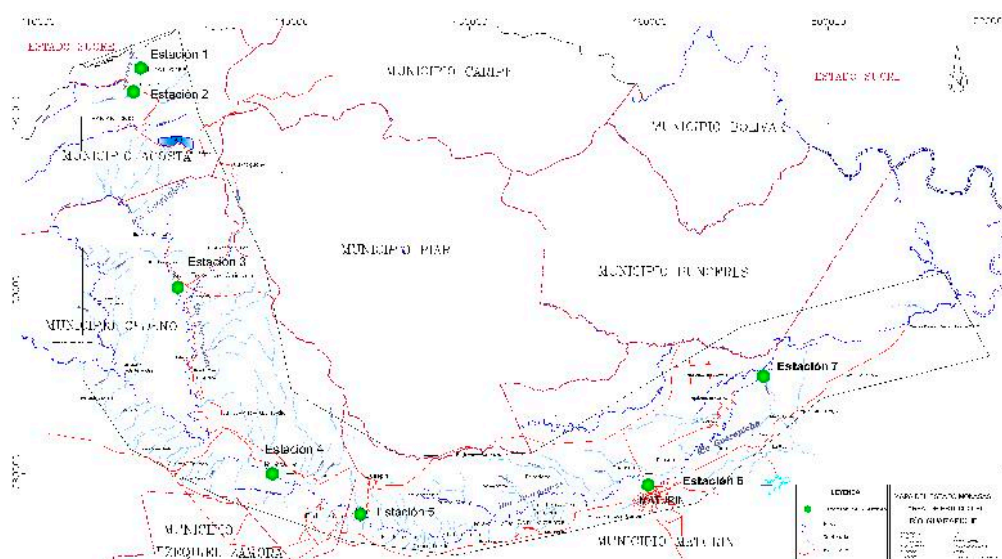


Figura 2. Ubicación de estaciones de muestreo en el río Guarapiche, estado Monagas, Venezuela. Período febrero-julio 2011.

Cuadro 1. Coordenadas geográficas y UTM de las estaciones de muestreo en el río Guarapiche, estado Monagas, Venezuela. Período febrero – julio 2011.

Est.	Localidad	Altitud (m)	Coordenadas			
			Geográficas		UTM	
			Latitud	Longitud	Norte	Este
1	Miraflores	524	10°10'46"	63°42'0"	1125354	423320
2	Tristé	471	10°09'22"	63°42'27"	1122757	422497
3	San Félix de Caicara	235	09°57'35"	63°39'31"	1101042	427822
4	Merecure	110	09°46'18"	63°33'54"	1080219	438035
5	Jusepín	80	09°10'47"	63°28'33"	1075566	447808
6	Maturín	33	09°45'34"	63°11'0"	1078808	479878
7	Vuelta Larga	12	09°52'08"	63°03'57"	1090915	492771

Datos extraídos del dispositivo GPS modelo Magellan. Datum Regven.

Algunos parámetros como pH, conductividad eléctrica, temperatura y sólidos totales disueltos se determinaron in situ; la alcalinidad y dureza total en el laboratorio de Riego y Drenaje de la Universidad de Oriente, núcleo de Monagas.

La muestra se tomó a una profundidad de 15 a 30 cm, en contracorriente del río, luego se colocaron en un contenedor con hielo, a una temperatura entre los 4 a 10° C, para ser trasladado al laboratorio de Riego y Drenaje. Las variables fisicoquímicas medidos en el sitio de muestreo y laboratorio, se realizaron con el equipo portátil Modelo HI 98129 y el fotómetro multiparamétrico de Hanna Instruments.

El análisis estadístico fue realizado a través de un análisis de varianza al 5% de probabilidad, utilizando el programa estadístico SAS (9.0), y donde se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, se aplicó una prueba de Duncan al 5% de significancia. El análisis se realizó para detectar las variaciones de los parámetros a través del tiempo y en cada estación.

También se determinaron las medidas de tendencias central y medidas de dispersión en un gráfico tipo caja de ploteo o box plot. Todos estos cálculos se llevaron a cabo con el paquete estadístico descriptivo SPSS (Versión 8).

Los resultados se compararon con los umbrales establecidos en las normativas ambientales relacionados con la calidad del agua (Decreto 883

1995), las normativas sanitarias venezolanas (MSAS 1998) y de la Organización Mundial de la Salud (OMS 2003) relacionada con la calidad del agua potable para el consumo humano.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores permisibles establecidos por las leyes y/o normativas nacionales e internacionales, se muestran en el Cuadro 2, resaltando los parámetros fisicoquímicos estudiados.

De todas las variables mencionadas en el Cuadro 2, solo la alcalinidad no presentó valores dentro de estas normativas. Sin embargo, fue considerada en el estudio por ser un indicador esencial para determinar otros elementos físicos-químicos fundamentales en el uso doméstico.

Con los muestreos realizados al río Guarapiche, se comprobó la calidad del agua, lo cual es esencial por su gran interés público sobre todo para el consumo humano de la ciudad de Maturín. A este río no se le realiza el monitoreo con la frecuencia adecuada para corroborar las condiciones aptas de su consumo. El estado venezolano tiene el deber de proteger las cuencas hidrográficas, clasificar y controlar la calidad de los cuerpos de agua, controlar los vertidos o efluentes líquidos susceptibles de degradar el medio acuático y alterar el nivel exigible del ambiente (Decreto 883 1995).

Cuadro 2. Valores límites o rangos máximos permitidos en las normativas para los parámetros fisicoquímicos estudiados en el río Guarapiche.

Parámetros físicos-químicos	Unidad	Decreto 883 *	Norma Sanitaria **	OMS ***
pH		6,0 - 8,5	6,0 - 8,5	-
Conductividad eléctrica	dS.m ⁻¹	-	-	3
Temperatura	°C	-	32	25
Sólidos disueltos	mg.L ⁻¹	1500	600	1000
Alcalinidad	mg.L ⁻¹	-	-	-
Dureza total	mg.L ⁻¹	500	250	-

*: Normativa Venezolana, Decreto 883 (1995). **: Norma sanitaria de calidad del Agua Potable (1998). ***: Parámetros permisibles por normativa internacional OMS (2003).

Variabilidad espacio-temporal de los parámetros fisicoquímicos del río Guarapiche

El promedio de las características físico-químicas de los seis muestreos efectuados se muestra en el Cuadro 3.

Temperatura

Es uno de los parámetros más importantes de la calidad del agua, ya que una temperatura alta puede provocar la proliferación de microorganismos, como también aumentar los problemas de sabor, olor, color y corrosión (OMS 2008).

Cuadro 3. Características fisicoquímicas del agua del río Guarapiche. Período febrero – julio 2011.

Estación	Mes	Temperatura (°C)	pH	Conductividad eléctrica (dS.m ⁻¹)	Sólidos disueltos (mg.L ⁻¹)	Dureza total (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	Alcalinidad (mgL ⁻¹ CaCO ₃)
Miraflores	febrero	21,7	8,34	0,348	185	332,72	122,5
	marzo	21,8	8,34	0,319	166	345,20	82,5
	abril	21,8	8,41	0,333	172	295,26	90,0
	mayo	22,6	8,39	0,313	164	320,23	90,0
	junio	22,0	8,41	0,294	152	436,32	75,0
	julio	21,1	8,41	0,278	145	345,20	55,0
Tristé	febrero	22,6	8,11	0,372	195	367,98	115,0
	marzo	23,1	8,16	0,356	185	357,68	100,0
	abril	24,1	8,10	0,366	190	395,14	75,0
	mayo	23,9	8,16	0,358	185	365,79	50,0
	junio	23,0	8,14	0,304	158	320,23	70,0
	julio	22,1	8,23	0,318	165	340,82	115,0
San Félix de Caicara	febrero	24,9	8,44	0,302	157	370,17	132,5
	marzo	26,3	8,36	0,310	158	315,85	62,5
	abril	25,4	8,26	0,315	165	295,26	80,0
	mayo	26,1	8,22	0,288	149	320,23	65,0
	junio	26,3	8,26	0,262	136	311,47	110,0
	julio	26,0	8,33	0,259	134	365,79	60,0
Merecure	febrero	27,9	7,95	0,391	201	355,50	0,0
	marzo	28,5	8,02	0,372	193	365,79	125,0
	abril	27,5	8,02	0,346	178	445,08	105,0
	mayo	26,7	7,96	0,297	154	320,23	95,0
	junio	27,5	7,97	0,273	143	315,85	50,0
	julio	28,9	7,93	0,349	182	431,94	80,0

Cuadro 3 (cont...). Características fisicoquímicas del agua del río Guarapiche. Período febrero – julio 2011.

Estación	Mes	Temperatura (°C)	pH	Conductividad eléctrica (dS.m ⁻¹)	Sólidos disueltos (mg.L ⁻¹)	Dureza total (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	Alcalinidad (mgL ⁻¹ CaCO ₃)
Jusepin	febrero	26,8	8,05	0,360	186	365,79	75,0
	marzo	28,7	8,01	0,380	197	318,04	105,0
	abril	27,9	7,95	0,359	185	290,88	115,0
	mayo	26,9	7,85	0,290	150	295,26	120,0
	junio	27,3	7,96	0,290	150	315,85	75,0
	julio	28,8	7,94	0,345	179	386,38	60,0
Maturín	febrero	27,5	7,58	0,296	153	340,82	47,5
	marzo	29,6	7,71	0,348	180	270,29	105,0
	abril	29,2	7,65	0,334	175	295,26	90,0
	mayo	27,6	7,78	0,285	142	277,74	52,5
	junio	28,6	7,66	0,268	139	390,76	55,0
	julio	28,9	7,73	0,313	162	440,70	30,0
Vuelta Larga	febrero	25,8	7,03	0,160	83	328,33	17,5
	marzo	27,3	7,70	0,327	169	343,01	60,0
	abril	29,6	7,76	0,332	172	270,29	65,0
	mayo	27,9	7,71	0,270	140	436,32	35,0
	junio	28,2	7,50	0,218	112	290,88	45,0
	julio	29,1	7,60	0,289	149	361,41	40,0

Esta variable presentó diferencias significativas en las estaciones de muestreo, pero no en el tiempo de estudio. La temperatura en el agua del río Guarapiche varió en un rango de 26,31 °C ± 2,76, con un valor máximo de 29,6 °C y un mínimo de 21,1 °C. La Figura 3 muestra la variación general, estacional y temporal de la temperatura, organizadas en orden decreciente de la altitud de las estaciones de muestreo.

Se detectó una variación significativa ($P < 0,0001$) en cada una de las estaciones, observándose el mayor valor en la estación de Maturín (Figura 3B), con un promedio de 28,8 °C; seguido por la estación de Vuelta Larga, ambas pertenecientes a la cuenca baja del río Guarapiche. La menor temperatura (21,73 °C) se registró en la estación

de Miraflores, ubicada en la cuenca alta del río. Estos resultados dependen de varios factores, entre la que se puede mencionar la hora en que fue tomada la muestra y el paisaje de la zona de muestreo. De acuerdo a Urriola (2007), el paisaje montañoso puede presentar temperaturas entre 16 °C a 25 °C; y en la altiplanicie y planicie pueden oscilar entre 25 °C a 29 °C.

El caso de las estaciones Miraflores y Tristé ubicadas en zona montañoso, preserva la temperatura del agua; y las otras estaciones localizadas en paisajes de altiplanicie y planicie, la temperatura varió de acuerdo al momento en que se realizó el muestreo. Las estaciones Merecure, Jusepín, Maturín y Vuelta Larga, mantuvieron elevados los valores a causa de la hora de

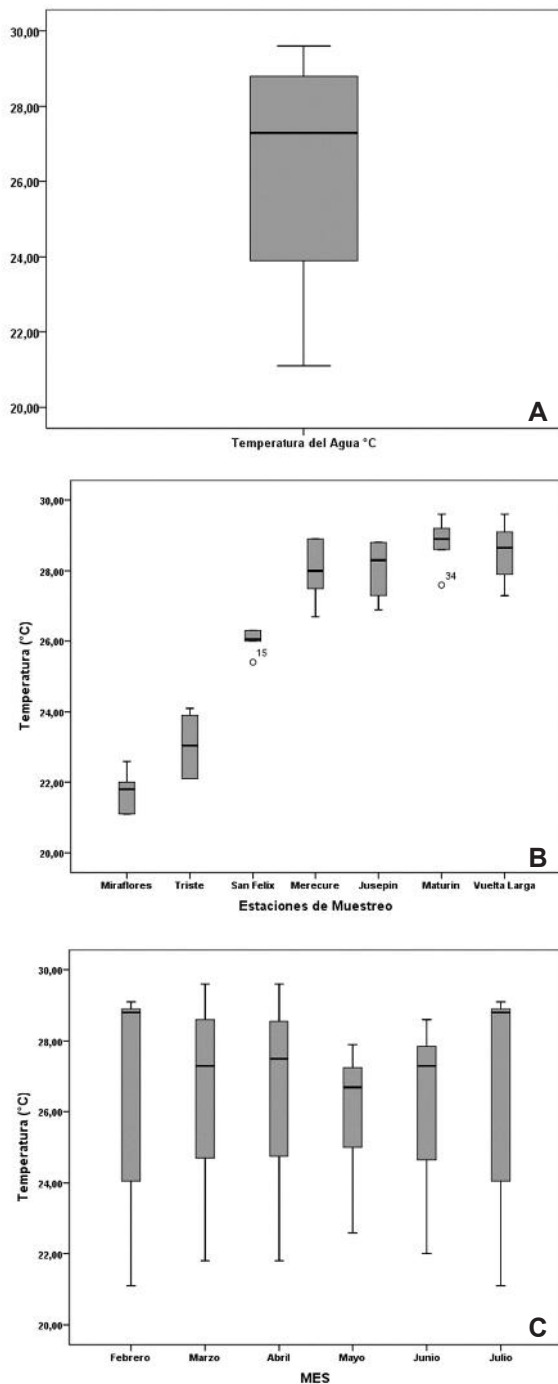


Figura 3. Cajas de ploteo para los valores de temperatura. **A:** Variación general, **B:** Variación estacional, **C:** Variación temporal.

recolección de la muestra (mediodía), cuando el agua absorbe los rayos solares con mayor intensidad.

La Figura 3C, señala la estabilidad de la temperatura del agua a través del tiempo de estudio, resaltando al mes de abril como el de mayor valor (26,5 °C), considerando a este mes el más crítico del año por su incidencia en el período de sequía que aumenta la temperatura ambiental.

Medina (1984) en un estudio de temperatura en el río Guarapiche, durante el período de sequía observó un valor promedio de 25°C, mientras Rondón (2008) para los años 2003, 2004 y 2005, reportó un promedio de 25,4 °C; valores por debajo del promedio obtenido de 26,31° C. La temperatura promedio del agua del río se ha incrementado en los últimos años, debido posiblemente a cambios de las condiciones climáticas originados por la deforestación y la erosión en la cuenca. Otra causa puede ser de tipo antropogénica, producida por el vertimiento de efluentes doméstico, industrial y agrícola al río (Almazán-Juárez *et al.* 2016), las cuales aumentan la temperatura del agua en la cuenca baja.

La temperatura es un indicador de la calidad del agua, que influye en el comportamiento de otros elementos, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas (DIGESA 2007). Los valores observados, son adecuados para el consumo humano y puede ser utilizado como referencia para monitorear variaciones térmicas provocadas por descargas de aguas calientes. También actúa en los procesos fisiológicos de los organismos acuáticos, tal como la respiración microbiana, la cual es responsable de muchos de los procesos de auto-purificación en los cuerpos de agua superficiales (Chapman 1996).

La temperatura superficial del agua mostró pocas fluctuaciones en todo el estudio, lo cual otorga estabilidad al ambiente para el desarrollo de los organismos acuáticos. Esto concuerda con García-Álzate *et al.* (2017), quienes indican que los organismos acuáticos de las zonas tropicales viven en medios en los que la temperatura varía muy poco; de ahí que sus respuestas fisiológicas se alteran fácilmente con cambios bruscos.

En el trópico, donde la luz y la temperatura son relativamente estables en el curso del año, las variaciones estacionales de los organismos

acuáticos dependen del efecto que tienen las altas y bajas lluvias en el volumen del agua transportado; lo cual, a su vez, influye en las condiciones y en los tipos y la diversidad de los hábitats disponibles.

Por lo tanto, la temperatura es uno de los indicadores básicos para un programa de seguimiento de calidad de agua a nivel nacional.

Potencial de hidrogeno (pH)

La determinación del pH es una medida para conocer la acidez o alcalinidad presente en el agua (Mejía 2005). El Laboratorio Nacional de Hidráulica y Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (2010), clasifica los intervalos de pH en ligeramente ácidas de 6,4 - 7,1; ligeramente alcalinas de 7,1 - 8,2 y muy alcalinas de 8,2 - 10,9.

Las aguas en su estado natural tienen un pH entre 6 y 8, aunque muchas de ellas se encuentran en ligeramente alcalino. Un pH muy ácido o muy alcalino, puede ser indicio de una contaminación (Mejía 2005).

En este estudio, el pH presentó diferencias significativas entre las estaciones ($P < 0,0001$), pero no en el tiempo. De acuerdo al Cuadro 2, el pH del agua para consumo humano debe oscilar entre 6,5 y 8,5. Los valores (Figura 4A) estuvieron en un rango de $8,02 \pm 0,27$, con un valor máximo de 8,41 y un mínimo de 7,5 encontrándose dentro de los niveles permisible del Decreto 883 (1995).

La variación del pH por estación y época de muestreo se observa en las Figuras 4B y 4C. En el espacio, el más alto valor se registró en la estación de Miraflores (8,39) y el mínimo lo presentó la estación de Vuelta Largas con un promedio de 7,65. Indicándose una tendencia en la disminución del pH cuando el agua pasa de la cuenca alta hacia la cuenca baja, es decir, pasa de muy alcalina a ligeramente alcalina. Medina (1984) y Gil *et al.* (2013), también encontraron una disminución en el pH del río Guarapiche a medida que el cauce se dirige hacia la cuenca baja. Siendo los valores altos en las estaciones de Miraflores, Tristé y San Félix de Caicara debido a la formación geológica cretácea de los suelos de la zona en estudio (Urriola 2007).

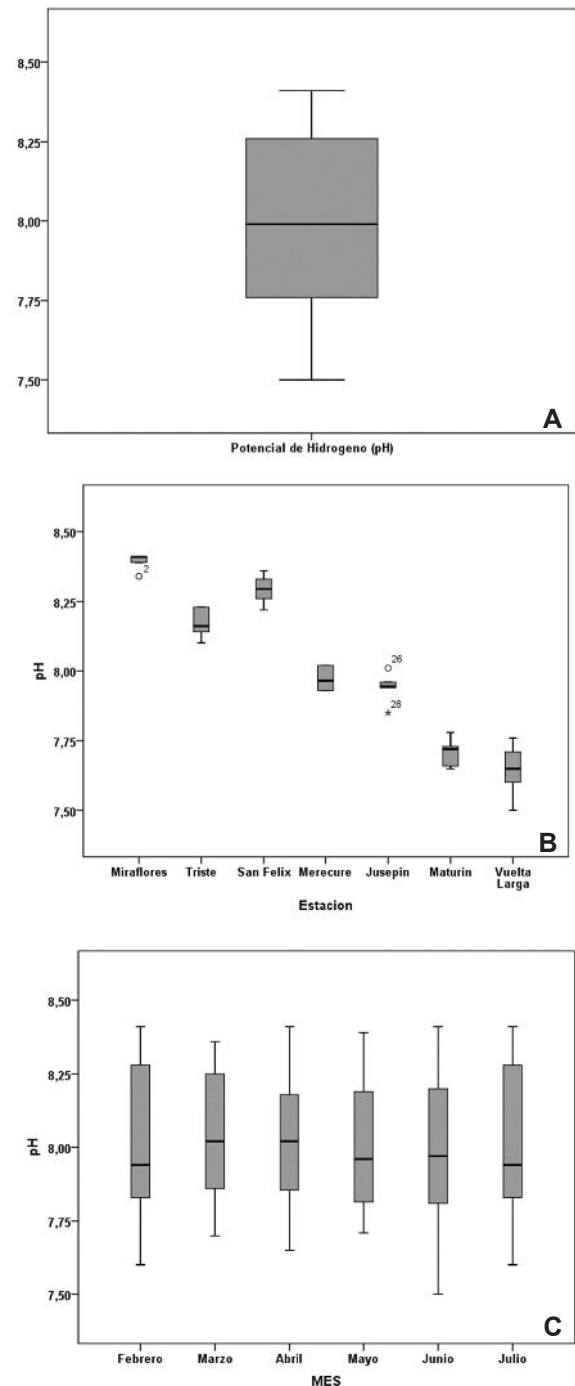


Figura 4. Cajas de ploteo para los valores de pH. **A:** Variación general, **B:** Variación estacional, **C:** Variación temporal.

Para el factor tiempo (figura 4C), el mayor valor se observó en el mes de febrero (sequía), aunque es estadísticamente igual al pH presentado en los otros meses de estudio.

Zhen - Wu (2009), afirma que el agua de ríos no afectada por la contaminación presenta un pH entre 6,5 y 8,5. Sin embargo, la Organización Mundial de Salud (OMS, 2003), clasifica al pH del agua dentro el rango de 5,5 a 6,4 como aceptable y un rango de 7,6 a 8,5 como bueno, siendo este último rango el encontrado en la cuenca del río Guarapiche. A pesar de eso, la OMS (2008), menciona que el pH no suele afectar directamente a los consumidores, ya que los procesos químicos de potabilización ocurren a ese determinado rango de pH.

Para García-Álzate *et al.* (2017), el pH no debe ser menor de 4,5 ni mayor a 8,5, ya que son las concentraciones límites para la supervivencia de la mayoría de los organismos acuáticos. En este estudio se encontraron valores que oscilaron entre 7,5 y 8,41 correspondiendo a los óptimos para el desarrollo de los organismos acuáticos. Esta variable está íntimamente relacionada con la alcalinidad; así, que aguas con pH alto pueden indicar una alcalinidad alta (Roldán y Ramírez, 2008). En este estudio se encontró que el pH tiende a ser básico, por lo que la alcalinidad es alta y la acidez tiende a disminuir como resultado del sistema buffer del agua.

Conductividad eléctrica (CE)

Es un indicador de la cantidad de sales que puede estar disuelta en el agua, a mayor cantidad, mayor será la conductividad del agua (DIGESA 2007).

El análisis de varianza para esta variable presentó diferencias significativas tanto para el factor espacio ($P = 0,0194$) como el tiempo ($P = 0,0003$). En el decreto 883 (1995), no indica valores para este parámetro, aunque la OMS (2003), establece un valor crítico de $3 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$.

La CE del río Guarapiche estuvo en el rango de $0,31 \pm 0,04$, con un máximo de $0,38 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ y un mínimo de $0,22 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (Figura 5A). En todos los casos los valores están dentro de los parámetros establecidos por las normativas del Decreto 883 (1995) y OMS (2003), ya que se encuentran por debajo del valor recomendado, de $3 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$; esto quiere decir que el agua analizada no presenta riesgo para el consumo humano. Tomando en cuenta el espacio, en la Figura 5B,

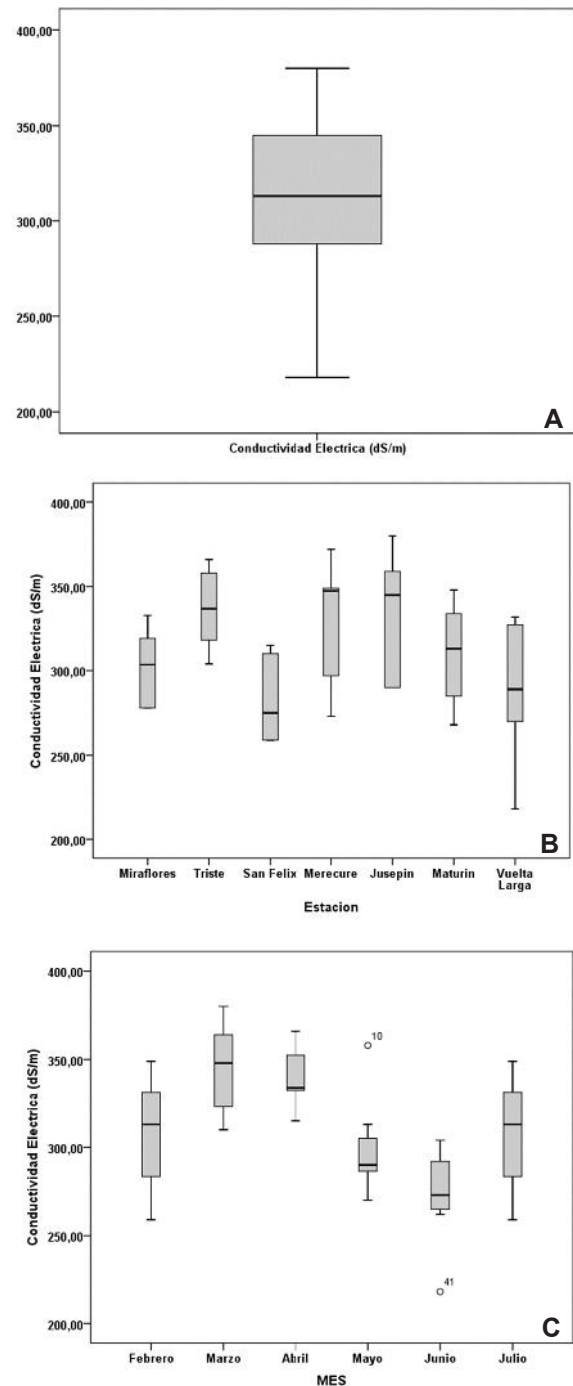


Figura 5. Cajas de ploteo para los valores de conductividad eléctrica. **A:** Variación general, **B:** Variación estacional, **C:** Variación temporal.

los máximos valores de CE se presentaron en las estaciones Tristé ($0,336 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$) y Josepín ($0,334 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$); y los valores más bajos se observaron

en las estaciones de San Félix ($0,282 \text{ dS.m}^{-1}$) y Vuelta Larga ($0,287 \text{ dS.m}^{-1}$). Bustamante *et al.* (2002), menciona que un nivel alto de CE indica la presencia de iones que pueden disociarse y aumentar la salinidad. Esta variable ha mantenido su valor a través del tiempo, si se compara con el reporte realizado por Medina (1984), donde indica valores de $0,314 \text{ dS.m}^{-1}$ y $0,349 \text{ dS.m}^{-1}$. Posiblemente se deba a eventual presencia de elementos inorgánicos como fertilizantes, herbicidas, plaguicidas e hidrocarburos, que al disociarse con agua, forman sales que afecta la calidad del agua del río.

En relación al tiempo (Figura 5C), la CE disminuye en la época de lluvia que comprende los meses de mayo y junio, con respecto a los meses con escasos aportes de precipitación, indicando que en período de sequía las concentraciones tienden a aumentar debido a la disminución del caudal en el río y la alta demanda para los respectivos usos (Gil *et al.* 2013).

La conductividad en los ecosistemas acuáticos tropicales está más relacionada con la naturaleza geoquímica del terreno y su concentración varía principalmente con las épocas de alta y baja precipitación, así como con su estado trófico (Roldán y Ramírez 2008). La diversidad de organismos, probablemente, no es afectada por los valores de conductividad y las concentraciones de cloruros. Esto debido a que las altas diversidades de especies corresponden, a menudo, a bajas conductividades y bajas cantidades de cloruros.

Sólidos Totales Disueltos (STD)

Es una característica que presenta el agua para distinguir la presencia de sólidos coloidales, sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio, sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica (OMS 2003).

El agua potable con una concentración de STD menor a 600 mg.L^{-1} se considera buena, sin embargo, a concentraciones próxima a los 1.000 mg.L^{-1} , la potabilidad del agua de consumo disminuye significativa y progresivamente (OMS 2006).

El análisis de varianza indica diferencias significativas para la variable STD, tanto en los sitios de muestreo ($P = 0,0107$) como en el tiempo ($P = 0,0231$). El decreto 883 (1995) señala valor de 1.500 mg.L^{-1} de STD, como umbral máximo para ser considerado como agua apta para consumo humano. Los valores en este trabajo se encuentran en el rango de $162,74 \pm 23,77 \text{ mg.L}^{-1}$, con un máximo de 201 mg.L^{-1} y mínimo de 83 mg.L^{-1} , encontrándose por debajo del umbral de la normativa (Figura 6A).

En la Figura 6B, se observa que el valor más alto de STD lo presentó la estación de Tristé con $179,67 \text{ mg.L}^{-1}$ y el menor valor en la estación de Vuelta Larga con $137,50 \text{ mg.L}^{-1}$. Esto indica que los STD tiende a disminuir en cada estación.

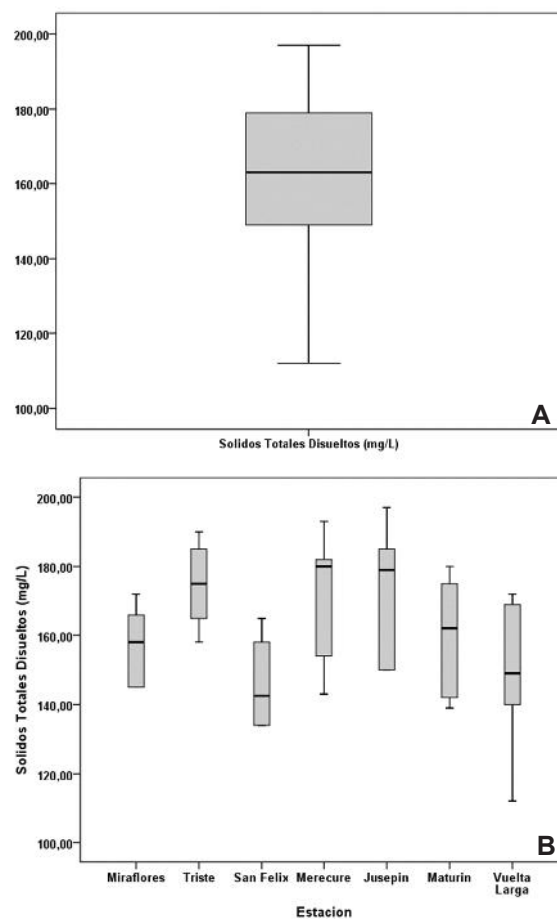


Figura 6. Cajas de ploteo para los valores de sólidos totales disueltos. **A:** Variación general, **B:** Variación estacional.

Los meses con máximos valores de sólidos totales disueltos fueron marzo y abril (Figura 7). Esto se debe posiblemente a la disminución en el caudal del río que trae consigo un incremento en la concentración de los STD. Con la disminución de estas concentraciones se evitaría, las excesivas incrustaciones en tuberías y electrodomésticos al momento de ser utilizada para el consumo humano (OMS 2006).

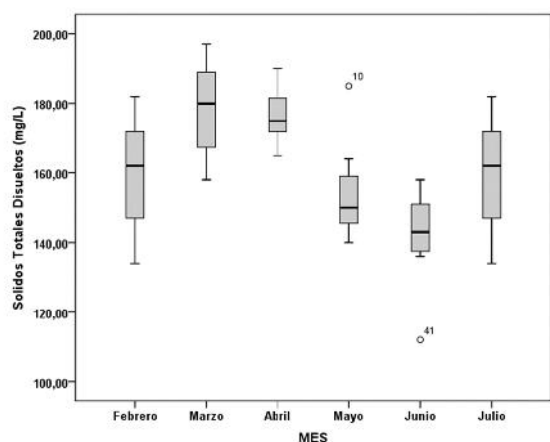


Figura 7. Caja de ploteo para la variación temporal de los sólidos totales disueltos.

Según la Asociación Americana de Salud Pública (APHA 1996) el agua para consumo humano puede presentar la mayoría de la materia orgánica que se encuentra en forma de sólidos disueltos y en gases e iones disueltos. Los iones predominantes son el bicarbonato, cloruro, sulfato, nitrato, sodio, potasio, calcio y magnesio. Estas sustancias influyen sobre otras características del agua, como el sabor, la dureza y tendencia a la incrustación.

La determinación de esta variable mide el total de residuos sólidos filtrables como sales y compuestos orgánicos a través de una membrana con poros de 2 micrómetros o incluso más pequeños. Los sólidos disueltos totales pueden afectar adversamente la calidad de un afluente de distintas maneras, un ejemplo de ello es un agua para consumo humano con alto contenido de sólidos disueltos (500 mg.L⁻¹ límite máximo permisible para los Estados Unidos) por lo general

es desagradable para el paladar y puede inducir reacciones fisiológicas desfavorables para el consumidor (Fuentes y Massol-Deyá 2002). El promedio de los sólidos disueltos totales para los ríos de todo el mundo ha sido estimado en alrededor de 120 ppm. Una manera sencilla de estimar este parámetro, es a partir de la medida de la conductividad eléctrica del agua, ya que existe una relación directa entre estos dos parámetros, la conductividad eléctrica mide la cantidad total de iones presentes en el agua y por su parte los sólidos disueltos totales se refieren a la concentración total de minerales (Roldán 2012).

Dureza total

Es otra forma de indicar el contenido catiónico del agua, refiriéndose a la concentración total de iones calcio, magnesio, estroncio y bario, aunque se debe fundamentalmente a los dos primeros. La presencia de estos iones en el agua suele ser de origen natural, y raramente antrópica (Jiménez 2000). El agua es suave si contiene entre 0 a 60 mg.L⁻¹ de dureza; suficientemente moderada de 61 a 120 mg.L⁻¹; dura, entre 121 a 189 mg.L⁻¹ y muy dura si tiene más de 180 mg.L⁻¹ (ESF 2006). La dureza recomendada para aguas de consumo humano debe estar por debajo de 500 mg.L⁻¹, según decreto 883(1995) y 250 mg.L⁻¹ por la norma sanitaria (MSAS 1998).

El análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas en el espacio ($P = 0,6894$) y tiempo ($P = 0,2654$). La dureza total estuvo dentro del rango de $344,14 \pm 47,34$ mg.L⁻¹, con un máximo de 445,08 mg.L⁻¹ y un mínimo de 270,29 mg.L⁻¹, valores por debajo del límite permitido del decreto 883 (1995) (Figura 8A). Los valores altos (mayor a 500 mg.L⁻¹) se deben a la presencia en una proporción mayor de minerales disueltos (Pacheco *et al.* 2004). Por lo tanto, estos valores clasifican a las aguas del río Guarapiche como muy dura, superando los obtenidos por Medina (1984) y Rondón (2008), quienes reportaron una dureza total en el rango de 82 a 155 mg.L⁻¹.

Los sitios con mayores niveles de dureza fueron las estaciones Tristé y Merecure, con niveles de 357,94 y 372,39 mg.L⁻¹ respectivamente (Figura 8B). Esto demuestra que el agua del río Guarapiche debe ser tratada en caso que sea utilizada como

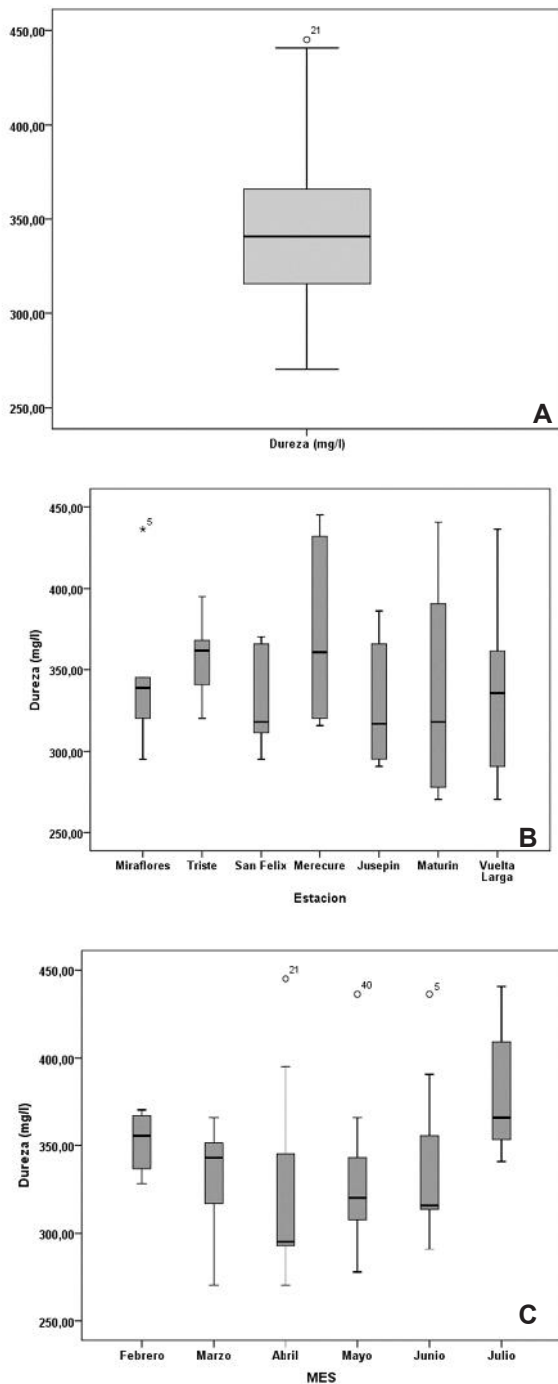


Figura 8. Cajas de ploteo para los valores de la dureza total. **A:** Variación general, **B:** Variación estacional, **C:** Variación temporal.

agua potable, debido a que estimula la producción de sales insolubles al ser mezclado con jabones además de darle un sabor indeseable al agua.

Segnini y Chacón (2005), para ríos andinos de Venezuela reporta valores de dureza de 519,1 mg.L⁻¹ CaCO₃, mientras García-Álzate *et al.* (2017), para el río Santo Domingo de Colombia encontró valores de 144 mg.L⁻¹ CaCO₃.

La dureza en el agua del río Guarapiche puede producir acciones sobre el sodio y potasio, formar precipitados, que al reaccionar con jabón soluble puede formar un jabón insoluble, inhibiendo su capacidad limpiadora. Otra propiedad del agua muy dura, es que reaccionan con los pectatos de las legumbres para formar pectatos insolubles, impidiendo su cocción, a la vez que, por ebullición, pueden provocar depósitos incrustantes en los recipientes que los contienen.

La Asociación Americana de Salud Pública (APHA 2006) indica que la dureza del agua tiene un efecto tampón sobre trazas de metales, disminuyendo su toxicidad, el riesgo de las enfermedades cardiovasculares, y otras enfermedades, por ciertos elementos presentes en el agua dura; mientras que las aguas blandas, con bajo pH, disuelve fácilmente alta concentración de cadmio, plomo, cobre, cinc los cuales pueden causar algunas enfermedades. Por otra parte, La Organización Mundial de la Salud (OMS 2008) indica que la dureza del agua no produce ningún efecto pernicioso para la salud de las personas; sin embargo, se sabe que las aguas duras interfieren en la eficiencia de jabones de uso doméstico.

Alcalinidad

Mejía (2005), define la alcalinidad como una medida de la capacidad del agua para neutralizar los ácidos, capacidad de evitar que los niveles de pH del agua lleguen a ser demasiado básicos o ácidos. Representa el principal sistema amortiguador del agua dulce. Kevern (1989) clasifica el agua de acuerdo a su alcalinidad en agua de baja alcalinidad cuando los valores son menores de 75 mg.L⁻¹; agua de alcalinidad media cuando está entre 75 a 150 mg.L⁻¹ y si supera los 150 mg.L⁻¹ presenta una alta alcalinidad.

El análisis de varianza no fue significativo ni en el espacio (P = 0,0765), ni el tiempo (P = 0,4745). En la legislación venezolana no señalan límites para este parámetro. Los valores observados

estuvieron en el rango $76,13 \pm 31,08 \text{ mg.L}^{-1}$, con un máximo de $132,5 \text{ mg.L}^{-1}$ y el mínimo en 0 mg.L^{-1} (Figura 9A). Esto indica que de acuerdo a la clasificación de Kevern (1989), el agua del río Guarapiche es de alcalinidad media. Los valores de alcalinidad registrados durante este trabajo indican una tendencia a la dureza, donde se obtuvieron, según Figura 9B, valores máxima de $91,67 \text{ mg.L}^{-1}$ en la estación de Jusepín y de $43,75 \text{ mg.L}^{-1}$ como mínimo en la estación de Vuelta Larga.

Los valores muestran que son aguas con tendencia de media a baja alcalinidad. En la Figura 9C se observa que los meses con los mayores valores de alcalinidad fueron marzo y abril, considerados meses del período de sequía en esta zona. Barrenechea (2004), señala que la alcalinidad está influenciada por el pH, la composición general del agua, la temperatura y la fuerza iónica. Por lo general, está presente en aguas naturales como un equilibrio de carbonatos y bicarbonatos, con predisposición a que prevalezcan los iones de bicarbonato. De ahí que el agua pueda tener baja alcalinidad y un pH relativamente alto o viceversa.

Todas estas interpretaciones señalan que el comportamiento del río Guarapiche, de acuerdo a sus parámetros físicos, suele estar influenciado por la composición química presente en el agua evidenciándose también la influencia de las condiciones ambientales que cambian los valores.

Es por eso que la EPA no hace recomendaciones respecto a la alcalinidad en fuentes de agua, pero concluye que una fuente no debe mostrar cambios bruscos o repentinos en el contenido de la alcalinidad, pues esto podría indicar un cambio en la calidad del agua (Barrenechea 2004).

CONCLUSIONES

Los valores de las variables fisicoquímicos como la temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y la alcalinidad se encontraron por debajo de los valores establecidos por las normativas sanitarias y ambientales del país. El agua del río Guarapiche en la cuenca alta y media presentaron altas concentraciones de dureza total dándole una característica de muy

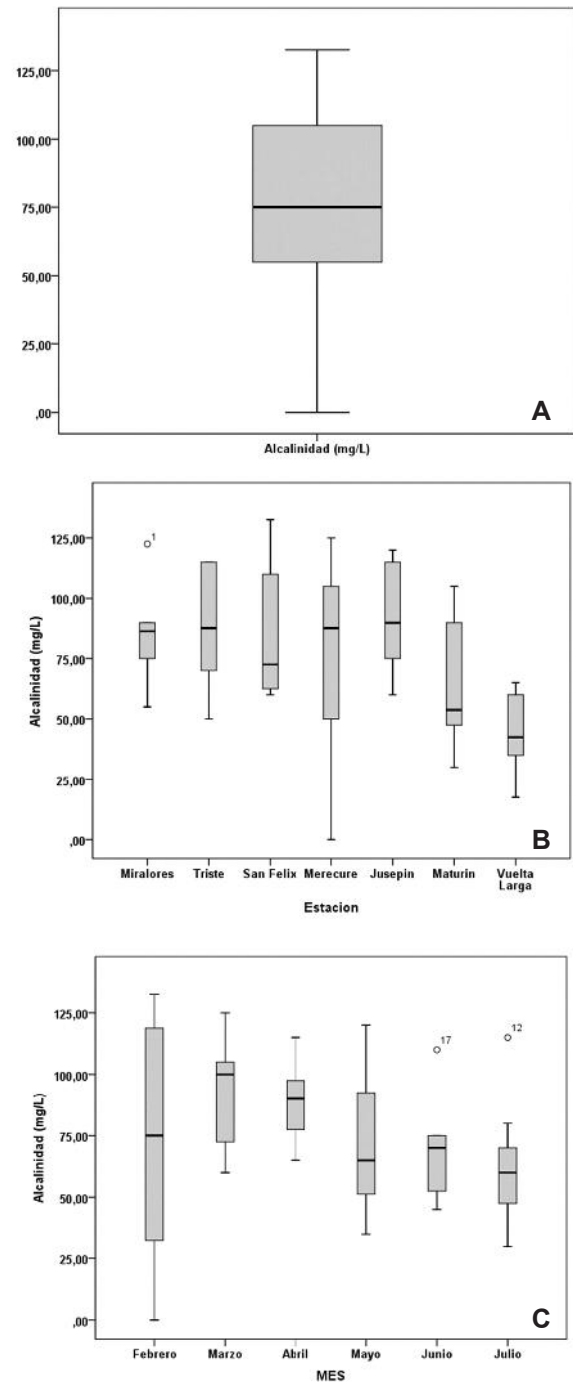


Figura 9. Cajas de ploteo para los valores de alcalinidad. **A:** Variación general, **B:** Variación estacional, **C:** Variación temporal.

dura para ser destinada de forma directa en el uso doméstico. En el período de seco (Enero-Abril) se incrementaron los valores de las variables

conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y alcalinidad, mientras la dureza total lo hizo en la época de lluvia. El conjunto de los resultados obtenidos permitió concluir que la calidad del agua del río es muy satisfactoria, recomendándose su uso para consumo humano, previo proceso de potabilización y para los sistemas de riego de las zonas circundantes.

LITERATURA CITADA

- Almazán-Juárez, M; Almazán-Juárez, A; Carreto-Pérez, B; Hernández, E; Damián-Nava, A; Almazán-Núñez, C. 2016. Calidad y clasificación de usos del agua en la cuenca baja del río Papagayo, Guerrero, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 3(9): 293-305.
- APHA (American Public Health Association, USA); AWWA (American waters works Association, USA); WEF (Water Environment Federation, USA). 2006. *Standard methods for examination of water and wastewater*. 19 Edition, Washington DC, USA. pp. 9 - 90.
- Arango, M; Álvarez, L; Arango, G; Torres, O; Monsalve, A. 2008. Calidad del agua de las quebradas la Cristalina y la Risaralda, San Luis, Antioquia. México. 87 p.
- Aveiga, AM; Noles, P; De la Cruz, A; Peñarrieta, F; Alcántara, F. 2019. Variaciones físico-químicas de la calidad del agua del río Carrizal en Manabí. *Enfoque UTE* 10(3):30-41.
- Barrenechea, A. 2004. Tratamiento de Agua para Consumo Humano. OPS/CEPIS. Manual I, Tomo I Capítulo 4: Coagulación, Lima, Perú. pp. 152-254.
- Bustamante, ID; Sanz, M; Goy, L; González-Hernández, M; Encabo, J; Mateos, J. 2002. Estudio de la calidad de las aguas superficiales en los espacios naturales del sur de las provincias de Salamanca y Ávila. *Aplicaciones del Índice ISQA*. *Revista Geogaceta* 31:103-106.
- Chapman, D. 1996. *Water Quality Assessment. A guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. UNESCO/WHO/UNEP. 2 ed., London. 626 p.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 2014. *Panorama social de América Latina 2014* (en línea) Santiago. Consultado 06 feb 2019. Disponible en <https://bit.ly/3mfdQx0vb>
- Decreto N° 883. 1995. Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. *Gaceta Oficial de la República de Venezuela* N°. 5.021 Extraordinaria del 18 de diciembre de 1995. 34 p.
- DIGESA (Dirección de Salud Ambiental, Perú). 2007. Análisis microbiológicos de aguas residuales por técnica de los tubos múltiples de fermentación (NMP). Lima, Perú. 31p.
- ESF (Ecosystem Sciences Foundation, USA). 2006. *Calidad del agua de los pozos en San Miguel de Allende. Fase I: Resultados y Conclusiones*. Idaho, USA. pp 20.
- Fuentes, F; Massol-Deyá, A. 2002. *Manual de laboratorios ecología de microorganismos*. Universidad de Puerto Rico. Puerto Rico. 265 p.
- García-Álzate, CA; Villegas-Acosta, PA; Román-Valencia, C. 2017. Análisis fisicoquímico y biológico del río Santo Domingo, afluente río Verde, cuenca del río La Vieja, Alto Cauca, Colombia. *Boletín Científico*. Centro de Museos. Museo de Historia Natural 21 (1): 31-51.
- Gil M, JA; Belloso, G; Vizcaíno, GC; Maza, IJ; Sánchez, MC; Bolívar, CE; Martínez, PD. 2013. Evaluación de la calidad microbiológica y niveles de nitratos y nitritos en las aguas del río Guarapiche, estado Monagas, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola* 13(1):154-163.
- Gil M, JA; Vizcaíno, C; Montaña-Mata, N. 2018. Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad del agua (ICA). Caso de estudio: Cuenca del Río Guarapiche, Monagas, Venezuela. *Anales Científicos* 79 (1):111-119.

- Gray, NF. 1994. Calidad del agua potable problemas y soluciones. Trad. I.E. López. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. 365 p.
- Jiménez, A. 2000. Determinación de los parámetros Físico-Químicos de calidad de las aguas. *Revista Gestión Ambiental* 2(23):12-19.
- Kevern, RN. 1989. Alkalinity water, classification systems, volume Part 1. The Michigan. USA. 112 p.
- Laboratorio Nacional de Hidráulica y Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. 2010. Estudio para el aprovechamiento de los recursos hídricos en la faja petrolífera del Orinoco. Informe de Avance N° 2. Tomo III. Calidad de Agua (en línea). Laboratorio Nacional de Hidráulica. El Llanito, Caracas. Consultado 13 mar 2018. Disponible en <https://bit.ly/3dUAAiJ>
- MARNR (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Venezuela). 1980. Uso Actual y perspectivas de Aprovechamiento de las Aguas del Rio Guarapiche. Maturín: Serie Informes Técnicos. Zona 12/IT/Maturín estado Monagas. 260 p.
- Medina, M. 1984. Caracterización Físico Química de las aguas de 13 Ríos del Estado Monagas y TFDA. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. División de Información e Investigación del Ambiente. Serie Informe Científico Zona 12/IC/58. Maturín. 68 p.
- Mejía, MR. 2005. Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. Trabajo de grado de maestría. Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 120 p.
- MINAMB (Ministerio del Ambiente, Venezuela). 2006. Recursos Hídricos de Venezuela. Fundambiente. 1ra edición. Caracas. 137 pp.
- MSAS (Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, Venezuela). 1998. Normas sanitarias de Calidad de agua Potable. Numero S.G.-018-98 11 de 02 de 1998. 7 p.
- OMS (Organización Mundial de la Salud, Suiza). 2003. Total dissolved solids in drinking-water. Guías de la OMS para la calidad del agua potable. Ginebra. 408 pp.
- OMS (Organización Mundial de la Salud, Suiza). 2006. Guías para la calidad del agua potable. Vol. 1. Tercera edición. Organización Mundial de la Salud. Ginebra. 408 pp.
- OMS (Organización Mundial de la Salud, Suiza). 2008. Monitoring and Assessment of Chemical Quality Guidelines for Drinking Water Quality Training Pack. 322 p.
- ONU-HÁBITAT. 2010. State of the World's Cities 2010/2011- Cities for All: Bridging the Urban Divide (en línea). Consultado 13 mar 2018. Disponible en <https://bit.ly/3dZbKhR>
- Pacheco, J; Cabrera, A; Pérez, R. 2004. Diagnóstico de la calidad del agua subterránea en los sistemas municipales de abastecimiento en el Estado de Yucatán, México 8-2 pp165-179.
- Roldán- Pérez, G. 2012. Los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua. Bogotá, Colombia. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). 148 p.
- Roldán, G; Ramírez, JJ. 2008. Fundamentos de limnología neotropical. 2ª edición. Universidad de Antioquia. 442p.
- Rondón, C. 2008. Análisis ambiental del Rio Guarapiche como fuente de abastecimiento de agua de Maturín. Estado Monagas. Venezuela. Trabajo especial de grado no publicado, Universidad de Margarita, Nueva Esparta. pp. 30-50
- Segnini, S; Chacón, MM. 2005. Caracterización fisicoquímica del hábitat interno y ribereño de ríos andinos en la cordillera de Mérida, Venezuela. *Sociedad Venezolana de Ecología. ECOTROPICOS* 18(1):38-61.
- UNESCO-UNEVOC (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura - Centro Internacional para la Educación y Formación Técnica y Profesional, Alemania). 2012. Skills Challenges in the Water and Wastewater Industry: Contemporary

Issues and Practical Approaches in TVET
(en línea). Consultado 24 nov. 2018. 32 p.
Disponible en: <https://bit.ly/3mjOMVQ>

Urriola, PL. 2007. La agricultura en el estado
Monagas. El ayer, el hoy y el mañana. Vol. I.
Universidad de Oriente, Cumana, Venezuela.
pp. 62 - 79

Zhen-Wu, B. 2010. Índices de calidad del
agua en la microcuenca de la quebrada
Victoria, Guanacaste, Costa Rica (2007-
2008). Cuadernos de Investigación UNED
2(1):45-61.

Caracterización morfológica de líneas promisorias de cambur (*Musa* AAA) obtenidas a partir de la irradiación con rayos X

Elba N. Vallejo de Astudillo^{1*}, Efraín G. Salazar Yamarte^{1†}, Iselen Trujillo², Luis Castro¹.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Maracay, Aragua, Venezuela. ²Universidad Experimental Simón Rodríguez (UNESR), Instituto de Estudios Científicos y Tecnológicos (IDECYT). Los Altos del Cují, Miranda, Venezuela. *Correo electrónico: vallejoelba@gmail.com

RESUMEN

Las musáceas comestibles en Venezuela tienen una alta demanda debido a sus propiedades alimenticias, su producción está destinada principalmente al consumo interno. El cambio climático ha traído diversas consecuencias, entre las cuales se puede mencionar la disminución de precipitaciones, siendo las musáceas afectadas negativamente por su sensibilidad al déficit hídrico. La obtención de materiales tolerantes a ambientes con menor disponibilidad de agua, es una necesidad del mejoramiento genético de esta especie. Con la finalidad de seleccionar líneas promisorias tolerantes a condiciones de sequía, se caracterizaron morfológicamente plantas de cambur sub grupo Cavendish (*Musa* AAA cv Pineo Gigante) provenientes de yemas irradiadas con rayos X a una dosis de 30 Gy. Se evaluó y comparó el crecimiento de plantas in vitro provenientes de las yemas irradiadas y no irradiadas, considerando las siguientes variables: altura de planta, grosor de pseudotallo, número de hojas y área foliar, observándose diferencias significativas entre ambos grupos. Las plantas provenientes de yemas irradiadas mostraron valores mayores en las variables evaluadas, en comparación con las plantas de cambur provenientes de yemas no irradiadas, en condiciones de sequía. La emisión de la hoja bandera en el material irradiado ocurrió a los siete días, mientras que el material no irradiado ocurrió después de 10 días. Las plantas obtenidas a partir de yemas irradiadas, constituyen posibles líneas promisorias, ya que presentaron características morfológicas diferentes, y generalmente de mayor valor con respecto a las plantas provenientes de yemas no irradiadas. El material promisorio seleccionado será empleado para ensayos posteriores en campo.

Palabras clave: bananos, déficit hídrico, Pineo Gigante, radiación ionizante, mejoramiento genético.

Morphological characterization of promising banana (*Musa* AAA) lines obtained from X-ray irradiation

ABSTRACT

Climate change has brought various consequences, among which we can mention the decrease in rainfall, with musaceae being negatively affected by their sensitivity to water deficit. Obtaining materials tolerant to environments with less water availability is considered a need to be satisfied by the genetic improvement of this species. In order to select promising lines tolerant to drought conditions, genotypes of sub-group Cavendish banana (*Musa* AAA cv Pineo Gigante) from buds irradiated with X-rays at a dose of 30 Gy were morphologically characterized. For this, the growth of plants in vitro from irradiated and non-irradiated buds was evaluated and compared, considering the following variables: plant height, pseudostem thickness, number of leaves and leaf area, observing significant differences between both groups. Plants from irradiated buds showed higher values in the variables evaluated, compared to banana plants from non-irradiated buds, under drought conditions. The emission of the flag leaf in the irradiated material occurred after seven days, while the non-irradiated material occurred after 10 days. The plants obtained from irradiated buds constitute possible promising lines, since they presented different morphological characteristics, and of greater value with respect to the plants from non-irradiated buds. The promising material selected will be used for subsequent field trials.

Key words: Pineo Gigante, ionizing radiation, bananas, water deficit, genetic improvement.

Recibido: 19/02/2019 - Aprobado: 22/10/2019

INTRODUCCION

Los bananos y plátanos ocupan el cuarto lugar mundial en los cultivos agrícolas, luego del maíz, arroz y trigo. Como frutal ocupa el segundo lugar, después de los cítricos. El cultivo es importante tanto desde el punto de vista económico como social, ya que diversos países de Latinoamérica como Colombia, Ecuador y Costa Rica basan al menos parte de su economía en su exportación, mientras que en otros, como India y algunos países africanos, la producción es de subsistencia y juega un importante papel en su seguridad alimentaria (Canto Canché *et al.* 2015, Quispe Aguilar 2019).

El cultivo de musa comestible en Venezuela, también conocida como cambur, representa la mayor actividad frutícola del país. Siendo una de las frutas predilectas y más buscadas en cada rincón del territorio nacional, con una producción de 424.649 t y una superficie sembrada de 30.544 ha (FEDEAGRO 2019).

El rendimiento del banano es óptimo en el rango de 20 - 30 °C y con uso abundante de agua en suelo. Es muy sensible a la disponibilidad de agua en el suelo. Idealmente el cultivo requiere 1.300-2.600 mm.año⁻¹ (100-200 mm.mes⁻¹), para contrarrestar la evapotranspiración. Cuando el agua se reduce las raíces perciben el déficit y envían señales para el cierre de estomas y evitar la transpiración, lo que permite que las plantas sobrevivan a la sequía (Thornton y Cramer 2012), aunque una sequía en períodos críticos puede afectar el rendimiento en la producción de fruta. La producción en Venezuela se distribuye en diferentes partes del territorio nacional, y se lleva a cabo a lo largo de todo el año, además tiene gran importancia económica ya que, por sus propiedades alimenticias, es muy significativa para la economía agroalimentaria del país.

En Venezuela se ha venido desarrollando un conjunto de sistemas de producción de musáceas (bananos y plátanos) que responde a las condiciones de clima y suelos de las diferentes áreas productivas. La mayoría de ellos son altamente dependientes de la época lluviosa, caracterizados por el predominio del monocultivo con poca diversidad genética y con prácticas de manejo generalmente deficientes. A estas prácticas se le atribuyen

problemas de degradación o contaminación de suelos y aguas, en combinación con los efectos directos de la variabilidad del clima y el cambio climático, trayendo durante los últimos años una desaceleración de la actividad productiva debido a eventos atmosféricos, factores económicos y problemas fitosanitarios (Olivares *et al.* 2019).

El cambio climático puede tener efectos negativos sobre la actividad agrícola. Dentro de los elementos del clima que afectan negativamente la producción, destacan el incremento de la temperatura promedio y la disminución de las precipitaciones. Se muestran periodos largos de sequías, los cuales afectan las siembras en los campos y la producción de alimentos. Asimismo, la severidad y frecuencia de la sequía se han incrementado en el transcurso de los años, contribuyendo a una mayor incidencia de enfermedades en las plantas. Estos factores reducen significativamente los niveles de producción, afectando principalmente a los pequeños y/o medianos productores, con riesgos cada vez más frecuentes de pérdidas completas debido a la reducción de las cosechas (Belalcázar 1991, Olivares *et al.* 2019).

Los resultados obtenidos por Gallardo *et al.* (2017) al trabajar con los impactos provocados por la sequía agrícola en el cultivo de plátano en Cuba, demuestran que los procesos de sequía agrícola se manifiestan en todos los ciclos del cultivo, afectando de manera general los rendimientos, donde la evaluación de fenómeno es de gran utilidad para el manejo sostenible de ecosistemas agrarios en aras de lograr mejores resultados productivos a mediano y corto plazo; señalando que el análisis de este fenómeno climatológico desde el punto de vista agrícola, permite trazar estrategias para la aplicación de métodos de conservación del suelo y del recurso hídrico a los agricultores.

La limitación en la disponibilidad del agua es un gran problema para la agricultura mundial, que afecta de forma permanente el 28 % de los suelos del mundo (Castaño *et al.* 2012). La sequía, se manifiesta generalmente como una escasez de agua en la zona de las raíces, lo que da como resultado que el cultivo no pueda absorber agua y disminuya su rendimiento (Del Valle 2006).

La superficie cosechada de bananos (4.481 ha) para la Región Central concentrada mayormente en el estado Aragua (Olivares *et al.* 2017), podría verse afectada directa e indirectamente por un cambio en la magnitud de las lluvias. Aquellas zonas donde existían precipitaciones de 1.600-2.000 mm.año⁻¹ desaparecerán y dominará un rango más bajo de 800-1.200 mm.año⁻¹, de acuerdo con el Modelo UKTR. El déficit hídrico aumentará de 1.000.000 ha a 4.700.000 ha (Ovalles *et al.* 2005, Ovalles *et al.* 2008), cuyos eventos de sequía tendrán repercusiones en los rendimientos de bananos (Olivares y Zingaretti 2018).

El impacto del cambio climático será variable en todos los agroecosistemas, y dependerá de las características biofísicas (especie, cultivar y condiciones del suelo) del sistema de producción, de las capacidades tecnológicas y de las condiciones socioeconómicas de los productores bananeros (Olivares *et al.* 2019).

De igual manera, las respuestas de la planta dependen del genotipo y el estadio de desarrollo de la misma en el momento del estrés, de la duración y la severidad del estrés y de los factores ambientales que lo provoquen. En dependencia de las condiciones antes mencionadas, las plantas activan mecanismos de defensa a nivel molecular, morfológico, fisiológico y celular (Peleg *et al.* 2011, López-Gómez *et al.* 2017, Bustamante 2018).

Para las plantas de cultivo, la tolerancia al estrés abiótico es medida más por la pérdida de rendimiento, que por la supervivencia. Sin embargo, una gran parte de la investigación sobre estrés abiótico en sistemas modelo se ha centrado principalmente en la fase vegetativa, y se ha esforzado por identificar fenotipos de supervivencia, lo que ha obstaculizado la capacidad para identificar fácilmente, los indicadores de un rendimiento mejorado en plantas de cultivo (Peleg *et al.* 2011). Por lo tanto, es importante contar con materiales que toleren las condiciones de sequía para garantizar la producción agrícola en estas nuevas condiciones ambientales, en caso de presentarse.

Las musáceas son plantas donde muchos de sus materiales son muy sensibles al déficit hídrico, por lo cual su respuesta en la mayoría de los casos, no es positiva a la falta de humedad en

el suelo en cualquiera de sus fases de desarrollo (Varona 2013).

En el caso de musáceas comestibles, el mejoramiento no puede hacerse por métodos tradicionales debido a la esterilidad de los materiales comerciales. De allí, la necesidad de usar nuevas estrategias, donde la inducción de mutaciones se presenta como una alternativa viable para la obtención de los materiales tolerantes a estrés hídrico, cuya selección para esta característica, debe basarse en un buen fenotipaje de los materiales obtenidos, así como en una evaluación exhaustiva del germoplasma disponible. Estos dos últimos aspectos deben ser factores prioritarios para identificar muestras útiles, que puedan ser utilizadas en programa de mejoramiento genético de bananos (Del Valle 2006).

Los principales objetivos del mejoramiento convencional en musáceas están dirigidos a la obtención de materiales resistentes a plagas y enfermedades (Trujillo 1996, Emaldi *et al.* 2004, Leiva *et al.* 2015, Galo *et al.* 2017, Pérez *et al.* 2019). Sin embargo, progresivamente se han incorporado nuevas características como arquitectura de la planta, calidad de fruta, entre otras. Esta forma de mejoramiento se ha beneficiado por herramientas biotecnológicas como la propagación masiva in vitro, rescates de embriones in vitro, y recientemente la utilización de marcadores moleculares (Martínez *et al.* 2008).

El mejoramiento mediante la inducción de mutaciones a través de variación somaclonal ha permitido obtener nuevos clones con diferentes grados de resistencia a enfermedades en diferentes países, incluyendo a Venezuela (Trujillo y García 1996, Trujillo *et al.* 1997, Escalante *et al.* 2002, Emaldi *et al.* 2004, Cedeño *et al.* 2017).

La investigación sobre obtención de materiales en condiciones de sequía, fueron poco abordadas en el pasado, pero luego ganaron importancia dado el agotamiento de los recursos naturales. Por eso se vislumbró la necesidad de desarrollar variedades comerciales de banano adecuados para ambientes con poca disponibilidad de agua (Martínez, 1984). Existen investigaciones desarrolladas en el INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas) en el área de mejoramiento genético de bananos

(*Musa AAA*), donde se buscó obtener al menos un mutante de cambur que presentara un comportamiento de tolerancia a la sequía (Salazar 2012, 2014; Salazar *et al.* 2014).

Las mutaciones son alteraciones o modificaciones del ADN de los individuos, que se pueden generar de forma espontánea es decir de manera natural, y de manera inducida mediante la exposición a agentes mutagénicos químicos o físicos (Manrique 2012). Las mutaciones inducidas son aquellas provocadas por factores externos denominados mutágenos y pueden ser producidas por agentes físicos como radiaciones ionizantes, radiaciones no ionizantes y choques térmicos y agentes químicos que atacan al ADN. Los rayos gamma al ser utilizados como agente mutagénico penetran los individuos tratados, al igual que los demás agentes mutagénicos físicos. Estos juegan un papel en la mejora de rendimiento de los cultivos, la tolerancia al estrés (hídrico o climático) y un número de otros rasgos cualitativos y cuantitativos (Aguirre 2015, Segura 2016).

Salazar (2014) señala que el uso de radiaciones ionizantes ha permitido el desarrollo de nuevos clones de musáceas, que exhiben una respuesta de tolerancia a la sequía. Sin embargo, no se ha realizado una caracterización profunda de esos materiales, que permitan establecer diferencias entre los genotipos susceptibles y los tolerantes, y que en el futuro puedan servir como mecanismos efectivos de selección.

En vista de lo anteriormente señalado, existe la necesidad de describir estos materiales promisorios para avanzar en su identificación, así como en los mecanismos relacionados con la respuesta de tolerancia a la sequía. En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar morfológicamente los materiales de cambur regenerados a partir del cultivo *in vitro* de yemas axilares irradiadas con 30 Gy de rayos X, y seleccionadas por su tolerancia a condiciones simuladas de sequía en condiciones *in vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio

La investigación tuvo como sede la Unidad de Biotecnología Agrícola Vegetal, ubicada en el Campo Experimental del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP) del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) Maracay, estado Aragua.

Material vegetal.

La muestra experimental obtenida previamente, fue una población MIV6 de *Musa AAA* cv Pineo Gigante, irradiada con rayos X a una intensidad 30 Gy, en un tomógrafo axial Phillips, Modelo CT MX-16. Estas plantas, mostraron comportamiento diferencial a la sequía (Salazar 2014). Como control, se emplearon plantas de Pineo Gigante *Musa AAA* proveniente del cultivo *in vitro* de yemas no irradiadas

Los materiales fueron sembrados en bolsas de polietileno de capacidad de 5 kg conteniendo arena previamente esterilizada con calor húmedo durante 5 h, a una temperatura de 121 °C en un recipiente de presión regulada y mantenidos en condiciones de umbráculo.

Efecto de las condiciones de estrés hídrico sobre del crecimiento de plantas *in vitro* de cambur

Las plantas de cambures provenientes de yemas irradiadas y no irradiadas fueron sometidas a condiciones de estrés hídrico mediante la suspensión del riego por 40 días. Se realizaron mediciones a los 0, 20 y 40 días.

Se estableció un diseño completamente al azar en el cual, las plantas fueron distribuidas de forma aleatoria sobre unos mesones. Las condiciones ambientales dentro del umbráculo fueron: temperatura máxima de 39 °C y mínima de 18 °C; con una humedad relativa promedio de 78 % y luz 4,52 mol.m⁻².d⁻¹.

El número de plantas de cambures provenientes de yemas irradiadas fueron 140 y como control se utilizaron 70 plantas provenientes de yemas no irradiadas.

Variables morfológicas evaluadas

Las variables morfológicas evaluadas fueron las siguientes: altura de la planta (AP), grosor del pseudotallo (GT), número de hojas funcionales (NHF) con más del 75 % de área verde, tiempo de emisión foliar o emisión de la hoja bandera (EF), largo de la hoja, ancho de la hoja y área foliar (AF) en cm² (Castaño *et al.* 2012).

El área foliar se calculó utilizando la siguiente expresión, según Martínez (1984):

$$\text{Área foliar (AF)} = \text{Largo de hoja} \times \text{ancho de hoja} \times 0,8.$$

Al evaluar el número de hojas, es importante destacar que solo se contabilizaron las fotosintéticamente activas.

Adicionalmente, se observó la morfología y la arquitectura de las plantas de cambures, con el fin de identificar plantas fuera de tipo. Se seleccionaron las plantas que se mantuvieron erguidas, y sin ningún síntoma de marchitez por falta de agua, para posterior siembra en campo.

Para el análisis de los datos se realizó un análisis de la varianza, la jerarquía de los promedios diferenciados se obtuvo mediante la prueba de comparaciones múltiple de Tukey, con nivel de significancia del 5 %. Se utilizó el programa estadístico InfoStat versión 2016 (Di Renzo *et al.* 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los resultados mostrados en el Cuadro 1, se observa que a los 20 días de suspensión del riego, la altura y el largo de la hoja en las plantas provenientes de yemas irradiadas y no irradiadas en condiciones de umbráculo no fue estadísticamente diferente, aunque si se observaron diferencias en el grosor del pseudotallo y el ancho de la hoja. Sin embargo, a los 40 días se observaron diferencias estadísticas significativas entre las plantas de cambures cv Pineo Gigante proveniente de yemas irradiadas y no irradiadas, en cuanto a las variables altura de planta, grosor del pseudotallo, ancho de la hoja y largo de la hoja (Ver Cuadro 1 y Figura 1).

Castaño *et al.* (2012) señalan que el consumo de agua por la planta aumenta a medida que crece. En las etapas de plántula (V1) durante las primeras ocho semanas del cultivo, los

Cuadro 1. Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento de plantas de cambur provenientes de yemas irradiadas y no irradiadas en condiciones de umbráculo.

Días	Material	Altura (cm)	Grosor del pseudotallo (cm)	Largo de la hoja (cm)	Ancho de la hoja (cm)
0	PPYNI	34,8 ^b	1,28 ^b	28,92 ^b	12,33 ^b
	PPYI	51,17 ^a	1,69 ^a	38,42 ^a	14,60 ^a
20	PPYNI	59,3 ^a	2,25 ^b	45,50 ^a	16,6 ^b
	PPYI	58,94 ^a	2,46 ^a	46,76 ^a	17,5 ^a
40	PPYNI	61,23 ^b	4,6 ^b	56,78 ^b	27,85 ^b
	PPYI	77,61 ^a	5,84 ^a	70,71 ^a	34,38 ^a

PPYNI: Plantas provenientes de yemas no irradiadas. PPYI: Plantas provenientes de yemas irradiadas. Letras iguales significan que no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$).

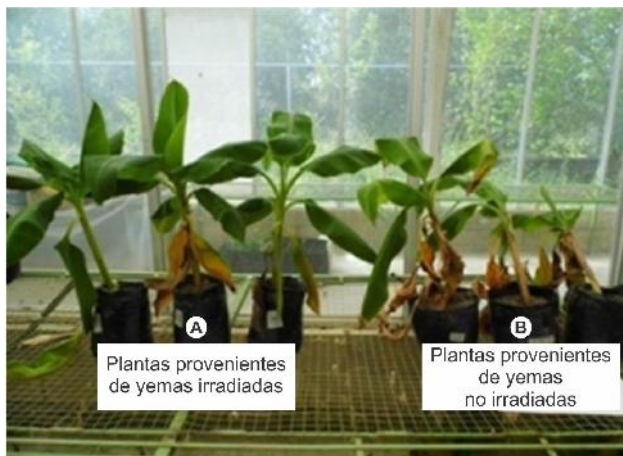


Figura 1. A: Plantas de cambur provenientes de yemas irradiadas. B: Plantas de cambur provenientes de yemas no irradiadas.

requerimientos hídricos son constantes, las plantas requieren mayor suministro de agua ya que comienza a aumentar su biomasa. Esto pudiera justificar el comportamiento de las plantas de cambures obtenidas a partir de yemas irradiadas y no irradiadas, ya que los materiales se encontraban en la fase de crecimiento cuando se le suspendió el riego.

Se ha señalado que entre los principales efectos del estrés hídrico sobre el crecimiento, está la reducción en la altura, tallo, raíces, área foliar, peso foliar específico y biomasa de la planta (Luna *et al.* 2012).

Machado (2011) obtuvo que la altura en plantas de *Jatropha curcas* L. fue el indicador más variable, seguido por el grosor de las ramas primarias, el número de ramas secundarias, el número de ramas primarias y el grosor del tallo en la base. Estos caracteres morfológicos estuvieron positivamente relacionados, lo que denotó el alto grado de complementariedad existente en estos rasgos estructurales a medida que las plantas se desarrollaron.

Por otro lado, las plantas obtenidas a partir de yemas irradiadas que mostraron tolerancia a condiciones de sequía, presentaron una coloración verde intensa en sus hojas y el pseudotallo se mantuvo erguido durante toda la evaluación (Figura 2A).

Es importante destacar que no todas las plantas provenientes de yemas irradiadas presentaron la misma respuesta a las condiciones simuladas de sequía, ya que algunos de ellas mostraron susceptibilidad a esta condición, evidenciada principalmente, por la deshidratación del pseudotallo y el posterior quiebre del mismo (Figura 2B). Estos resultados pueden explicarse como una

posible respuesta diferencial por parte del tejido vegetal a la radiación. Cabe destacar que probablemente, la irradiación sirva de estímulo para algunos procesos morfológicos, en aquellos tejidos donde no tuvo un efecto deletéreo.

Debido que las mutaciones ocurren de forma aleatoria, la modificación ocurrida puede afectar aspectos morfológicos, fisiológicos y anatómicos de los cuales depende la respuesta de las plantas ante el estrés hídrico (Salazar *et al.* 2014, Aguirre 2015).

Por otro lado, las plantas de cambur cv Pineo Gigante provenientes de yemas no irradiadas, presentaron un mayor número de individuos que mostraron estar afectados por la condiciones de estrés hídrico. Estos materiales manifestaron pérdida de turgencia foliar como el primer síntoma de marchitez a los 8 días, lo cual es indicativo de deshidratación. Se evidenció en un menor crecimiento, además de presentar una coloración marrón en las hojas y el pseudotallo (Figura 3).

Estos datos coinciden con los reportado por Luna *et al.* (2012), quienes observaron que el primer síntoma de marchitez presentes en *P. psicipula* y *L. leucocephala* es el amarillamiento foliar, resultado de la degradación de la clorofila como respuesta al estrés hídrico.

Las plantas de cambur que mostraron daños causados por la falta de agua, fueron descartadas



Figura 2. A. Plantas de cambur cv Pineo Gigante provenientes de yemas irradiadas tolerantes al estrés hídrico; B) Plantas de cambur cv Pineo Gigante provenientes de yemas irradiadas susceptibles al estrés hídrico.



Figura 3. Plantas de cambur Pineo Gigante, regeneradas a partir de yemas no irradiadas.

del presente trabajo de investigación, ya que con esta prueba se deseaba seleccionar aquellas plantas de cambur Pineo Gigante, con posible tolerancia a sequía, las cuales proseguirían en la fase de cultivo en condiciones de campo.

Todas las plantas de cambur cv Pineo Gigante provenientes de yemas no irradiadas, mostraron estar afectadas por las condiciones de estrés hídrico en comparación con las plantas de cambur proveniente de yemas irradiadas. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto del déficit hídrico sobre la población de plantas de cambur provenientes de yemas irradiadas y no irradiadas en condiciones de umbráculo

Material	Plantas iniciales (#)	Plantas afectadas por sequía (#)	Sobrevivencia (%)
PPYNI	70	70	0
PPYI	140	75	54

PPYNI: Plantas provenientes de yemas no irradiadas. PPYI: Plantas provenientes de yemas irradiadas.

En la etapa de plántula se condiciona el establecimiento de las especies vegetales, ya que el estrés hídrico puede provocar su muerte, por ello es necesario estudiar sus respuestas fisiológicas y morfológicas ante condiciones de baja humedad del suelo (Cregg 2004).

Los resultados mostrados en el Cuadro 2 evidencian que el proceso de irradiación, está directamente relacionado con el desarrollo de la capacidad de las plantas regeneradas para soportar las condiciones de sequía, lo que podría plantear la utilidad de los rayos X como herramienta mutagénica en musáceas.

Sin embargo, en esta etapa de la investigación, aún no se puede afirmar de forma categórica, que los rayos X pueden ser utilizados como herramienta mutagénica en musáceas, pues podría haber ocurrido una radioestimulación (Chakravarty y Sen 2001, Hernández-Muñoz *et al.* 2017, 2019).

Adicionalmente, se identificaron tres plantas fuera de tipo entre las líneas provenientes de yemas irradiadas, las cuales presentaron características morfológicas diferentes a las otras plantas del grupo. Dichas plantas presentaron una mayor altura, hojas más angostas, estrechas y lanceoladas, además de presentar un color verde menos intenso con respecto a las demás plantas del grupo (Figura 4).

Es importante destacar que los resultados obtenidos, podrían indicar que la irradiación, además del efecto diferencial para la tolerancia a sequía, puede haber afectado atributos morfológicos,



Figura 4. Plantas de cambur cv Pineo Gigante fuera de tipo, proveniente de yemas irradiadas.

indicando que es imperativa la evaluación en condiciones de campo de los materiales regenerados. La evaluación en condiciones de campo es necesaria, pues pueden existir cambios en la fase reproductiva motivados al estrés hídrico. Adicionalmente, es necesario, contar con un material que no solamente sea tolerante a las condiciones de sequía, sino que mantenga las características de productividad y de calidad de fruto, exigidas comercialmente.

Con relación al número de hojas, la Figura 5 muestra que las plantas de líneas promisorias obtenidas de yemas irradiadas de cambur, presentaron mayor cantidad de hojas en comparación con las plantas provenientes de yemas no irradiadas. Asimismo, se observó que la frecuencia de la aparición de la hoja bandera en las plantas irradiadas fue cada siete días, mientras que en las plantas no irradiadas, la emisión de las hojas se retardó, emergiendo cada 15 días.

Los resultados anteriormente mostrados, son una evidencia de que las condiciones de estrés hídrico simuladas, si generaron diferencias entre el grupo de plantas obtenidas de yemas irradiadas y no irradiadas, mostrando valores más favorables para la emisión de las hojas en la línea de plantas promisorias, que durante la suspensión del riego, continuaron emitiendo una hoja por semana. Se

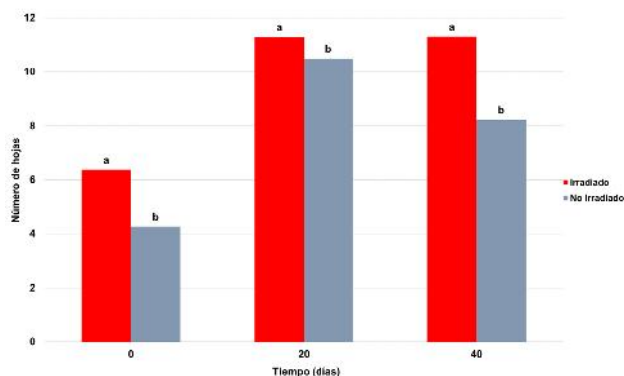


Figura 6. Número de hojas emitidas en plantas de cambur provenientes de yemas irradiadas y no irradiadas sometidas a condiciones de estrés hídrico durante 0, 20 y 40 días. Letras iguales indican promedios sin diferencias estadísticas significativas, de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$).

puede inferir que la tasa de emisión foliar está estrechamente relacionada con las condiciones ambientales, como lo es en este caso el estrés hídrico, incidiendo en una variable tan importante como el área foliar, pues de ella depende en parte la fotosíntesis, y por ende la adaptación a la falta de agua (Cregg 2004, Salazar 2014).

El crecimiento radicular es otro proceso que también se modifica debido al estrés hídrico. La disponibilidad de agua afecta la relación entre el crecimiento de la parte aérea y la raíz; en caso de déficit hídrico la raíz continúa su desarrollo mientras que la parte aérea deja de crecer por causa del estrés. Sin embargo, las plantas son capaces de continuar el desarrollo de sus raíces en búsqueda de agua en zonas más profundas del suelo (Salazar 2014).

Potters *et al.* (2007) señalaron que las plantas expuestas a condiciones de estrés abiótico sub-letal presentan una amplia gama de respuestas morfológicas inducida por estrés, que pueden afectar directamente la inhibición en la elongación celular, por la estimulación localizada de la división celular y alteraciones en la diferenciación celular.

Estos resultados coinciden con los descritos por Belalcázar (1991), quien menciona que uno de los factores que más influye sobre la emergencia de las hojas son los períodos largos de sequía, que pueden retrasar el proceso de emisión foliar en 15 días o más.

En la Figura 6 se muestra que el área foliar es uno de los parámetros que indica crecimiento en las plantas, ya que está directamente relacionado con las dimensiones de la lámina foliar, y una mayor tasa fotosintética. Se evidenció que las plantas de cambur obtenidas de yemas irradiadas, presentan un área foliar mayor a las plantas obtenidas de yemas no irradiadas. En condiciones simuladas de sequía, las plantas continúan su crecimiento, pero las obtenidas de yemas no irradiadas, presentan un crecimiento más lento.

Un área foliar más grande es un indicador de tolerancia en condiciones de estrés hídrico, pues indica que no se reduce el crecimiento en condiciones de estrés, lo cual puede estar relacionado con un sistema radical más

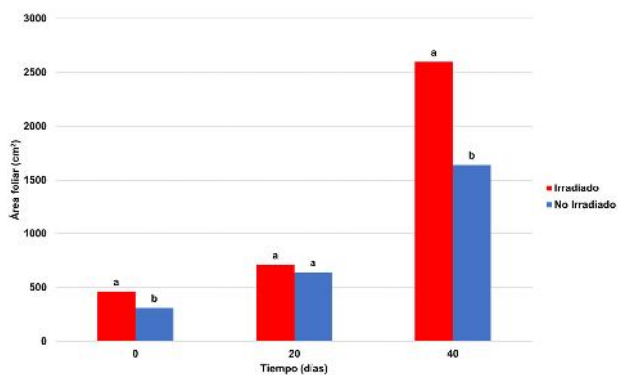


Figura 7. Área foliar de las plantas de cambur provenientes de yemas irradiadas y no irradiadas sometidas a condiciones de estrés hídrico durante 0, 20 y 40 días. Letras iguales indican promedios sin diferencias estadísticas significativas, de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$).

desarrollado. Por otro lado, al presentarse un área foliar más grande las líneas promisorias, se podría pensar en una mayor evapotranspiración, sin embargo, las plantas obtenidas de yemas irradiadas presentan una mejor tolerancia a sequía. Belalcázar (1991) y Salazar (2012) indican que a mayor área foliar, mayor será la demanda de agua de las plantas, ya que sus necesidades hídricas se deben a que tiene gran superficie foliar transpirante, siendo más exigente en agua que otras especies. Dichos autores señalan que a medida que la planta aumenta su crecimiento, la cantidad de agua que consume también es mayor. Sin embargo, en este caso, las plantas irradiadas presentan un mejor crecimiento que las no irradiadas, lo que afirma la adaptación de las mismas a procesos de sequía.

El análisis de crecimiento vegetal permite evaluar cómo las variaciones en el genotipo, el ambiente y el manejo pueden modificar la acumulación de biomasa a nivel de planta a partir de mediciones sencillas (básicamente, área foliar y peso de los diferentes órganos), a partir de las cuales se han derivado parámetros que permiten estimar, con suficiente precisión, procesos fundamentales que conforman la productividad, debido que es la fuente de producción de los foto asimilados (Di Benedetto *et al.* 2016).

Las variables evaluadas se relacionan entre sí de forma integral, durante el desarrollo de las plantas. Al respecto, Belalcázar (1991) señaló que existen relaciones directas, altamente significativas y confiables entre la altura de la planta, el diámetro del pseudotallo y el número de hojas emitidas, siendo de importancia el suministro del agua, para garantizar un crecimiento normal del cultivo en cada una de sus fases de desarrollo.

CONCLUSIONES

Las plantas provenientes de yemas irradiadas mostraron un mejor comportamiento en las variables de crecimiento durante las condiciones del estrés hídrico, en comparación con las plantas proveniente de yemas no irradiadas en condiciones de umbráculo.

El área foliar y el tiempo de emisión de la hoja bandera pueden ser utilizados como criterios de selección en condiciones de sequía.

Se identificaron tres plantas fuera de tipo dentro de la población de las plantas irradiadas (líneas promisorias), cuya variación fenotípica podría ser atribuida a los efectos de la irradiación.

La técnica de inducción de mutaciones a través de radiación ionizante pudiera ser una alternativa efectiva para la obtención de materiales promisorios de cambur cv Pineo Gigante tolerante al estrés por déficit hídrico.

LITERATURA CITADA

- Aguirre, D. 2015. Mutaciones y agentes mutagénicos. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. UNNE. Argentina. 654 p.
- Belalcázar, S. 1991. El Cultivo del Plátano en el trópico. Manual de Asistencia Técnica 50. ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). Colombia. 376 p.
- Bustamante G, A. 2018. Caracterización de mecanismos implicados en la regulación de la respuesta a estrés por frío en plantas. Tesis de Doctorado en Biotecnología. Valencia, España. Universidad Politécnica de Valencia. INIAP. 131 p.

- Canto, B; Orozco, M; Martínez, L; Manzo, G; James, A; Rodríguez, C; Islas, I; Beltrán, M; Guzmán, S; Garrido, E; Higuera, I; Sandoval, J. 2015. Bananos y plátanos, frente al cambio climático. En: Hacia dónde va la ciencia en México. Ecosistemas, Plagas y Cambio Climático por I. Higuera-Ciapara (Coordinador). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Academia Mexicana de Ciencias, A.C. Secretaria Ejecutiva del Consejo Consultivo de Ciencias. Centro Geo. D.F. México. 56 p.
- Castaño, A; Aristizábal, M; González, H. 2012. Requerimientos hídricos del plátano Dominico-Hartón (*Musa AAB Simmonds*) en la región Santágueda Caldas, Colombia. *Revista UDCA15* (2):331-338.
- Cedeño, G; Suárez, C; Vera, D; Fadda, C; Jarvis, D; De Santis, P. 2017. Detección temprana de resistencia a *Mycosphaerella fijiensis* en genotipos locales de Musáceas en Ecuador. *Scientia Agropecuaria* 8(1): 29-42.
- Chakravarty, B; Sen, S. 2001. Enhancement of regeneration potential and variability by γ -irradiation in cultured cells of *Scilla indica*. *Biologia plantarum* 44(2):189-193.
- Cregg, BM. 2004. Improving drought tolerance of trees: Theoretical and practical considerations. *Acta Horticulture* 630:147-156.
- Del Valle, R. 2006. Mejoramiento Convencional y Biotecnológico de los cambures y plátanos: Contribución a la seguridad alimentaria en el trópico. IX Congreso Venezolano de fruticultura. Barquisimeto, Venezuela. Memorias pp: 91-99.
- Di Benedetto, A; Togonetti, J. 2016. Técnica de análisis de crecimiento de plantas: Su aplicación a cultivos intensivos. Buenos Aires, Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 42(3):12-23.
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; González, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2017. Infostat (en línea, programa informático). Córdoba, Argentina. Universidad Nacional de Córdoba. Consultado 16 ago. 2018. Disponible en: <https://bit.ly/3l4HBjN>
- Emaldi, U; Trujillo, I; García, E. 2004. Comparison of characteristics of bananas (*Musa* sp.) from the somaclone CIEN BTA-03 and its parental clone Williams. *Fruits* (4): 257-263.
- Escalant, J; Sharrock, S; Frison, E. 2002. The genetic improvement of musa using conventional breeding and modern tools of molecular and cellular biology. INIBAP-PROMUSA. 12 p.
- FEDEAGRO (Confederación de Asociaciones de Productores Agropecuarios de Venezuela). 2019. Estadísticas agrícolas (en línea). Consultado 20 oct. 2019. Disponible en <http://bit.ly/2TBAaFB>
- Gallardo, Y; Brown, O; Williams, PW; Matamoros, Y; Rodríguez, I. 2017. Impactos provocados por la sequía agrícola en el cultivo de Plátano (*Musa*) en áreas del municipio Venezuela, Ciego de Ávila, Cuba. *Ciencia y Tecnología* 10(2): 9-18.
- Hernández-Muñoz, S; Pedraza-Santos, ME; López, PA; Cruz-Torres, E; Fernández-Pavía, S; Martínez-Palacios, P; Martínez-Trujillo, A. 2017. Determinación de la DL50 y GR 50 con rayos gamma (60Co) en protocormos de *Laelia autumnalis* *in vitro*. *Agrociencia* 51(5):507-524.
- Hernández-Muñoz, S; Pedraza-Santos, ME; López, PA; Gómez-Sanabria, JM; Morales-García, JL. 2019. Mutagenesis in the improvement of ornamental plants. *Revista Chapingo, Serie horticultura* 25(3):151-167.
- Leiva, M; Alvarado, Y; Acosta, M; Cruz, M; Roque, B; Mena, E. 2015. Components of resistance to assess Black Sigatoka response in artificially inoculated *Musa* genotypes. *Revista Protección Vegetal* 30: 60 – 69.
- López-Gómez, P; Youssef, M; Kú-Cauich, JR; Enríquez-Valencia, JA; Iracheta-Donjuan, L; Escobedo-Gracia, M. 2017. Organogénesis directa de yemas florales de *Musa* sp., y variación somaclonal evaluada por marcadores moleculares. *Agroproductividad* 10(8): 65-71.
- Luna-Flores, W; Estrada-Medina, H; Jiménez-Osornio, J; Pinzón-López, L. 2012. Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y

- eficiencia del uso del agua en plántulas de tres especies arbóreas caducifolias. *Terra Latinoamericana* 30(4):343-353.
- Machado, R. 2011. Caracterización morfológica y productiva de procedencias de *Jatropha curcas* L. *Revista Pastos y forrajes* 34: 267-280.
- Martínez, GA. 1984. Determinación del área mínima foliar en plátano en el trópico húmedo. *Colombia Revista ICA (Instituto Colombiano Agropecuario)* 19(2):183-187.
- Martínez, G; Delgado, E; Rodríguez, D; Hernández, J; Del Valle, R. 2008. Breve análisis sobre la producción de musáceas en Venezuela. *Producción Agropecuaria* 1(1):24-29.
- Olivares, B; Zingaretti, ML. 2018. Analysis of the meteorological drought in four agricultural localities of Venezuela through the combination of multivariate methods. *UNED Research Journal* 10 (1): 181-192.
- Olivares, B; Cortez, A; Parra, R; Lobo, D; Rodríguez, MF; Rey, JC. 2017. Evaluation of agricultural vulnerability to drought weather in different locations of Venezuela. *Revista Facultad Agronomía (LUZ)* 34(1):103-129.
- Olivares, B; Rey, JC; Lobo, D; Gómez, JA; Landa, BB. 2019. El cambio climático en zonas bananeras de la Región Central de Venezuela: El futuro de los bananos con un escenario hídrico incierto. III Simposio Venezolano de Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria. Memorias. Universidad Metropolitana. Caracas, Venezuela. p. 34-45.
- Ovalles, F; Cabrera-Bisbal, E; Cortez, A; Rodríguez, MF; Rey, JC; Comerma, J. 2005. Aproximación a los escenarios de adaptación al cambio climático del sector agrícola. Maracay, INIA. 146 p.
- Ovalles, F; Cortez, A; Rodríguez, MF; Rey, JC; Cabrera-Bisbal, E. 2008. Variación geográfica del impacto del cambio climático en el sector agrícola en Venezuela. *Agronomía Tropical* 58(1): 37-40.
- Peleg, Z; Apse, MP; Blumwald, E. 2011. Engineering Salinity and Water-Stress Tolerance in Crop Plants: Getting Closer to the Field. *Advances in Botanical Research* 57: 407-443.
- Pérez, N; Skeete, A; Rodríguez, D; Companioni, B. 2019. Aplicación de inductores de resistencia abióticos en banano para el control de *Fusarium* sp. *Universidad & Ciencia* 8 (1): 17-27.
- Potters, TP; Pasternak, Y; Guisez, K; Palme, J; Jansen, MA. 2007. Stress-induced morphogenic responses: growing out of trouble *Trends Plant Science* 12(3):99-105.
- Quispe Aguilar, A. 2019. Propagación del banano Gross Michel con diferentes técnicas de multiplicación en vivero en Belemkata Distrito de Echarati – La Convención-Cusco. Tesis de grado. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Agronomía Tropical. 89 p.
- Salazar, E. 2012. Proyecto OIEA RLA-5063 (ARCAL CXXVI). Programación 2012-2014 (en línea). Organismo Internacional de Energía Atómica. Consultado 15 mar. 2017. Disponible en <https://bit.ly/2lCxBqu>
- Salazar, E. 2014. Radiaciones ionizantes en *Musa AAA* para Inducción de mutaciones hacia la tolerancia a estrés hídrico. Tesis Doctoral, Maracay, Venezuela. Escuela Socialista de Agricultura Tropical (ESAT). 172 p.
- Salazar, E; Trujillo, I; Pérez Macías, M; Gutiérrez, MA; Castro, L; Vallejo, E; Torrealba, M. 2014. Respuesta fisiológica al estrés hídrico de plantas de banano cv. 'Pineo Gigante' (*Musa AA*) regeneradas a partir de yemas irradiadas. *Biotecnología Vegetal* 14(3): 155-162.
- Segura, C. 2016. Generación de un protocolo para inducir variantes genéticas en café (*Coffea arabica* L.) mediante inducción de mutaciones con el uso de agentes químicos (en línea). Tesis Licenciatura en Agronomía, San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. 98 p. Consultado 15 mar. 2017. Disponible en <https://bit.ly/3eAEihU>
- Singh, B; Singh, G. 2006. Effects of controlled irrigation on water potential, nitrogen uptake and biomass production in *Dalbergia sisso*

- seedlings. *Environmental Experimental Botanical* 55: 209-219.
- Thornton, P; Cramer, L. 2012. Impacts of climate change on the agricultural and aquatic systems and natural resources within the CGIAR's mandate. CCAFS CGIAR. Working Paper 23.
- Trujillo, I; García, E. 1996. Strategies for obtaining somaclonal variants resistant to yellow Sigatoka (*Mycosphaella musicola*). *Infomusa* 5(2):12-13.
- Trujillo, I; Hermoso, L.; García, E.1997. Caracterización estructural de clones de banano: resistentes y no resistentes a la Sigatoka Amarilla. *Anales Botánica Agrícola* 4:59-62.
- Varona, R. 2013. Efecto del riego deficitario controlado en la productividad del banano. *Revista Ciencias Técnica Agropecuaria* 22 (2): 51-53.

Comportamiento agronómico de cultivares de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) en la región central de Venezuela

Oralys León-Brito^{1*}, Catalina Ramis², Nicolas Valladares³, Jesús Rafael Méndez-Natera³, Carlos Marín¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), Maracay, Aragua, Venezuela. ²Universidad Central de Venezuela (UCV), Facultad de Agronomía (FAGRO), Instituto de Genética, Maracay, Aragua, Venezuela. ³Universidad de Oriente (UDO), Escuela de Ingeniería Agronómica. Maturín, Monagas, Venezuela. *Correo electrónico: oralys927@gmail.com

RESUMEN

En Venezuela, el cultivo y consumo de las leguminosas, principalmente, de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.), tiene una larga tradición histórica. Este rubro se produce en casi todos los estados del país. Con el objetivo determinar el comportamiento agronómico de cultivares de caraota en la región central de Venezuela, se sembraron 30 cultivares en cuatro ambientes: Samán Mocho 2010-11, Samán Mocho 2011-12, CENIAP y Zuata. Los ensayos se establecieron en un diseño de bloques al azar en arreglo alfa láttice de 10 x 3, con dos repeticiones. Se determinó la altura de planta (AP), el número de frutos por planta (NFP), número de semillas por vaina (NSV), peso de 100 semillas (P100S) y se estimó rendimiento (R). Se realizó el análisis de varianza con el programa estadístico GENES 1 y la comparación de medias por Duncan ($P < 0,05$). La interacción cultivar x ambiente resultó significativa para altura de planta, rendimiento y P100S. El NFP presentó diferencias significativas para ambientes y cultivares, mientras que el NSV mostró diferencias estadísticas entre cultivos. El rendimiento ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) estuvo influenciado por las condiciones de suelo, principalmente el contenido de materia orgánica; resaltándose el potencial genético de todos los cultivares en el ambiente Samán Mocho 2010-11, a excepción de la variedad comercial Magdalena. El mayor valor de P100S (23,8 g) lo reflejó el cultivar UCV-28, línea avanzada del programa de mejoramiento genético de la FAGRO-UCV y el menor valor fue de 3,4 g y lo mostró el cultivar local I-2368, ambos en la localidad de Zuata.

Palabras clave: caracteres de rendimiento, material genético, leguminosas de grano, rendimiento de cultivos.

Agronomic behavior of commun bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) in the central region of Venezuela

ABSTRACT

In Venezuela, the cultivation and consumption of legumes, mainly bean (*Phaseolus vulgaris* L.), has a long historical tradition. This item is produced in almost all the states of the country. In order to determine the agronomic behavior of bean cultivars in the central region of Venezuela, 30 cultivars were planted in four environments: Samán Mocho 2010-11, Samán Mocho 2011-12, CENIAP Aragua and Zuata. The trials were established in a randomized block design in a 10 x 3 alpha lattice arrangement, with two replications. The height of the plant (AP), the number of fruits per plant (NFP) were determined, number of seeds per pod (NSV), weight of 100 seeds (P100S) and yield (R) was estimated. The analysis of variance was carried out with the GENES 1 statistical program and the comparison of means by Duncan ($P < 0.05$). The cultivar x environment interaction was significant for plant height, yield and P100S. The NFP presented significant differences for environments and cultivars, while the NSV showed statistical differences between cultivars. The yield ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) was influenced by soil conditions, mainly the content of organic matter; highlighting the genetic potential of all cultivars in the environment Samán Mocho 2010-11, except for the commercial variety Magdalena. The highest value of P100S (23.8 g) was reflected by the cultivar UCV-28, an advanced line of the FAGRO-UCV genetic improvement program, and the lowest value was 3.4 g and was shown by the local cultivar I-2368, both in the town of Zuata.

Key words: yield components, genetic material, grain legumes, crop yield.

Recibido: 28/11/2018 - Aprobado: 24/04/2019

INTRODUCCIÓN

En el conjunto de las leguminosas comestibles, la caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las más importantes en el ámbito mundial; por su distribución en los cinco continentes y contribución como complemento nutricional en la dieta alimenticia. Esta leguminosa es un elemento de tradición primordial en América Latina y, en general, en muchos países en vías de desarrollo donde se cultiva. Esto, principalmente, por su valioso contenido en proteínas, minerales como hierro, calcio y zinc, polifenoles, α -galactósidos y fibra soluble, constituyéndose en un alimento beneficioso para la salud (Granito *et al.* 2006).

En Venezuela, el cultivo y consumo de las leguminosas, principalmente de caraota, tiene una larga tradición histórica, se produce en casi todos los estados del país (Pérez *et al.* 2018). El consumo per cápita de caraota fue de 3,8 kg/persona/año en el 2010, según cifras de Instituto Nacional de Nutrición (INN), reportadas por Fedeagro (2014). De acuerdo a las estadísticas del Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierra, en el año 2014, la producción de caraota fue de 6.191 t, con un rendimiento de 833 kg.ha⁻¹, en una superficie cosechada de 7.616 ha (MPPAT 2015). Las cifras reflejan que para cubrir la demanda de la población venezolana, proyectada en 31.838 millones de habitantes en el 2018 (INE 2018), es necesaria una producción de 120.946 t. Esto representa un déficit superior al 90 %, que el Estado cubre con importaciones. Es así como, para el periodo 2008-2010 se menciona la importación de aproximadamente 56.000 t anuales de leguminosas de grano, especialmente caraotas (Pérez *et al.* 2013).

Aunque el rubro cuenta con alto potencial productivo, éste se ve afectado por diversos factores, entre los que destacan: la existencia de muy pocos cultivares mejorados que sean accesibles a los agricultores y adaptados a las condiciones edafoclimáticas de las zonas de producción en el país; limitada disponibilidad de semillas de calidad; vulnerabilidad y riesgo a elementos ambientales, lo que trae consigo problemas de enfermedades, específicamente las pudriciones radicales causadas por hongos del suelo; la poca

atención que se presta al combate de las malezas durante el desarrollo del cultivo; en general, problemas de manejo agronómico del cultivo (Pérez *et al.* 2013, Pérez *et al.* 2018).

Los factores limitantes durante el desarrollo del cultivo de caraota, contribuyen a aumentar la diferencia entre el rendimiento potencial y real, comportamiento agronómico de mayor interés. Entre los factores directos, que influyen en el rendimiento, los de mayor importancia son el número de vainas por planta, el número de semillas por vaina y el peso del grano. Existen otros componentes de importancia, entre los que se encuentra la altura de la planta; sin embargo, se consideran como secundarios. De todos estos, el número de vainas por planta es el componente más correlacionado con el rendimiento (López y Ligarreto 2006).

La evaluación agronómica permite caracterizar el comportamiento de cultivares o especies en función del manejo que se les pueda dar, según los distintos ambientes del área de siembra. Esto se logra por la existencia de caracteres agronómicos en las plantas, conocidos desde otro punto de vista como marcadores morfológicos, que condicionan su manejo. Al evaluar el comportamiento de dichos caracteres, en distintos ambientes (localidades, épocas y años), se puede inferir y recomendar bajo ciertas condiciones algunos cultivares o especies para ciertas localidades. De esta manera, el objetivo del presente trabajo fue determinar el comportamiento agronómico de cultivares de caraota en la región central de Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal.

Se evaluaron 30 cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.), entre locales y mejorados (Cuadro 1). Los cultivares locales se encuentran en la Unidad de Conservación de Recursos Fitogenéticos (UCRFG) del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CENIAP) y en el Banco de Germoplasma de la Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía (UCV- FAGRO), Maracay, Venezuela.

Cuadro 1. Identificación de los 30 cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.) evaluados por su comportamiento agronómico en los estados Aragua y Carabobo, Venezuela. Periodos 2010-2011 y 2011-2012.

#	Identificación	Procedencia	
Cultivares locales			
1	I-2011/DP-02-98-008	Carabobo	
2	I-2019/MGM-02-99-006	Aragua	
3	I-2041/MEM-01-00-006	Lara	
4	I-2148/DP-03-01-026	Guárico	
5	I-2162/CQ-04-01-001	Trujillo	
6	I-2208/AB-02-01-017	Apure	Unidad de Conservación de Recursos Fitogenéticos (UCRFG) del INIA-CENIAP
7	I-2226/MGM-08-02-001	Sucre	
8	I-2254/MGM-08-02-056	Sucre	
9	I-2363/MGM-10-02-097	Mérida	
10	I-2368/MGM-10-02-102	Mérida	
11	I-2494/DON-12-06-010	Lara	
12	El Chino	Aragua	Banco de Germoplasma FAGRO-UCV
Lineas avanzadas			
13	Gen-3/DOR-440 x RIZ-86 (SA016F2-1-1-MS-6-3)	Programa de Mejoramiento Genético del INIA-CENIAP	
14	Gen-10/EMP-414 x NAG-8 (SA018F2-3-4-1-3-1-2)		
15	Gen-12/EMP-414 x NAG-8 (SA018F2-3-5-MS-MS-MS)		
16	Gen-16/XAN-222 x DOR-470 (SA024F2-19-2-5-10-6-3-2)		
17	Gen-18/(EMP-414 x DOR-500 (SA029F2-MS-MS-MS-MS)		
18	Gen-19/SEL-13		
19	UCV- 27/XAN154 x MEM3031013F2:7	Programa de Mejoramiento Genético de la FAGRO-UCV Maracay	
20	UCV- 28/XAN154 x MEM3031013F2:7		
21	UCV- 56/XAN154 x MEM3031013F2:7		
22	UCV- 88/XAN154 x MEM3031013F2:7		
23	UCV- 96/XAN154 x MEM3031013F2:7		
24	UCV- 100/XAN154 x MEM3031013F2:7		
Cultivares comerciales			
25	Magdaleno	SEHIVECA-Privado	
26	Tacarigua (Línea: Ven 44, Año: 1972)*	Selección individual en Ven 44*	
27	Corocito	SEFLOARCA-Privado	
28	Tenerife (Línea: ICA Pijao, Año: 1994)*	Porrillo Sintético x Mex 11*	
29	Montalbán (Línea: BAT 58, Año: 1988)*	(G3664 x G4215) x (G4525 x G4485)*	
30	Manuare (Línea: BAT 304, Año: 1990)*	G4495 X G5711*	

*Fuente: Elaborado con base en Voysest 2000.

Estos son provenientes de colectas en siembras de pequeños agricultores, en diversas localidades del país. Los cultivares mejorados corresponden a líneas avanzadas del Programa de Mejoramiento Genético de las instituciones antes mencionadas; así como, a las variedades comerciales más sembradas en Venezuela. Estos cultivares de caraota se seleccionaron, primordialmente, por el color de la semilla, siendo todas negras. En el caso de los cultivares locales se escogieron los provenientes de las principales zonas de producción de caraota del país, considerados por los agricultores de buena adaptación y rendimiento.

Ubicación y características de los ambientes donde se establecieron los ensayos de campo

Los ambientes estuvieron definidos por cada localidad y año de evaluación, por lo que se generaron cuatro ambientes descritos en el Cuadro 2. Las localidades correspondieron a la Estación Experimental "Samán Mocho", situada en las cercanías de la población de Tacarigua, municipio Carlos Arvelo, estado Carabobo; Campo Experimental del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuaria (CENIAP) del INIA, Av. Universidad, vía El Limón, municipio Mario Briceño Iragorry y Zuata, Sector Punta del Monte, Embalse de Zuata, en el estado Aragua.

Previo al establecimiento de los ensayos, en cada ambiente, se practicaron los análisis de suelo de las áreas de siembra, para determinar sus características físicas y químicas (Cuadro 3). Estos se efectuaron en la Unidad de Servicio de Análisis de Suelo-Agua-Planta del INIA-CENIAP, para el caso de las muestras de Samán Mocho, ciclo norte-verano 2010-2011 y del Campo Experimental INIA-CENIAP en Maracay, ciclo norte-verano 2011-2012. Las muestras de Samán Mocho y Zuata correspondientes al ciclo norte-verano 2011-2012 se analizaron en el Laboratorio General de Suelos, Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, UCV. Los resultados mostrados constituyen condiciones adecuadas de suelos, para la siembra del cultivo de la caraota (Acevedo 2003, Pérez *et al.* 2013), por lo que no se esperaba limitaciones por fertilidad o textura del suelo para la producción.

Cuadro 2. Ubicación y características generales de los ambientes donde se establecieron los ensayos de caraota (*P. vulgaris* L.).

Localidad / Época / Año	Latitud / Longitud	Altitud (m.s.n.m)	Siembra / Cosecha
Samán Mocho norte-verano 2010-11	10° 05'58"N 67°51'40"W	425	01-11-2010 08-02-2011
Samán Mocho norte-verano 2011-12	10°05'58"N 67°51'40"W	425	02-11-2011 23-01-2012
CENIAP-Aragua norte-verano 2011-12	10°17'14"N 67°36'02"W	480	12-12-2011 21-03-2012
Zuata norte-verano 2011-12	10°13'40"N 67°20'01"W	550	26-10-2011 13-01-2012

Elaborado con base en Unidad de Servicios Integrados Climatológicos para la Investigación en Agricultura y Ambiente (USICLIMA). Cátedra de Climatología Agrícola, UCV-Facultad de Agronomía (2010) y Estación Agrometeorológica INIA-CENIAP.

Durante el período de los ensayos se realizó un registro semanal de los datos climáticos para las variables; precipitación (mm); evaporación (mm); temperatura (°C) máxima, mínima y media; humedad relativa (%) máxima, mínima y media; e insolación (horas luz). Para los ambientes Samán Mocho 2010-11 (Figuras 1 y 2) y Samán Mocho 2011-12 (Figuras 3 y 4), se contó con el apoyo de la estación climatológica de la EE "Samán Mocho", de la UCV- FAGRO, estado Carabobo.

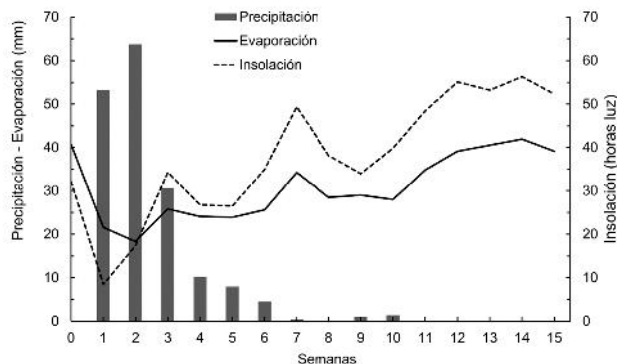


Figura 1. Condiciones de precipitación, evaporación e insolación durante los ensayos de caraota (*P. vulgaris* L.) en Samán Mocho 2010-11, Carabobo.

Cuadro 3. Análisis físicos-químicos de suelos de los ambientes donde se establecieron los ensayos de caraota (*P. vulgaris* L.).

Localidad	Samán Mocho 2010-11 ¹	Samán Mocho 2011-12 ²	CENIAP Aragua ¹	Zuata ²
Análisis Físico				
Arena (%)	32	32	50	48
Limo (%)	36	35,6	32	37,6
Arcilla (%)	32	32,4	18	14,4
Textura	Franco-Arcilloso	Franco-Arcilloso	Franco	Franco
Análisis Químico				
Fósforo (mg.kg ⁻¹)	52 (Alto)	193,64 (Muy alto)	32 (Alto)	374,66(Muy alto)
Potasio (mg.kg ⁻¹)	130 (Alto)	92 (Medio)	99 (Medio)	204,8(Muy alto)
Calcio (mg.kg ⁻¹)	2000 (Alto)	3138,4 (Muy alto)	588 (Alto)	1741,6 (Alto)
Sodio	-	44,8 (Bajo)	-	23,2 (Bajo)
Magnesio (mg.kg ⁻¹)	200 (Alto)	464 (Muy alto)	mayor a 200 (Alto)	43,2 (Medio)
Materia Orgánica (%)	7,54 (Alta)	12,21 (Muy alto)	2,66(Media)	2,24 (Media)
pH	7,20	7,58	6,50	5,56
Conductividad Eléctrica (dS.m ⁻¹)	0,44 (Media)	0,33 (Baja)	0,11 (Baja)	0,35 (Baja)

Elaborado con base en informes emitidos por: ¹Unidad de Servicio de Análisis de Suelo-Agua-Planta del CENIAP-INIA, Aragua. ²Laboratorio General de Suelos, Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, UCV.

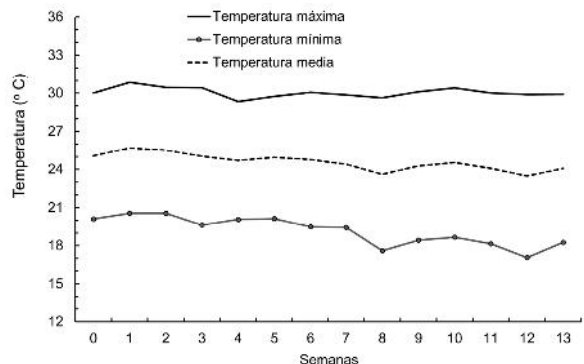
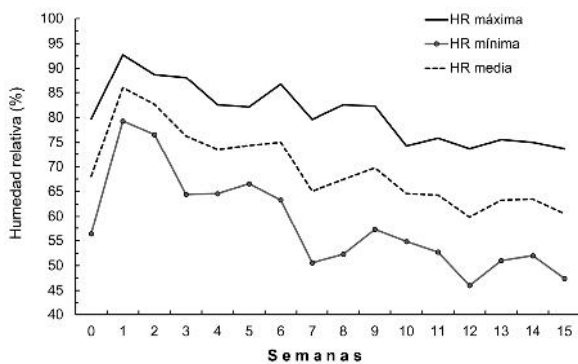
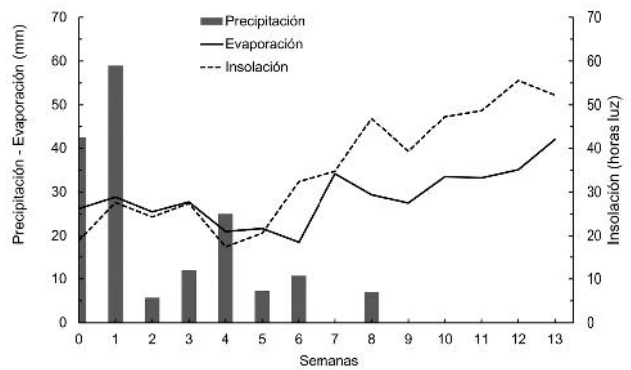
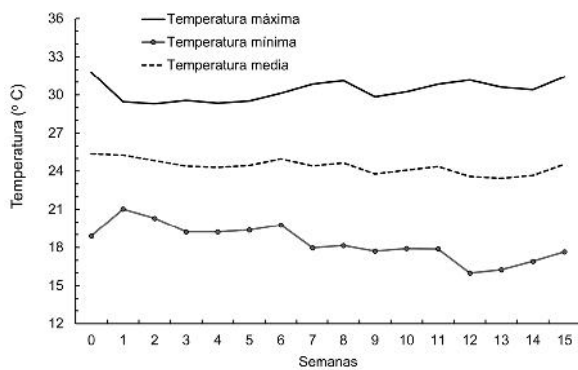


Figura 2. Condiciones de temperatura y humedad durante los ensayos de caraota (*P. vulgaris* L.) en Saman Mocho 2010-11, Carabobo.

Figura 3. Condiciones de precipitación, evaporación, insolución y temperatura durante los ensayos de caraota (*P. vulgaris* L.) en Saman Mocho 2011-12, Carabobo.

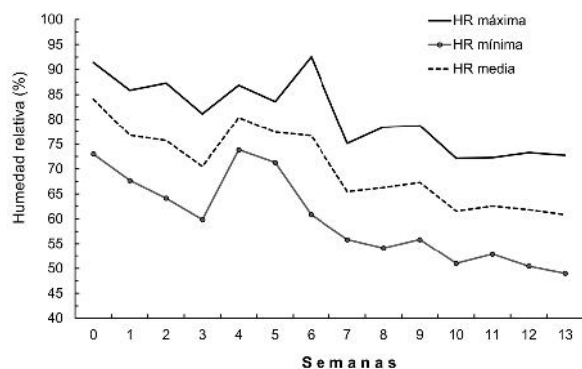


Figura 4. Condiciones de humedad durante los ensayos de caraota (*P. vulgaris* L.) en Saman Mocho 2011-12, Carabobo.

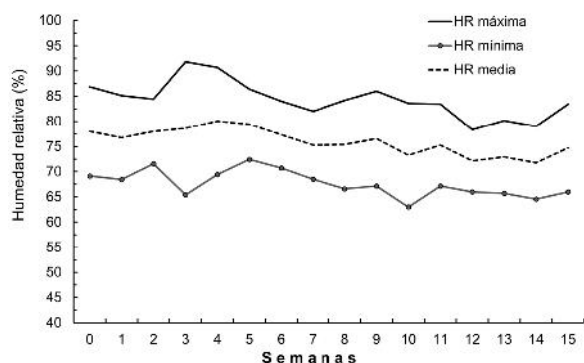


Figura 6. Condiciones de humedad durante los ensayos de caraota (*P. vulgaris* L.) en CENIAP, Aragua.

Para el ambiente CENIAP Aragua (Figuras 5 y 6), la información climática se obtuvo de la Red Agrometeorológica del INIA, Estación INIA-CENIAP en Maracay, estado Aragua. En el caso del ambiente en Zuata no se encontró información climatológica.

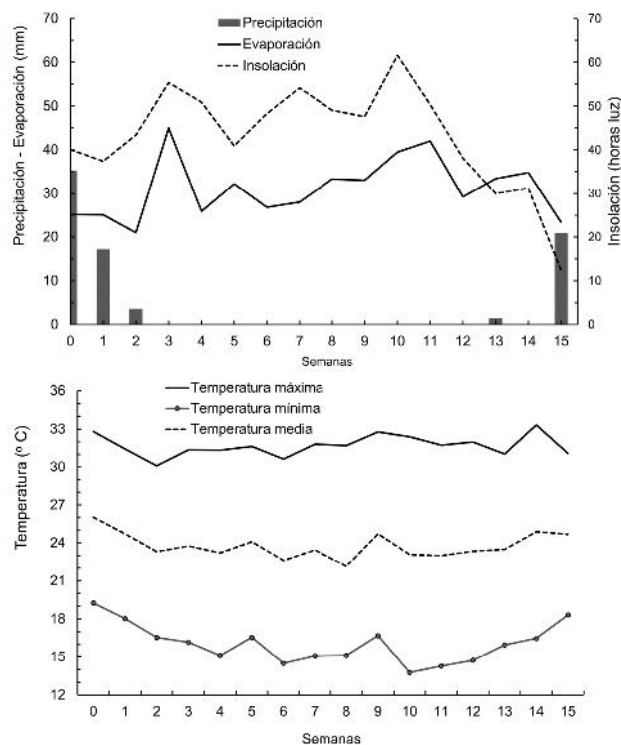


Figura 5. Condiciones de precipitación, evaporación, insolación y temperatura durante los ensayos de caraota (*P. vulgaris* L.) en CENIAP, Aragua.

Diseño Experimental

En todos los ambientes, los ensayos se establecieron en un diseño de bloques al azar en arreglo alfa láttice de 10 x 3, con dos repeticiones. La escogencia del arreglo se basó en el alto número de cultivares que se evaluaron y el tamaño de la unidad experimental que, dependiendo del suelo y el manejo agronómico, pudieran limitar la condición de uniformidad dentro de las repeticiones. Con el uso del arreglo de cultivares y bloques en alfa láttice, la posible desuniformidad dentro de cada repetición se puede distribuir entre los bloques.

Unidad Experimental

Las unidades experimentales estuvieron conformadas por cuatro hileras en camellones de 3 m de largo, con una separación entre hilo de 0,60 m y 0,20 m entre plantas, para un área de parcela de 7,2 m². Los cultivares se sembraron aleatoriamente en las parcelas. Las evaluaciones se realizaron en los dos hilos centrales de cada parcela (3,6 m²).

Manejo Agronómico

La preparación del suelo se realizó según las labores que ejecutan los agricultores de caraota en cada zona, con tres pases de rastra y surcadora para la preparación de los camellones. En la siembra, se colocaron tres semillas por punto; luego de la emergencia se entresacaron para dejar una densidad de 10 plantas por metro lineal, para una población final de 166.667 plantas.ha⁻¹. Al momento de la siembra se aplicó fertilizante de fórmula completa 15-15-15 en Samán Mocho

2010-11 y Zuata; 10-20-20 en Samán Mocho 2011-12 y CENIAP Aragua, a razón de 300 kg.ha⁻¹. Se re-abono con urea en una proporción de 50 kg.ha⁻¹, antes de la floración (20 días después de la siembra). La fertilización se aplicó en bandas superficiales a chorro corrido y luego se aporcó. En Samán Mocho 2010-11 y CENIAP Aragua, fue necesario aplicar abono foliar (Nitrofoska) a razón de 2 L.ha⁻¹, a los 28 días después de la siembra; a fin de, inducir el crecimiento del follaje de las plantas, debido a su pérdida por una alta incidencia de coquitos perforadores (Coleoptera:Chrysomelidae).

Para suplir la demanda de agua del cultivo se aplicó riego complementario, con una lámina de agua suficiente para mojar adecuadamente el terreno. Se utilizaron los equipos de riego disponibles en las áreas de siembra. En Zuata se aplicó riego por aspersión y en los ambientes Samán Mocho 2010-11, Samán Mocho 2011-12 y CENIAP Aragua por gravedad.

Para el control de malezas, al momento de la siembra, se aplicó la combinación de Pendimetalin y Linurón, como herbicidas pre-emergentes, en dosis de 3 L.ha⁻¹ y ½ L.ha⁻¹, respectivamente. Antes de la floración y del reabono con urea (abono nitrogenado) se aplicaron los herbicidas post-emergentes R-2-[4-(5-trifluorometil-2-piridiloxo) fenoxiac.propiónico], Fomesafen y Bentazone, en dosis de 2 L.ha⁻¹, 1 L.ha⁻¹ y 2 L.ha⁻¹, respectivamente. En el caso, de los ensayos de Samán Mocho 2011-12 y Zuata también se realizó una limpieza manual con machete. En Samán Mocho 2011-12 y CENIAP Aragua se presentó una alta incidencia de coquitos perforadores (Coleoptera: Chrysomelidae), que se controlaron con la aplicación de Metomil al 90 %, a razón de 1 L.ha⁻¹, a los 23 días después de la siembra.

Características agronómicas evaluadas

Se midió la altura de planta en centímetros, al comienzo de la madurez fisiológica, en 10 plantas tomadas al azar, desde la cicatriz de los cotiledones hasta el dosel de la planta. Al momento de la cosecha se tomaron 10 plantas al azar de las dos hileras centrales de cada unidad experimental y se determinó el número promedio de frutos por planta

(NFP); número promedio de semillas por vaina (NSV) y peso promedio de 100 semillas (P100S) ajustadas al 12 % de humedad.

Al momento de la cosecha, cuando los frutos (vainas) estaban en madurez comercial, se contaron el número total de plantas de las dos hileras centrales de la parcela. Se cosecharon todos los frutos, los cuales se contaron, pesaron y se trillaron. Las semillas se pesaron, y se determinó el porcentaje de humedad. De esta manera se calculó el rendimiento en gramos por planta y se estimó en kg.ha⁻¹ ajustado al 12 % humedad.

Análisis Estadístico

Se realizó el análisis de varianza, previa evaluación del cumplimiento de los supuestos. Para el análisis se utilizó un modelo de efectos fijos, considerando cultivares y ambientes fijos, a través del programa estadístico GENES 1. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan, a un nivel de probabilidad de 5 %, en aquellas variables que presentaron diferencias significativas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectó interacción cultivar (C) x ambiente (A) en las variables AP (cm), R (kg ha⁻¹) y P100S. En el caso de NFP, se observó diferencias significativas para ambiente y cultivares; mientras que, el NSV solo presentó diferencias significativas para el efecto del cultivares (Cuadro 4).

Altura de Planta (AP)

La interacción CxA resultó altamente significativa para la altura de planta (Cuadro 4), lo que indica un comportamiento distinto de los cultivares en los diferentes ambientes. Las menores alturas de planta correspondieron a los cultivares UCV-27 y UCV-56 en el ambiente Zuata; comportándose estadísticamente similares en el ambiente CENIAP, con diferencias respecto a los ambientes Samán Mocho, donde presentaron alturas mayores y similares (Cuadro 5).

Las mayores alturas, se observaron en el ambiente Samán Mocho 2010-11 y las presentaron los cultivares I-2011, I-2254 y Manuare, con valores de

Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de la varianza para; altura de plantas (AP), rendimiento (R) número de frutos por planta (NFP), número de semillas por vaina (NSV) y peso de 100 semillas (P100S), de 30 cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.), en cuatro ambientes.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados medios				
		AP	R	NFP	NSV	P100S
Ambiente (A)	3	55.591,03**	2,94 x 10 ⁷ *	2349,11*	1,03ns	89,76ns
Repetición(Ambiente)	4	836,37	2.248,52	305,20	2,60	67,10
Cultivares (C)	29	1.186,88**	221,94ns	46,56*	1,04**	29,24**
C x A	87	393,37**	231.714*	32,71ns	0,51ns	14,84*
Error	116	193,51	158.061	27,00	0,41	10,63
CV (%)		16,92	40,55	31,20	14,54	20,63

*: Diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0,05$); **: altamente significativa ($P \leq 0,01$), ns: no significativa. CV: Coeficiente de Variación

141,1; 144,7 y 146,0 cm, respectivamente; con un comportamiento estadísticamente similar, entre las mismas. El cultivar I-2011 tuvo un comportamiento estadísticamente similar entre Samán Mocho 2010-11 y Samán Mocho 2011-12, siendo diferente con respecto a los ambientes CENIAP Aragua y Zuata, donde presentó menores alturas (48,5 y 49,1 cm, respectivamente), las cuales fueron similares. El comportamiento del cultivar I-2254 fue similar con respecto a Samán Mocho 2010-11 y CENIAP Aragua, pero diferente a Zuata, donde presentó el menor valor de AP (47,8 cm). En el caso de Manuare, se conformaron cuatro grupos estadísticamente diferentes de AP, ubicándose cada ambiente en un grupo. De esta manera, ordenados en forma creciente, la AP (50,9 cm) de Zuata se ubicó en un primer grupo; la del CENIAP Aragua (92,4 cm) en un segundo grupo; de Samán Mocho 2011-12 (114,6 cm) en el grupo tres y en el grupo cuatro la AP (146,0 cm) de Samán Mocho 2010-11.

Las menores alturas se observaron en los ambientes con porcentaje medio de materia orgánica, como es el caso de CENIAP y Zuata. Los cultivares que mostraron las menores alturas son provenientes del programa de mejoramiento genético de la FAGRO-UCV; sin embargo, los mismos expresaron alturas superiores en los ambientes

con alto contenido de materia orgánica en el suelo, como es el caso de Samán Mocho.

Madriz (2009), analizando la altura de planta de diez cultivares de caraota, en ocho ambientes donde estaba incluido Samán Mocho, encontró una altura de 35,9 cm, para las dos variedades comerciales, Magdaleno y Tacarigua. En las seis selecciones del programa de mejoramiento genético de leguminosas del INIA CENIAP, se observaron alturas desde 45 cm hasta 67,38 cm. Estos resultados difieren de los obtenidos en esta investigación para las variedades Tacarigua y Magdaleno, donde la AP fue superior. Mientras que, el rango de AP es cercano al encontrado en las seis líneas avanzadas del programa de mejoramiento del INIA-CENIAP, en dos de los ambientes (CENIAP Aragua y Zuata).

Rendimiento (R)

Se observa que los rendimientos superiores se ubicaron en Samán Mocho 2010-11, donde se destacaron los cultivares I-2363, Gen-16 e I-2254 con 2.895,3; 2.868,9 y 2.759,0 kg.ha⁻¹, respectivamente. Sin embargo, estos presentaron un comportamiento estadísticamente diferente a los otros ambientes, en los que mostraron tendencias a obtener rendimientos inferiores (Cuadro 6). El cultivar Magdaleno mostró un comportamiento

Cuadro 5. Comparación de medias para la interacción cultivar por ambiente en altura de plantas (AP) de caraota (*P. vulgaris* L.).

Cultivar	AP (cm)				Promedio
	Samán Mocho 2010-11	Samán Mocho 2011-12	CENIAP	Zuata	
I-2011	141,1 ^z	107,8 ^{q-z}	48,5 ^{a-f}	49,1 ^{a-f}	86,6
I-2019	90,9 ^{h-u}	107,7 ^{q-z}	55,7 ^{a-h}	54,3 ^{a-e}	77,2
I-2041	118,5 ^{u-z}	99,3 ^{n-x}	100,5 ^{n-x}	95,0 ^{l-x}	103,3
I-2148	109,8 ^{r-z}	103,5 ^{o-y}	69,2 ^{b-p}	73,1 ^{c-q}	88,9
I-2162	113,2 ^{t-z}	106,4 ^{q-z}	58,6 ^{a-k}	60,1 ^{a-l}	84,6
I-2208	117,9 ^{t-z}	90,1 ^{g-u}	43,5 ^{a-d}	39,2 ^{a-c}	76,4
I-2226	122,2 ^{x-z}	94,1 ^{k-u}	59,3 ^{a-l}	54,1 ^{a-g}	78,7
I-2254	144,7 ^z	123,3 ^{x-z}	94,0 ^{k-u}	47,8 ^{a-e}	102,4
I-2363	123,0 ^{x-z}	92,5 ^{j-u}	62,2 ^{a-m}	60,1 ^{a-l}	84,4
I-2368	121,2 ^{x-z}	89,7 ^{g-u}	84,3 ^{f-u}	56,2 ^{a-i}	87,8
I-2494	136,6 ^{y-z}	118,5 ^{u-z}	92,1 ^{i-u}	58,9 ^{a-l}	101,5
El Chino	113,2 ^{t-z}	113,9 ^{t-z}	52,2 ^{a-f}	56,5 ^{a-r}	83,9
Gen-3	100,7 ^{n-x}	94,5 ^{k-u}	45,3 ^{a-d}	43,4 ^{a-d}	71,0
Gen-10	105,6 ^{q-z}	92,6 ^{k-u}	40,4 ^{a-d}	43,2 ^{a-d}	70,4
Gen-12	109,7 ^{r-z}	62,2 ^{a-m}	42,8 ^{a-d}	42,9 ^{a-d}	64,4
Gen-16	115,6 ^{t-z}	99,4 ^{n-x}	44,0 ^{a-d}	35,3 ^{a-b}	73,6
Gen-18	122,5 ^{x-z}	106,3 ^{q-z}	51,4 ^{a-f}	38,7 ^{a-c}	79,7
Gen-19	90,8 ^{h-u}	89,1 ^{g-u}	68,7 ^{b-o}	35,5 ^{a-b}	71,0
UCV-27	127,2 ^{x-z}	106,6 ^{q-z}	50,3 ^{a-f}	26,9 ^a	77,7
UCV-28	93,8 ^{k-u}	105,3 ^{f-z}	49,2 ^{a-f}	46,3 ^{a-e}	73,6
UCV-56	97,1 ^{m-x}	99,6 ^{n-x}	45,8 ^{a-e}	27,1 ^a	67,4
UCV-88	111,4 ^{s-z}	103,7 ^{o-y}	34,7 ^{a-b}	43,5 ^{a-d}	73,3
UCV-96	130,9 ^{x-z}	104,1 ^{o-y}	43,4 ^{a-d}	34,9 ^{a-b}	78,3
UCV-100	113,0 ^{s-z}	118,2 ^{u-z}	43,5 ^{a-d}	40,8 ^{a-d}	78,9
Magdaleno	117,1 ^{t-z}	81,7 ^{e-t}	93,2 ^{k-u}	76,7 ^{d-s}	90,4
Tacarigua	92,2 ^{i-u}	74,8 ^{c-r}	68,1 ^{b-o}	52,7 ^{a-f}	71,6
Corocito	98,8 ^{n-x}	97,4 ^{m-x}	66,7 ^{b-n}	36,0 ^{a-b}	74,7
Tenerife	98,8 ^{n-x}	111,1 ^{r-z}	54,6 ^{a-g}	46,3 ^{a-e}	77,7
Montalban	125,2 ^{x-z}	112,8 ^{s-z}	105,6 ^{q-z}	112,4 ^{s-z}	114,0
Manuare	146,0 ^z	114,6 ^{t-z}	92,4 ^{c-u}	50,9 ^{a-f}	101,0
Promedio	114,9	100,7	62	51,2	
CV (%)	11,51	17,93	15,71	26,07	

Letras iguales indican promedios estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

Cuadro 6. Comparación de medias para interacción cultivar de por ambiente para la variable rendimiento (R) en kg.ha⁻¹ de caraota (*P. vulgaris* L.).

Cultivar	R (kg.ha ⁻¹)				Promedio
	Samán Mocho 2010-11	Samán Mocho 2011-12	CENIAP	Zuata	
I-2011	2.397,9 ^{a-c}	1.623,1 ^{a-o}	291,9 ^{r-u}	207,2 ^{s-u}	1.130,02
I-2019	1.113,1 ^{f-u}	1.272,3 ^{c-t}	735,5 ^{j-u}	372,9 ^{q-u}	873,46
I-2041	2.317,5 ^{a-e}	1.378,2 ^{b-s}	645,3 ^{k-u}	551,0 ^{n-u}	1.222,98
I-2148	1.766,3 ^{a-m}	740,5 ^{r-u}	641,9 ^{k-u}	642,0 ^{k-u}	947,69
I-2162	1.247,4 ^{c-t}	959,5 ^{g-u}	431,9 ^{p-u}	593,4 ^{m-u}	808,06
I-2208	2.087,9 ^{a-g}	1.238,2 ^{c-t}	371,7 ^{q-u}	423,4 ^{p-u}	1.030,32
I-2226	2.374,7 ^{a-d}	513,0 ^{n-u}	384,9 ^{p-u}	522,8 ^{n-u}	948,86
I-2254	2.759,0 ^a	908,9 ^{g-u}	687,9 ^{k-u}	455,3 ^{o-u}	1.202,79
I-2363	2.895,3 ^a	904,6 ^{g-u}	570,7 ^{n-u}	323,3 ^{r-u}	1.173,45
I-2368	2.214,4 ^{a-f}	465,4 ^{o-u}	393,5 ^{p-u}	292,0 ^{r-u}	841,36
I-2494	1.958,7 ^{a-i}	1.433,9 ^{b-r}	936,5 ^{g-u}	655,9 ^{k-u}	1.246,23
El Chino	1.085,1 ^{f-u}	1.201,5 ^{d-u}	507,9 ^{n-u}	443,1 ^{o-u}	809,40
Gen-3	1.255,8 ^{c-t}	1.339,1 ^{b-t}	364,2 ^{q-u}	541,5 ^{n-u}	875,19
Gen-10	2.004,7 ^{a-h}	715,1 ^{k-u}	433,6 ^{p-u}	414,1 ^{p-u}	891,89
Gen-12	1.945,6 ^{a-i}	638,2 ^{k-u}	521,7 ^{n-u}	478,7 ^{n-u}	896,06
Gen-16	2.868,9 ^a	1.561,9 ^{b-p}	431,0 ^{p-u}	177,9 ^{t-u}	1.259,94
Gen-18	2.003,9 ^{a-h}	860,9 ^{h-u}	617,5 ^{l-u}	491,5 ^{n-u}	918,43
Gen-19	1.791,7 ^{a-l}	970,9 ^{g-u}	674,5 ^{k-u}	275,4 ^{r-u}	928,12
UCV-27	1.445,8 ^{b-r}	1.123,3 ^{f-u}	529,4 ^{n-u}	40,7 ^u	784,82
UCV-28	1.821,3 ^{a-k}	239,3 ^{s-u}	556,1 ^{n-u}	343,2 ^{r-u}	739,96
UCV-56	2.471,0 ^{a-b}	1.071,5 ^{f-u}	527,0 ^{n-u}	339,8 ^{r-u}	1.102,32
UCV-88	2.456,3 ^{a-b}	1.028,6 ^{g-u}	453,4 ^{o-u}	487,0 ^{n-u}	1.106,32
UCV-96	2.214,8 ^{a-f}	1.560,2 ^{b-p}	489,7 ^{n-u}	248,5 ^{s-u}	1.128,29
UCV-100	2.353,6 ^{a-d}	1.109,5 ^{f-u}	464,4 ^{o-u}	476,2 ^{n-u}	1.100,93
Magdaleno	567,9 ^{n-u}	704,4 ^{k-u}	618,1 ^{l-u}	500,5 ^{n-u}	597,74
Tacarigua	2.052,6 ^{a-g}	832,8 ^{h-u}	548,1 ^{n-t}	443,3 ^{o-u}	969,18
Corocito	1.904,9 ^{a-j}	1.321,1 ^{b-t}	599,6 ^{m-u}	657,2 ^{k-t}	1.120,70
Tenerife	1.660,2 ^{a-n}	995,5 ^{g-u}	561,0 ^{n-u}	203,4 ^{s-u}	855,01
Montalban	1.545,8 ^{b-q}	782,2 ^{i-u}	392,1 ^{p-u}	644,9 ^{k-u}	841,26
Manuare	2.045,5 ^{a-g}	1.152,4 ^{e-u}	516,9 ^{n-u}	243,5 ^{s-u}	989,56
Promedio	1.954,2	1.021,5	519,9	416,3	978,01
CV (%)	33,61	29,63	24,57	73,01	

Letras iguales indican promedios estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

estadísticamente similar, en los cuatro ambientes. Es decir, que independientemente de las mejoras ambientales mantuvo un rendimiento estable, aunque estuvo muy por debajo de la media general de los ambientes (978,01 kg.ha⁻¹).

El rendimiento más bajo lo reflejó la línea avanzada UCV-27, en el ambiente de Zuata, con 40 kg.ha⁻¹. Este resultado, probablemente se correspondió a causas de manejo y bajo contenido de materia orgánica del suelo; por cuanto en los ambientes Samán Mocho 2010-11 y Samán Mocho 2011-12 los rendimientos fueron muy superiores, con 1.445,8 y 1.123,3 kg.ha⁻¹, respectivamente. En el ambiente CENIAP Aragua, aunque el rendimiento fue menor a los ambientes anteriores, en 36,62 y 47,13 %, respectivamente, superó en 92 % al resultado en el ambiente Zuata.

El 70 % de los cultivares presentaron un comportamiento lineal y decreciente, entre los ambientes, desde Samán Mocho 2010-11 hasta Zuata. El 26,67 % mostró, en su mayoría un rendimiento decreciente, desde Samán Mocho 2010-11 hasta CENIAP Aragua, con un aumento ligeramente superior en Zuata; aunque tuvieron un comportamiento estadísticamente similar en Samán Mocho 2011-12, CENIAP Aragua y Zuata, siendo diferente e inferior sus rendimientos con respecto a Samán Mocho 2010-11. En este grupo se incluyen los cultivares I-2162, I-2208, I-2226, Gen-3, UCV-88, UCV-100, Corocito y Montalban. El 3,33 % restante lo representó el cultivar Magdaleno, con un ligero aumento de su rendimiento desde el Samán Mocho 2010-11 hasta Samán Mocho 2011-12 y posterior disminución en CENIAP Aragua y Zuata.

En general, en el ambiente Samán Mocho 2010-11 los cultivares mostraron un alto potencial de rendimiento, seguido del ambiente Samán Mocho 2011-12; mientras que, en los ambientes CENIAP Aragua y Zuata hubo una disminución de los mismos, con las excepciones ya presentadas. Al relacionar estos resultados con las condiciones climáticas (Figuras 1 - 6), que fueron semejantes en todos los ambientes; donde además se aplicó riego complementario, se puede inferir que las condiciones, principalmente de requerimiento de agua, no limitaron el rendimiento de los cultivares.

Con referencia a la situación de los suelos, el pH y materia orgánica varió de acuerdo al ambiente, siendo superior en Samán Mocho 2010-11 y Samán Mocho 2011-12 con respecto a CENIAP Aragua y Zuata (Cuadro 3); esto posiblemente influyó en los resultados. Es importante señalar que el rendimiento de cualquier cultivo depende de factores ambientales, manejo agronómico y de sus características genéticas (Lobell et al. 2009).

Número de Frutos por Planta (NFP)

La variable número de frutos por planta presentó diferencias significativas para ambiente y cultivares. El NFP resultó ser estadísticamente igual en los ambientes Samán Mocho 2010-11 (25,1) y Samán Mocho 2011-12 (17,6); mientras que, en CENIAP Aragua (12,1) y Zuata (11,8) estuvieron en un segundo grupo, siendo ambos iguales al NFP en Samán Mocho 2011-12, pero inferiores al obtenido en Samán Mocho 2010-11 (Cuadro 7).

En la prueba de media de los cultivares se observa la conformación de siete grupos para los valores de las medias del NFP. Los cultivares de mayor número de frutos por planta estuvieron en los dos primeros grupos, representados por I-2162 e I-2492 con valores de 21,5 y 20,4, respectivamente. Seguidamente, el grupo 3 con un rango de 18,2 hasta 19,00 NFP, integrado por los cultivares locales I-2208, I-2254 e I-2368 y las líneas avanzadas UCV-88, UCV-96 y UCV-100. El grupo más numeroso fue el 4, con un rango de 15,2 hasta 17,6 NFP. Este grupo lo conformaron cuatro cultivares locales, tres y dos líneas avanzadas del INIA-CENIAP y FAGRO-UCV, respectivamente, y dos variedades comerciales. El cultivar I-2019 presentó el menor NFP (11,7) y se ubicó en el último grupo. Igualmente, el grupo 5 lo representó sólo por el Gen-10, con 14,6 NFP.

En un estudio de la respuesta agronómica de 12 cultivares de frijol común (*P. vulgaris* L.) de reciente introducción en Cuba, de la Fé Montenegro *et al.* (2016), encontraron una variaron de 24,30 a 8,60 del número de vainas por planta.

El número de frutos de los ambientes más productivos, ambos en Samán Mocho, fueron superiores a los obtenidos por Madriz (2009), en la misma localidad; quien señaló que esta

Cuadro 7. Prueba de comparación de medias de Duncan para número de frutos por planta (NFP) de cada ambiente y cultivar de caraota (*P. vulgaris* L.) evaluado.

Cultivar	NFP					Promedio	Grupos
	Samán Mocho 2010-11	Samán Mocho 2011-12	CENIAP	Zuata			
I-2011	21,20	17,40	6,90	10,41		14,0 ^{cd}	6
I-2019	12,50	11,90	13,10	9,35		11,7 ^d	7
I-2041	20,85	21,75	11,70	14,30		17,2 ^{abcd}	4
I-2148	22,85	17,80	12,25	17,30		17,6 ^{abcd}	4
I-2162	25,45	23,40	16,55	20,60		21,5 ^a	1
I-2208	32,10	19,80	10,20	10,60		18,2 ^{abc}	3
I-2226	23,05	11,30	14,50	21,50		17,6 ^{abcd}	4
I-2254	23,30	21,25	14,60	13,65		18,2 ^{abc}	3
I-2363	25,65	14,00	11,60	9,35		15,2 ^{abcd}	4
I-2368	27,70	14,85	13,60	18,11		18,6 ^{abc}	3
I-2494	28,45	25,05	15,00	13,15		20,4 ^{ab}	2
El Chino	16,15	16,75	9,85	10,95		13,4 ^{cd}	6
Gen-3	24,90	20,20	10,80	9,45		16,3 ^{abcd}	4
Gen-10	22,90	13,80	10,55	11,00		14,6 ^{bcd}	5
Gen-12	24,65	9,50	12,35	8,45		13,7 ^{cd}	6
Gen-16	23,55	21,10	8,40	12,13		16,3 ^{abcd}	4
Gen-18	21,95	11,80	12,00	8,71		13,6 ^{cd}	6
Gen-19	24,65	17,70	14,25	4,85		15,4 ^{abcd}	4
UCV-27	16,90	22,50	9,30	5,28		13,5 ^{cd}	6
UCV-28	27,95	14,50	12,90	9,00		16,1 ^{abcd}	4
UCV-56	24,10	15,50	11,70	13,42		16,2 ^{abcd}	4
UCV-88	28,95	23,25	15,24	8,50		19,0 ^{abc}	2
UCV-96	33,10	22,70	8,85	10,40		18,8 ^{abc}	3
UCV-100	35,25	21,40	9,25	8,62		18,6 ^{abc}	3
Magdalena	22,80	13,10	15,25	12,49		15,9 ^{abcd}	4
Tacarigua	30,65	19,55	12,75	15,00		19,5 ^{abc}	3
Corocito	22,70	25,40	12,80	16,94		19,5 ^{abc}	3
Tenerife	21,60	11,20	12,30	9,65		13,7 ^{cd}	6
Montalban	36,40	12,25	12,05	12,00		18,2 ^{abc}	3
Manuare	31,60	18,35	12,50	7,62		17,5 ^{abcd}	4
Promedio	25,1 ^A	17,6 ^{AB}	12,1 ^B	11,8 ^B			
CV (%)	27,86	24,36	32,22	42,79			

Letras iguales indican promedios estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$). Letras minúsculas para las comparaciones de medias entre cultivares y letras mayúsculas para la comparación de medias entre ambientes.

variable es importante por su relación directa con el rendimiento. Cuando se observa el NFP en cada ambiente, se puede señalar que las condiciones de suelo y climáticas de los ambientes Samán Mocho 2010-11 y Samán Mocho 2011-12 (Cuadro 3, Figuras 1 - 6), aunado al riego complementario para suplir la demanda de agua de los cultivares, favoreció el resultado en estos ambientes. Caso contrario, sucedió en los ambientes CENIAP Aragua y Zuata. Los resultados de NFP son similares a los reportados por Angola y Hernández (2010).

Número de Semillas por Vaina (NSV)

En el análisis de varianza (Cuadro 4), hubo diferencias altamente significativas entre cultivares, para la variable NSV. En el Cuadro 8 se observa la conformación de doce grupos para los valores de las medias del NSV. El cultivar I-2254 presentó 5,3 semillas por vaina, siendo el mayor entre los cultivares y se ubicó en el grupo 1, seguido de El Chino con 5 NSV y Gen-19 con 4,9 NSV, en los grupos 2 y 3, respectivamente. El grupo que representó el mayor número de cultivares fue el 5, conformado por I-2011, Tenerife, I-2019, I-2148, UCV-28 y UCV-26; los dos primeros genotipos tuvieron un NSV de 4,7 y el resto, 4,6 semillas por vaina. El cultivar Gen-18 presentó 3,7 semillas por vaina, correspondiendo al menor valor y se ubicó en el último grupo, que fue el 12.

Al contrastar el NSV, con respecto a la clasificación de los cultivares (Cuadro 1) se observa que los cultivares locales, líneas avanzadas del INIA y de la UCV, así como las variedades comerciales, están representadas en varios grupos de medias. Sin embargo, los dos primeros grupos están compuestos, cada uno, por un cultivar local. El tercer grupo lo representa sólo la línea avanzada del programa de mejoramiento genético de caraota del INIA-CENIAP, Gen-19 (4,9 NSV). Los dos últimos grupos, 11 y 12, lo constituyen las líneas avanzadas UCV-56 (3,8 NSV) y Gen-18 (3,7 NSV), de los programas de mejoramiento genético de la FAGRO-UCV e INIA-CENIAP, respectivamente.

El promedio general del NSV para los ambientes fue de 4,42, valor que los representó a todos por cuanto no mostraron diferencias significativas. En

una comparación de 20 cultivares de caraota en dos condiciones distintas de manejo, San Vicente (1982), señaló que el número de semillas por vaina resultó ser una característica con un rango estrecho entre ambas localidades.

Peso de 100 Semillas (P100S)

La interacción C x A para P100S (Cuadro 4) resultó significativa y sus comparaciones de medias se muestran en el Cuadro 9. El mayor peso de 100 semillas (23,8 g) se ubicó en el ambiente Zuata, y lo representó el cultivar UCV-28. Este genotipo mostró un comportamiento estadísticamente similar con los cultivares Gen-19, Gen-3, UCV-100, Gen-18, I-2363, Magdaleno, Manuare, I-2041, UCV-56 y Gen-10, con respecto al mismo ambiente. Al comparar el mayor P100S de UCV-28 con el resto de los ambientes, se observó una similitud estadística con el ambiente Samán Mocho 2010-11; que está relacionado con los ambientes Samán Mocho 2011-12 y CENIAP Aragua, aunque ambos ubicados en diferentes grupos, sin embargo, los mismos son diferentes al ambiente de Zuata.

El menor P100S fue de 3,4 g y lo obtuvo el cultivar I-2368, también en el ambiente 4, con diferencias estadísticas con el resto de los ambientes. El I-2368, probablemente por su condición de cultivar local proveniente de Mérida, se vió afectado en las condiciones ambientales de Zuata, periodo 2011-2012. Aunque para el resto de los ambientes presentó mayores pesos, en ninguno de los casos superó al mejor valor de 23,8 g. Cabe destacar que el cultivar con mayor P100S, no presentó el mayor NSV, resultado que coincidió con los reportados por Angola y Hernández (2010).

Silva *et al.* (2011), indica que entre los principales componentes del rendimiento de frijol común (*P. vulgaris* L.), el número de vainas por planta, el número de semillas por vaina y el peso de cien semillas son los caracteres con mayor potencial de selección e identificación de genotipos superiores.

La caraota es un rubro de producción y consumo, de tradición en Venezuela y, se siembra en la geografía nacional. Esto implica la necesidad de disponibilidad de cultivares adaptados a diferentes zonas agroecológicas y considerar el ideotipo de

Cuadro 8. Comparación de medias para la variable número de semillas por vaina (NSV) de cada cultivar de caraota (*P. vulgaris* L.) evaluado.

Cultivar	NSV					Grupos
	Samán Mocho 2010-11	Samán Mocho 2011-12	CENIAP	Zuata	Promedio	
I-2011	5,26	5,33	3,85	4,88	4,7 ^{abcde}	5
I-2019	4,27	5,08	4,84	4,16	4,6 ^{abcde}	5
I-2041	4,28	4,97	4,32	3,82	4,3 ^{bcdefg}	7
I-2148	4,40	4,68	5,05	4,40	4,6 ^{abcde}	5
I-2162	4,55	4,29	3,20	4,47	4,1 ^{defg}	9
I-2208	5,06	4,66	4,24	4,13	4,5 ^{bcdef}	6
I-2226	4,57	4,01	4,21	5,30	4,5 ^{bcdef}	6
I-2254	5,41	5,17	5,61	5,01	5,3 ^a	1
I-2363	4,92	5,75	4,13	3,87	4,5 ^{bcdef}	6
I-2368	4,68	4,35	4,07	4,13	4,3 ^{bcdefg}	7
I-2494	4,57	5,05	4,94	4,68	4,8 ^{abcd}	4
El Chino	4,64	5,01	4,82	5,49	5,0 ^{ab}	2
Gen-3	3,84	4,62	3,63	3,76	4,0 ^{efg}	10
Gen-10	4,24	2,85	4,02	4,80	4,0 ^{efg}	10
Gen-12	3,73	3,86	4,22	4,33	4,0 ^{efg}	10
Gen-16	4,60	4,58	4,03	3,06	4,1 ^{defg}	9
Gen-18	3,94	4,05	3,41	3,50	3,7 ^g	12
Gen-19	4,60	4,98	4,30	5,57	4,9 ^{abc}	3
UCV-27	4,96	4,48	4,68	3,37	4,4 ^{bcdefg}	7
UCV-28	4,96	4,27	5,08	3,91	4,6 ^{abcde}	5
UCV-56	4,00	4,00	3,15	3,85	3,8 ^{fg}	11
UCV-88	5,17	4,39	5,08	4,51	4,8 ^{abcd}	4
UCV-96	5,13	5,07	3,88	4,23	4,6 ^{abcde}	5
UCV-100	3,66	4,14	3,96	4,87	4,2 ^{cdefg}	8
Magdalena	4,16	3,92	4,82	4,05	4,2 ^{cdefg}	8
Tacarigua	4,75	4,70	4,25	4,12	4,5 ^{bcdef}	6
Corocito	4,64	4,94	4,41	3,89	4,5 ^{bcdef}	6
Tenerife	4,77	4,94	4,97	4,20	4,7 ^{abcde}	5
Montalban	3,43	4,61	4,43	5,26	4,4 ^{bcdefg}	7
Manuare	3,46	5,05	4,32	3,92	4,2 ^{cdefg}	8
Promedio	4,49	4,57	4,33	4,30		
CV (%)	15,38	6,89	15,73	18,23		

Letras iguales indican promedios estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

Cuadro 9. Comparación de medias para la interacción cultivar X ambiente para la variable peso de 100 semillas (g) de caraota (*P. vulgaris* L.).

Cultivar	P100S (g)				Promedio
	Samán Mocho 2010-11	Samán Mocho 2011-12	CENIAP	Zuata	
I-2011	17,2 ^{a-n}	14,9 ^{b-n}	15,9 ^{a-n}	13,5 ^{e-n}	15,40
I-2019	16,7 ^{a-n}	16,2 ^{a-n}	13,9 ^{d-n}	11,1 ^{j-o}	14,49
I-2041	16,9 ^{a-n}	12,2 ^{g-n}	16,1 ^{a-n}	16,0 ^{a-n}	15,30
I-2148	17,7 ^{a-n}	13,7 ^{d-n}	15,0 ^{b-n}	13,3 ^{f-n}	14,92
I-2162	15,4 ^{a-n}	12,0 ^{g-n}	16,9 ^{a-n}	11,2 ^{i-o}	13,88
I-2208	14,4 ^{b-n}	10,9 ^{l-o}	16,1 ^{a-n}	10,7 ^{m-o}	13,01
I-2226	18,4 ^{a-n}	17,2 ^{a-n}	13,3 ^{f-n}	11,7 ^{h-o}	15,13
I-2254	17,0 ^{a-n}	10,0 ^{n-o}	11,6 ^{h-o}	13,6 ^{e-n}	13,02
I-2363	19,3 ^{a-m}	14,5 ^{b-n}	17,5 ^{a-n}	18,1 ^{a-n}	17,33
I-2368	16,3 ^{a-n}	17,7 ^{a-n}	13,5 ^{e-n}	3,4 ^o	12,72
I-2494	17,3 ^{a-n}	14,0 ^{c-n}	16,0 ^{a-n}	14,9 ^{b-n}	15,52
El Chino	18,7 ^{a-n}	14,0 ^{d-n}	15,1 ^{a-n}	13,3 ^{f-n}	15,26
Gen-3	19,9 ^{a-j}	17,8 ^{a-n}	18,1 ^{a-n}	22,4 ^{a-d}	19,53
Gen-10	18,2 ^{a-n}	20,6 ^{a-g}	16,1 ^{a-n}	15,4 ^{a-n}	17,58
Gen-12	19,7 ^{a-k}	21,7 ^{a-f}	17,1 ^{a-n}	12,0 ^{g-n}	17,61
Gen-16	19,4 ^{a-m}	17,7 ^{a-n}	19,0 ^{a-m}	12,9 ^{g-n}	17,24
Gen-18	18,3 ^{a-n}	18,5 ^{a-n}	20,1 ^{a-h}	18,6 ^{a-n}	18,89
Gen-19	17,5 ^{a-n}	13,2 ^{f-n}	15,6 ^{a-n}	23,0 ^{a-b}	17,33
UCV-27	14,2 ^{c-n}	12,0 ^{g-n}	16,6 ^{a-n}	11,0 ^{k-o}	13,47
UCV-28	15,6 ^{a-n}	14,4 ^{b-n}	13,1 ^{f-n}	23,8 ^a	16,72
UCV-56	18,4 ^{a-n}	22,8 ^{a-c}	19,5 ^{a-e}	15,7 ^{a-n}	19,73
UCV-88	15,1 ^{a-n}	11,5 ^{h-o}	13,7 ^{d-n}	11,7 ^{h-o}	12,97
UCV-96	16,0 ^{a-n}	18,1 ^{a-n}	22,1 ^{a-l}	11,5 ^{i-o}	16,27
UCV-100	19,9 ^{a-i}	12,3 ^{g-n}	17,2 ^{a-n}	20,7 ^{a-g}	17,54
Magdaleno	16,4 ^{a-n}	18,2 ^{a-n}	14,4 ^{b-n}	17,2 ^{a-n}	16,54
Tacarigua	17,4 ^{a-n}	13,1 ^{f-n}	14,8 ^{b-n}	11,2 ^{i-o}	14,11
Corocito	15,6 ^{a-n}	13,9 ^{d-n}	16,3 ^{a-n}	14,6 ^{b-n}	15,08
Tenerife	19,4 ^{a-m}	17,7 ^{a-n}	14,3 ^{b-n}	10,9 ^{e-o}	15,57
Montalban	18,1 ^{a-n}	16,3 ^{a-n}	15,0 ^{b-n}	14,2 ^{c-n}	15,91
Manuare	17,5 ^{a-n}	14,4 ^{b-n}	15,5 ^{a-n}	17,0 ^{a-n}	16,10
Promedio	17,39	15,37	15,98	14,48	
CV (%)	8,71	20,54	19,80	31,07	

Letras iguales indican promedios estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

plantas de interés para los agricultores. León y Ramis (2016) señalan que el ideotipo de plantas de caraota preferido por los agricultores es de porte erecto (tipo matica), relacionado con la altura de la planta; con alto número de vainas por planta (buena carga) y maduración uniforme de los frutos, que tengan una producción de semilla grande y pesada. En el análisis del presente estudio se muestran cultivares que pueden ser de interés para los agricultores, según las condiciones agroecológicas de siembra.

CONCLUSIONES

Se evidenció la influencia de interacción genotipo x ambiente, en las variables altura de planta, rendimiento y peso de 100 semillas, de los cultivares de caraota y ambientes incluidos en este estudio.

En la altura de planta se detectaron diferencias altamente significativas, con un comportamiento distinto de los cultivares en los diferentes ambientes, lo cual dificulta la recomendación de un genotipo para todos los ambientes.

El comportamiento del rendimiento ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) estuvo determinado por las condiciones de suelo, principalmente el contenido de materia orgánica; resaltando el potencial genético de todos los cultivares en el ambiente Samán Mocho 2010-2011, a excepción de la variedad comercial Magdaleno.

El mayor valor de P100S (23,8 g) lo reflejó el cultivar UCV-28, que es una línea avanzada del programa de mejoramiento genético de caraota de la FAGRO-UCV y el menor valor fue de 3,4 g y lo tuvo el cultivar local I-2368. Ambos valores se presentaron en el ambiente Zuata.

AGRADECIMIENTO

Al personal de la Estación Experimental "Samán Mocho", UCV-Facultad de Agronomía, estado Carabobo, donde se establecieron parte de los ensayos de campo. Al Sr. Simón Ortega por permitir un área de su Finca en Zuata, estado Aragua, para establecer uno de los ensayos de campo. Al personal de Instituto de Genética de la UCV-Facultad de Agronomía, principalmente a los del Laboratorio de Genética Molecular del Centro

de Investigaciones en Biotecnología Agrícola (CIBA), Maracay, estado Aragua.

LITERATURA CITADA

- Acevedo, FJ. 2003. El cultivo de la caraota. Ediciones de la Universidad Ezequiel Zamora, Colección Docencia Universitaria. Barinas – Venezuela. Fondo Editorial UNELLEZ. 208 p.
- Angola, CC; Hernández, JG. 2010. Evaluación Agronómica de líneas promisorias de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) en un enfoque de mejoramiento genético participativo. Trabajo de grado Ingeniero Agrónomo. Maracay, Venezuela; Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 70 p.
- De la Fé Montenegro, CF; Lamz P, A; Cárdenas T, RM; Hernández P, J. 2016. Agronomic response of newly-introduced common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars in Cuba. *Cultivos Tropicales* 37(2):102-107. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.2992.2805>
- Fedeagro (Confederación de Asociaciones de Productores Agropecuarios, Venezuela). 2014. Estadísticas Agropecuarias. Producción Agropecuaria (en línea). Consultado 13 jun. 2015. Disponible en <https://bit.ly/2laGr8k>
- Granito, M; Guinand, J; Pérez, D. 2006. Composición química y nutricional de variedades *Phaseolus vulgaris* cultivadas en Venezuela. *Agronomía Tropical*. 56(4):513-522.
- INE (Instituto Nacional de Estadística, Venezuela). 2018. Ministerio del Poder Popular de Planificación (en línea). Gobierno Bolivariano de Venezuela. Consultado 03 de abr 2018. Disponible en <https://bit.ly/3k95N3k>
- León-Brito, O; Ramis, C. 2016. Experiencia del mejoramiento genético participativo para la selección de cultivares de caraota en el estado Carabobo. *INIA Divulga* 35:28-32.
- Lobell, D, Cassman, K; Field C. 2009. Crop Yield Gaps: Their Importance, Magnitudes, and Causes. *Annual Review of Environment and Resources*. (34):179-204.

- López, J; Ligarreto, G. 2006. Evaluación por rendimiento de 12 genotipos promisorios de frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.) tipo Bola roja y Reventón para las zonas frías de Colombia. *Agronomía Colombiana* 24(2):238-246.
- Madriz, PM. 2009. Efecto del ambiente en la aborción de flores y frutos y estabilidad del rendimiento en caraota, *Phaseolus vulgaris* L. Tesis Doctoral. Maracay, Venezuela. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela 244 p.
- MPPAT (Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierra, Venezuela). 2015. Dirección de Estadística. Producción Agrícola (disco compacto). MPPAT. Caracas. Venezuela. 1 disco compacto
- Pérez, D; Camacaro, N; Morros, ME; Higuera, A. 2013. Leguminosas de grano comestible en Venezuela. Caraota, frijol y quinchoncho. *Agricultura en Venezuela* N° 1. José Luis Berroterán (Editor). Ediciones ONCTI, Caracas (Venezuela). 157 p.
- Pérez, H; De Gouveia, M; Viera B, F; Méndez B, A. 2018. Evaluación de cultivares de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) en zona de colinas del estado Guárico, Venezuela. *Revista digital de Medio Ambiente "Ojeando la agenda"* 57:1-11.
- San Vicente, F. 1982. Comparación del comportamiento de 20 cultivares de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) en dos condiciones distintas de manejo. Tesis de Maestría. Maracay, Venezuela; Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 32 p.
- Silva C, PD; Bastos S, TC; Passos L, AB; Bastos S, YJ; Da Silva, JA. 2011. Análise de trilha do rendimento de grãos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e seus componentes. *Revista Ciência Agronômica* 42(1):132-138. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902011000100017>
- Voysest, O. 2000. Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): Legado de variedades de América Latina 1930-1999. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 195 p.

Nota Técnica

Registro de *Spalangia* spp. (Hymenoptera: Chalcidoidea, Pteromalidae) depositadas en el MIZA, Venezuela

Rafael Paul Montilla Coronado

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Maracay, Aragua, Venezuela. Correo electrónico: rmoncor7@gmail.com.

RESUMEN

Spalangia Latreille es un género cosmopolita, señalado como parasitoide importante de moscas plagas en explotaciones agrícolas, pecuarias y para la salud humana. En Venezuela es escaso el conocimiento sobre la distribución de las especies presentes y sobre su uso en control biológico. El primer paso de todo proyecto de control de plagas se basa en la correcta identificación del agente causal y de sus enemigos naturales. El objetivo de este trabajo consistió en identificar las especies de *Spalangia* colectadas en el país. Para esto se revisaron especímenes del género depositados en la colección de Hymenoptera del Museo del Instituto de Zoología Agrícola, de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Como resultado se determinaron ocho especies: *S. bethyloides*, *S. chontalensis*, *S. dozieri*, *S. drosophilae*, *S. gemina*, *S. imitator*, *S. plaumanni* y *S. simplex*; de éstas, *S. dozieri* Burks es considerada como nuevo registro para Venezuela. Adicionalmente se ofrece información sobre la distribución de las ocho especies y de los insectos hospedadores de estos parasitoides.

Palabras clave: biodiversidad, Chalcidoidea, colección de insectos, control biológico, parasitoidismo, taxonomía.

Record of *Spalangia* spp. (Hymenoptera: Chalcidoidea, Pteromalidae) deposited in the MIZA, Venezuela

ABSTRACT

Spalangia Latreille is a cosmopolitan genus, identified as important parasitoid fly pests in agricultural, livestock and human health farms. In Venezuela there is little knowledge about the distribution of the species present and their use in biological control. A pest control project is based on the correct identification of the causative agent and its natural enemies. The aim of these work was to identify the *Spalangia* species collected in the country. Were reviewed specimens of genus deposited in the Hymenoptera collection, Museo del Instituto de Zoología Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. As a result, were determined eight species of the genus: *S. bethyloides*, *S. chontalensis*, *S. dozieri*, *S. drosophilae*, *S. gemina*, *S. imitator*, *S. plaumanni* y *S. simplex*. *Spalangia dozieri* Burks is considered as a new record for Venezuela. Additional information on distribution and host insects of the parasitoids is provided.

Key words: biodiversity, biological control, Chalcidoidea, insects collection, parasitoidism, taxonomy.

INTRODUCCIÓN

Spalangia spp. ha sido señalada como endoparásitoide de pupas de moscas de varias familias de Diptera Cyclorrhapha: Muscidae, Lonchaeidae, Tephritidae y Drosophilidae, entre otras. Inciso y Castro (2007) estudiaron la actividad parasítica de *Spalangia endius* y *Muscidifurax* sp. (Pteromalidae) sobre pupas de *Musca domestica* en condiciones de laboratorio, determinando que las pupas de dos días de edad son las más parasitadas a temperaturas de 25 °C y hasta diez pupas puede parasitar cada hembra de *Spalangia* (Inciso y Iannacone, 2008). Álvarez *et al.* (2004) colocaron pupas colectadas en campo de *Musca domestica* en cajas de cría para la emergencia y captura de parasitoides. De este proceso se obtuvieron cinco géneros parasíticos de avispas de las cuales *Spalangia* fue el que mostró mayor actividad biocida. Knoll *et al.* (2017) observaron que *Spalangia erythromera* se desarrolló muy bien sobre pupas de *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae).

Algunas especies de *Spalangia* han sido utilizadas en el control biológico de moscas que causan problemas en sistemas ganaderos de producción de leche y carne, con resultados variables de parasitoidismo (Cabral *et al.* 1985, Nava-Camberos 2000, Lecuona 2007).

Gibson *et al.* (1997) publicaron una valiosa información taxonómica y biológica de familias de Chalcidoidea para la Región Neártica. Noyes (2003) presentaron información digitalizada con datos geográficos y biológicos de los *Spalangia* Latreille a nivel mundial. Gibson (2009) generó un excelente trabajo sobre las especies del género para el nuevo mundo, con una clave para separarlas, así como información ecobiológica relevante.

En Venezuela, se encuentran publicados algunos reportes de asociación de *Spalangia* spp. con moscas Cyclorrhapha (Diptera) (Terán 1980, Montilla *et al.* 2007); otros hacen referencia sobre su cría y uso en control biológico (Ferrer 2001, Coronado *et al.* 2006). Un aspecto que llama la atención, es que siendo *Spalangia* spp. un importante controlador biológico de moscas plagas y Venezuela un país megadiverso, el conocimiento

que se tiene sobre las especies del género es escaso.

El presente trabajo tuvo como propósito aportar al conocimiento del género *Spalangia* en Venezuela, sobre las especies que están depositadas en el Museo de Insectos del Instituto de Zoología Agrícola, su distribución geográfica y relaciones con sus hospederos. Esta información fortalece la base del conocimiento para definir futuras estrategias de investigación sobre la ecología, biología, cría y aplicación en campo de sus especies.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se revisó material entomológico de *Spalangia* depositado en la colección de Hymenoptera del MIZA, Facultad de Agronomía (FAGRO) de la Universidad Central de Venezuela (UCV), en Maracay, estado Aragua, Venezuela. Las especies fueron separadas en primera instancia en base a sexo, localidad, fecha y medio de captura. Luego se procedió a la identificación de las especies, utilizando las claves de Gibson *et al.* (1997), Fernández y Sharkey (2006) y Gibson (2009).

Se recopiló la información geográfica y bioecológica de las etiquetas, y se elaboró un registro de datos de las especies encontradas en el país.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del material entomológico de *Spalangia* estudiado, se identificaron ocho especies: *S. bethyloides*, *S. chontalensis*, *S. dozieri*, *S. drosophilae*, *S. gemina*, *S. imitator*, *S. plaumanni*, *S. simplex*; de éstas, sólo *S. dozieri* es considerada como nuevo registro para Venezuela.

De la información biogeográfica registrada en las etiquetas, se recoge que las especies han sido encontradas en ambientes de bosques siempreverdes, de las cordilleras andina y de la costa, que han sido capturadas en dispositivos trampas tipo amarillas de caída, trampas de interceptación y trampa Malaise; también se encontró que *S. bethyloides*, *S. chontalensis*, y *S. imitator*, mostraron una distribución biogeográfica más amplia que las otras especies determinadas.

La información biológica contenida en las etiquetas, indica que se han obtenido adultos de *Spalangia* spp. en condiciones de laboratorio, de crías de pupas de *Anastrepha* spp Schiner (Diptera: Tephritidae) y *Melanagromyza tomaterae* Steyskal (Diptera: Agromyzidae); *S. simplex* y *S. drosophilae* mostraron información de asociación como parasitoides de moscas que son señaladas como plagas agrícolas para cultivos de frutales y hortalizas en el país.

Es de acotar que según Ferrer (2001), desde 1987 a 1992, ocurrieron importaciones de pies de crías de *S. endius* y *S. cameroni* de Perú y Colombia respectivamente, para su masificación en laboratorio y liberación en campo. Posteriormente, Gibson (2009) registra a *S. cameroni* y *S. erythromera* para Venezuela, e indica que Noyes (2003) registra a *S. endius* para el país. Sin embargo, en la revisión de la colección del MIZA, no se encontraron ejemplares de estas especies, las cuales pudieran estar depositadas en otra colección pública o privada.

***Spalangia bethyloides* Bouček, 1965 (♀♂):**

Comentarios: especímenes han sido capturados en trampas de interceptación, amarillas tipo ponchera y aéreas cebadas con alcohol. También se atraparon otros especímenes con la técnica del barrido, entre los 500 y 2.200 m.s.n.m, principalmente en la Cordillera de la Costa y norte de la Cordillera de los Andes, en los estados Aragua, Carabobo, Lara, Miranda, y Yaracuy.

***Spalangia chontalensis* Cameron, 1884 (♀♂):**

Comentarios: especímenes han sido capturados en trampas amarillas tipo ponchera y con la técnica del barrido, entre los 500 y 1.600 m.s.n.m, principalmente en la Cordillera de la Costa y norte de la Cordillera de los Andes, en los estados Aragua, Miranda, Táchira, y Trujillo.

***Spalangia dozieri* Burks, 1969 (♀):**

Comentarios: Esta especie es considerada nuevo registro para Venezuela, sus especímenes han sido capturados en trampas Malaise, alrededor de los 200 m.s.n.m., hacia la región del Macizo Guayanés, sólo en el estado Bolívar (Guri).

***Spalangia drosophilae* Ashmead, 1887 (♀♂):**

Comentarios: esta especie se considera con potencial como controlador biológico. Especímenes han sido capturados en trampas amarillas tipo ponchera, así como en trampa Malaise y en dispositivos cebados con alcohol, en agroecosistemas cafetaleros principalmente, entre los 50 y 1.600 m.s.n.m, en áreas de la Cordillera de la Costa, norte de la cordillera andina y zonas colindantes de norte de la cordillera central y llanos centrales. Se ha criado de pupas de la mosca barrenadora del tomate *Melanagromyza tomaterae*, en los estados Aragua, Carabobo, Guárico, y Trujillo.

***Spalangia gemina* Bouček, 1963 (♀♂):**

Comentarios: solo se ha capturado en trampas amarillas tipo ponchera, alrededor de los 600 m.s.n.m, principalmente en el sur oeste de la Cordillera de la Costa, en el estado Carabobo.

***Spalangia imitator* Gibson, 2009 (♀♂):**

Comentarios: especímenes han sido capturados en trampas amarillas tipo ponchera y en trampa Malaise, entre los 100 y 2.100 m.s.n.m., principalmente en la Cordillera de la Costa, norte de la Cordillera de los Andes y zonas colindantes de norte de la cordillera central y llanos centrales, en los estados Aragua, Carabobo, Guárico, Lara, y Táchira.

***Spalangia plaumanni* Gibson, 2009 (♀):**

Comentarios: solo se ha capturado en trampas cebadas con alcohol, alrededor de los 900 m.s.n.m, principalmente en el sur oeste de la cordillera de la Costa, en el estado Carabobo.

***Spalangia simplex* Perkins, 1910 (♀♂):**

Comentarios: solo se ha capturado en trampas amarillas tipo ponchera y en trampas de interceptación, se han obtenido adultos de expupas de *Anastrepha* sp. y *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae), entre los 400 y 1.400 m.s.n.m, principalmente en el sur de la Cordillera de la Costa y al norte de la Cordillera de los Andes, en los estados Aragua, Carabobo, y Lara.

Es importante señalar que *Spalangia* spp. puede confundirse con *Playaspalangia rothi* Yoshimoto, 1976 (Pteromalidae: Sapalangiinae). Los caracteres que permiten separar a *Playaspalangia* de *Spalangia*, son: peciolo pentagonal, aproximadamente tan largo como ancho. Tanto el peciolo, como la cabeza, dorso del tórax y el propodeo suave y finamente coriáceo, las setas no emergen de punturas, alas a veces reducidas.

El número de especies de *Spalangia* para el país puede incrementarse en la medida que se revisen otras colecciones o se realicen futuras expediciones biológicas con fines de colecta en áreas poco exploradas.

CONCLUSIONES

Luego de revisar el material de *Spalangia* depositado en el Museo de Insectos del Instituto de Zoología Agrícola (MIZA), se lograron determinar ocho especies: *S. bethyloides*, *S. chontalensis*, *S. dozieri*, *S. drosophilae*, *S. gemina*, *S. imitator*, *S. plaumanni* y *S. simplex*.

S. dozieri Burks se considera como nuevo registro para Venezuela.

LITERATURA CITADA

- Álvarez, J; Naranjo, F; Fernández, N; Grillo, H. 2004. El control biológico: una alternativa eficaz y ecológica en la lucha contra la mosca doméstica (en línea). Centro Agrícola 31 (3-4):24-28. Consultado 14 nov. 2018. Disponible en <https://bit.ly/3IHBC11>
- Cabral, G; Figueroa, R; Uribe, F; Trochez, C. 1985. Evaluación del efecto del parasitismo por *Spalangia endius* W. (Hym. Pteromalidae) sobre la dinámica de población de población de *Musca domestica* L. en galpones para aves (La Florida-Risaralda). Acta Agronómica 35(1):93-105.
- Coronado, A; Suárez, C; Mujica, F; Henríquez, H. 2006. Parasitoides enemigos naturales de la mosca de los establos, *Stomoxys calcitrans*, en una finca lechera del estado Lara, Venezuela. Veterinaria Tropical 31(1-2):33-41.
- Fernández, F; Sharkey, MJ. 2006. Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical. Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D. C., xxx + 894 pp.
- Ferrer, F. 2001. Biological Control of Agricultural Insect Pests in Venezuela: Advances, Achievements, and Future Perspectives. Biocontrol News and Information 22(3):67-74.
- García-Gutiérrez, C; González-Maldonado, M; Cortez-Mondaca, E. 2012. Uso de enemigos naturales y biorracionales para el control de plagas de maíz. Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable Ra Ximhai 8(3):57-70.
- Gibson, G. 2009. Revision of new world Spalangiinae (Hymenoptera: Pteromalidae). Magnolia Press. Auckland, New Zealand. Zootaxa 2259:1-159
- Gibson, G; Huber, JT; Wooley JB. 1997. Annotated keys to the genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera). NCR Research press, Ottawa, Ontario, Canadá. 794 p.
- Inciso, E; Castro, J. 2007. Evaluación de *Spalangia endius* y *Muscidifurax* sp. (Hymenoptera: Pteromalidae) como controladores de *Musca domestica* en el Perú (en línea). Revista Peruana de Biología 13(3):237-241. Consultado 19 dic. 2018. Disponible en <https://bit.ly/3nKluQq>
- Inciso, E; Iannaccone, J. 2008. Actividad parasitaria de *Spalangia endius* Walker y *Muscidifurax raptorellus* Kogan y Legner (Hymenoptera: Pteromalidae) sobre *Musca domestica* L. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 24(2):79-94.
- Knoll, V; Ellenbroek, T; Romeis, J; Collatz, J. 2017. Seasonal and regional presence of hymenopteran parasitoids of *Drosophila* in Switzerland and their ability to parasitize the invasive *Drosophila suzukii* (en línea). Scientific Reports 7: 40697. Consultado 19 dic. 2018. Disponible en <https://go.nature.com/3iYcMvi>

- Montilla, R; García, JL; La Cruz, L; Durán, D. 2007. *Spalangia drosophilae* Ashmead (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitoide de pupas de la mosca de la piña *Melanoloma viatrix* hendel (Díptera: Richardiidae) en Trujillo, Venezuela. *Agronomía Tropical* 57(2):107-112.
- Nava-Camberos, U; Gómez-Gallegos, MY; Ramírez-Gómez, M. 2000. Determinación de parasitoides como agentes de control biológico de moscas de establo en Bermejillo, Durango. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 1:85-92.
- Noyes, JS. 2003. Universal Chalcidoidea Database (en línea). Consultado 13 nov. 2018. Disponible en <https://bit.ly/3dxbKFK>.
- Lecuona, R; Crespo, D; La Rossa, F. 2007. Populational parameters of *Spalangia endius* Walker (Hymenoptera: Pteromalidae) on pupae of *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) treated with two strains of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuil. (Deuteromycetes). *Biological Control Neotropical Entomology* 36(4):537-541.
- Terán, J. 1980. Lista preliminar de hymenopteras parásitos de otros insectos en Venezuela. *Revista Facultad de Agronomía XI* (1-4):283-389.

INSTRUCCIONES AL AUTOR

REVISTAS CIENTÍFICAS DEL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS

Las revistas científicas del INIA, *Agronomía Tropical* y *Zootecnia Tropical*, se fundaron con el propósito de fomentar y mantener el intercambio de información entre los investigadores. Se divulgan resultados de la investigación e innovación en el campo de las ciencias agrícolas animales y vegetales, tanto por el INIA como por otras instituciones, nacionales e internacionales.

Agronomía Tropical inicia su publicación en el año 1951, mientras que *Zootecnia Tropical*, está vigente desde el año 1983. Ambas publican trabajos originales que presentan nuevos conceptos o tecnologías en el área agrícola.

Agronomía Tropical aborda las áreas temáticas: recursos fitogenéticos, protección vegetal, economía agrícola, edafología, biotecnología agrícola vegetal, tecnología de alimentos, ingeniería agrícola y sistemas de producción agrícola vegetal.

Zootecnia Tropical se enfoca en las áreas de producción, salud, genética y reproducción animal de especies de interés zootécnico, tecnología de alimentos de origen animal, pastos, forrajes, acuicultura marítima y continental, entre otros temas de interés.

TIPO DE CONTRIBUCIONES

Las revistas *Agronomía Tropical* y *Zootecnia Tropical* publican cuatro categorías de contribuciones: artículos científicos, notas técnicas, artículo de revisión y trabajos especiales. Los artículos científicos y notas técnicas pueden tener un enfoque cuantitativo o cualitativo.

Artículo científico. Documento no mayor a 25 páginas, donde se presentan resultados originales e inéditos. También serán aceptados datos o resultados presentados en resúmenes de congresos o seminarios, a condición de que el artículo completo no aparezca en las memorias del mismo.

Nota técnica. Documento de corta extensión con un máximo de 10 páginas, que describe técnicas experimentales, equipos, fenómenos naturales, especies nuevas o resultados parciales de un trabajo de interés. El texto tendrá las mismas secciones del artículo científico.

Artículo de revisión y trabajo especial. Documento que presenta reportes y estadísticas de un área temática actualizada de interés colectivo, de orden científico-técnico, con relevancia nacional o internacional en el cual el autor presenta un análisis crítico sobre un tema prioritario o emergente. Este será solicitado por el Comité Editorial a especialistas de trayectoria profesional y experiencia demostrada. Será sometido a las normas de revisión para un artículo científico y su extensión no debe ser mayor a 25 páginas, incluyendo cuadros y figuras.

REMISIÓN DE ARTÍCULOS

La revista *Agronomía Tropical* recibirá las contribuciones de los autores a través de los formularios presentados en el portal OJS de la revista. Las contribuciones podrán ser presentadas en español, inglés o portugués, acompañadas de una Carta de Originalidad, firmada por todos los autores.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

Autoría. Se incluirán como autores a las personas que hayan realizado contribuciones en la formulación del ensayo, diseño experimental, obtención de data cruda, aplicación del método estadístico, análisis de datos, interpretación de resultados, así como redacción del manuscrito o investigación bibliográfica.

Originalidad. Los trabajos sometidos para arbitraje y probable publicación deben ser inéditos, por lo tanto, se presentará una carta de fe donde el (los) autor(es) manifiestan que el mismo no ha sido enviado a otra(s) revista(s).

Integridad. La alteración de resultados y el plagio (alusión de resultados de otros investigadores sin dar crédito con la cita bibliográfica correspondiente) se considera inadmisibles y no ético.

Conflicto de intereses. Los autores presentarán por escrito, no mantener vínculos de interés comercial o personal en la investigación que dio origen al manuscrito sometido.

PROCESO EDITORIAL

Los trabajos recibidos serán evaluados inicialmente por el Comité Editorial, aquellos trabajos que superen la evaluación preliminar serán arbitrados por tres especialistas en el área de conocimiento, mediante el método de “doble ciego”. Una vez que el autor reciba las observaciones de los evaluadores, tiene un plazo de 30 días para incorporar las modificaciones sugeridas en el texto y remitir la versión corregida a la revista.

Transcurridos 30 días sin recibir respuesta de los autores, el Comité Editorial retirará el trabajo. Es importante destacar que el arbitraje es una orientación para aceptar o rechazar el documento y el Comité Editorial se reserva el derecho de seleccionar los artículos que cumplan con los criterios de calidad y pertinencia establecidos por la revista.

El Comité Editorial tiene la potestad de ajustar el artículo para mantener la uniformidad de estilo de la revista, después de la edición y corrección de estilo, los autores recibirán la prueba de galera, la cual debe ser cuidadosamente revisada y devuelta al editor en un término máximo de una semana. Los trabajos que no superen la evaluación preliminar o el proceso de arbitraje serán devueltos a los autores, con notificación de no publicable en la revista. Las apelaciones deben presentarse ante el Editor Jefe, quien revisará la apelación conjuntamente con el Comité Editorial y emitirá un dictamen en un plazo de dos semanas.

FORMATO.

Los borradores deben ser escritos utilizando los procesadores de textos, como Libre Office Writer o Microsoft Office Word®. Las páginas serán numeradas consecutivamente en el lado inferior derecho, al igual que cada línea del texto, con inicio desde el título; fuente Arial tamaño 12; interlineado 1,5; márgenes a 2,5 cm por los cuatro lados.

En relación con los encabezamientos, el título de la contribución es el único de primer orden, se escribirá centrado en negrilla con la primera letra en mayúscula. Los títulos principales de sección (segundo orden): Resumen, Introducción, Materiales y métodos, Resultados y discusión, Conclusiones, Agradecimientos y Literatura citada, se indicarán centrados en negrilla y mayúsculas. El título de tercer orden, alineado a la izquierda, en negrilla y sólo la letra inicial en mayúscula; el texto continuará debajo del título. El título de cuarto orden, alineado a la izquierda, en negrilla seguido de un punto y sólo la letra inicial en mayúscula, el texto continuará en la misma línea

Los cuadros se presentarán en el mismo archivo del texto, acompañados del respectivo título, ubicado en la parte superior, el cual debe ser concreto y expresar el contenido del mismo, en letra Arial tamaño 11; identificados progresivamente con números arábigos, con orden de aparición inmediatamente después del párrafo donde se menciona por primera vez. El contenido de los cuadros no debe ser duplicado en las figuras. El encabezado de las columnas debe ser conciso e indicar claramente las unidades en que se expresa el contenido. El significado de las abreviaturas utilizadas se desarrollará como pie de cuadro. Cuando se presenten resultados numéricos, deben ir acompañados del nombre de la prueba estadística realizada. Los cuadros serán elaborados utilizando aplicaciones tales como Libre Office

Writer, Microsoft Office Word®, Libre Office Calc o Microsoft Office Excel®; y no ser presentados en forma de imagen escaneada.

Las figuras se refieren a cualquier ilustración que se incluya en el trabajo como: gráficos, dibujos, fotografías, esquemas, mapas u otras representaciones, indicadas consecutivamente en el texto. El título se debe colocar en la parte inferior, en letra Arial tamaño 11. Las fotografías se deben presentar en formato JPEG, y los gráficos, mapas, dibujos otras representaciones se presentarán en formato PNG. Además de los cuadros y figuras insertados en el texto, deben enviarse los archivos originales en el formato en el que fueron elaborados. Todos los cuadros y figuras deben estar indicados en el texto. La resolución mínima para todas las figuras es 300 ppp.

Título. Se presentará en español, inglés o portugués, con su respectiva traducción, cónsono con el idioma del manuscrito. Identifica y describe el contenido del trabajo, sin abreviaturas, con un máximo de 20 palabras. Los nombres científicos se incluirán solo para especies poco comunes o cuando sea indispensable.

Autor(es) y afiliación (es). Nombres y apellidos completos en minúsculas a excepción de las iniciales. Cuando los autores publican con dos apellidos, deben estar separados con un espacio, salvo aquellos apellidos extranjeros o que por tradición utilicen el guion. Se acompañarán con números en superíndices para identificar la institución a la que pertenece(n) el(los) autor(es) y correos electrónicos. Se incluirá el nombre completo de la institución y sus siglas entre paréntesis, ciudad y país. El autor de correspondencia se identificará con un asterisco.

Resumen, Abstract o Resumen. Párrafo entre 200 y 250 palabras, claro y comprensible. Los estudios con enfoque cuantitativo deben indicar brevemente: problema y justificación, objetivo(s), métodos experimentales, resultados y conclusiones, sin exceder el uso de valores numéricos. Para estudios con enfoque cualitativo se deben indicar: objeto de estudio, propósito, metodología, resultados y aproximaciones. El idioma del resumen será como se indica a continuación:

Idioma del trabajo	Idioma del resumen
Español	Español e Inglés
Inglés	Inglés y Español
Portugués	Portugués, Inglés y Español

Palabras clave. Se recomiendan términos simples o compuestos (máximo seis), que permitan identificar el contenido del artículo y que no hayan sido usados en el título. Para seleccionar las palabras clave se sugiere consultar y usar los descriptores del tesoro multilingüe de agricultura (AGROVOC), creado por la FAO u otro similar. Se deben incluir los nombres científicos de los organismos biológicos como palabras clave. Disponible en: <http://aims.fao.org/es/agrovoc>

Introducción. Constituye una breve referencia de los antecedentes que motivaron la realización de trabajo; igualmente pueden incluirse la revisión de literatura con las investigaciones más recientes que aporten ideas fundamentales para la realización del trabajo. También incluirá el objetivo del mismo.

Materiales y Métodos o Metodología. Esta sección debe ser clara y precisa, de manera suficiente para permitir la repetitividad del ensayo. Para estudios con enfoque cuantitativo, seguir un ordenamiento lógico de las técnicas empleadas y los materiales utilizados. Los procedimientos analíticos y estadísticos utilizados tienen que ser citados como referencias bibliográficas, describiendo solo las modificaciones o lo novedoso. Las investigaciones de campo deberán incluir una breve descripción agroclimática de la localidad donde se efectuó el trabajo. Cuando las contribuciones tengan un enfoque cualitativo se debe indicar el marco teórico que describe brevemente conceptos y modelos

que orientaron la investigación; así como métodos, técnicas y procedimientos de acopio de la información, al igual que de procesamiento y validación de datos.

Resultados y discusión o Resultados y hallazgos. El contenido debe ser coherente con los objetivos señalados en la introducción. Es necesario detallar los resultados en orden lógico y de forma objetiva y secuencial. La información cuantitativa se podrá presentar en cuadros y figuras. La literatura citada no debe exceder de tres autores por idea a discutir.

Conclusiones o Aproximaciones. Deben responder al problema de la contribución. Indicar, de manera breve y precisa, los hallazgos más relevantes de la investigación, es decir, aquellos que constituyan un aporte significativo para el avance del campo temático explorado, además de brindar orientación para futuras investigaciones. Las conclusiones o aproximaciones no deben ser ambiguas, ni basarse en suposiciones.

Agradecimientos. Se incluirán los reconocimientos a aquellas personas que hayan realizado contribuciones sustanciales al trabajo, como: técnicos, productores, comunidades y revisores, entre otros. Igualmente, para reconocer a las instituciones que financiaron la investigación parcial o totalmente. El párrafo de esta sección debe ser breve, hasta un máximo de 10 líneas.

Literatura citada. Debe ser actualizada, con excepción de trabajos clásicos que se requiera incluir. Se debe ajustar al documento "Redacción de referencias bibliográficas: normas técnicas para ciencias agroalimentarias/IICA, CATIE" (2016). 5a ed. Disponible en: <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/6570/1/BVE18029707e.pdf>

A continuación, se presentan algunos ejemplos de las referencias más utilizadas:

Artículo en revista científica

Nery, FC; Paiva, R; Silva, DPC; Campos, ACAL; Chalfun-Júnior, A; Campos, JMS. 2011b. Nuclear DNA integrity of cryopreserved embryonic axes of *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. *Acta Horticulturae* 908:139-142.

Artículo de una revista digital

Fajardo, L; Lovera, M; Arrindell, P; Aguilar, VH; Hasmy, Z; Cuenca, G. 2015. Morphotype-based characterization of arbuscular mycorrhizal fungal communities in a restored tropical dry forest, Margarita island-Venezuela (en línea). *Revista de Biología Tropical* 63(3):859-870. Consultado 24 jul. 2015. Disponible en <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/15940/20146>.

Libros

Balzarini, M; Di Rienzo, JA; Tablada, M; González, L; Bruno, C; Córdoba, M; Robledo, W; Casanoves, F. 2011. *Introducción a la bioestadística: aplicaciones con InfoStat en agronomía*. Córdoba, Argentina, Brujas. 383 p.

Capítulo de libro de un autor en su propia obra

Toledo, JM; Schultze-Kraft, R. 1985. Metodología para la Evaluación Agronómica de Pastos Tropicales. In *Manual para la Evaluación Agronómica*. Cali, Colombia, RIEPT- CIAT. p. 91-110.

Capítulo de libro cuyo autor no es el editor del documento

Panta, A; Zea, B; Sánchez, D; Tay, D; Roca, W. 2013. Crioconservación de recursos genéticos de tubérculos y raíces andinos en el Perú. In González-Arno, MT; Engelmann, F (eds.). *Crioconservación de plantas en América Latina y el Caribe*. San José, Costa Rica, IICA. p. 175-196.

Para ampliar la información le recordamos consultar las normas de redacción de referencias bibliográficas del IICA-CATIE, 5ª edición.

CONSIDERACIONES DE ESTILO

- La redacción del manuscrito será en voz activa y se debe utilizar la forma impersonal o tercera persona del singular.
- Restringir el uso del gerundio, utilice esta forma verbal únicamente para demostrar dos acciones que se realizan a la vez.
- Las palabras cuadro y figura se escriben, en el texto, con la primera letra en mayúscula.
- Las siglas deben ser escritas en mayúscula y entre paréntesis en su primera aparición en el texto y antecedidas por el término completo al que se refiere, a excepción de las unidades de medida.
- Los nombres de las variedades, cultivares e híbridos deberán acompañarse de comillas simples sólo cuando se mencionen por primera vez en el resumen, abstract o cuerpo del artículo. Esto siempre y cuando no le anteceda la palabra variedad o cultivar, en cuyo caso no se utilizarán.
- Los suelos deben ser identificados taxonómicamente; si el nombre de la serie no es conocido, deberá señalarse la familia.
- Los nombres de productos comerciales deben evitarse, utilizándose el nombre genérico o principio activo. En caso de ser estrictamente necesario, su uso debe acompañarse por el símbolo®.
- Los símbolos no tienen plural ni llevan punto (.) después de estos, y solo se escriben en mayúsculas aquellos derivados de nombre propios (Celsius, Kelvin, Joule, entre otros). Las siglas tampoco tienen plural, esto se mostrará con las palabras acompañantes, ejemplo: los SNP.
- Los decimales se deben separar con coma (,) y las unidades de mil o millón se expresarán con punto (.).

Nomenclatura. Se recomienda el uso del Sistema Métrico Decimal (SI) para la expresión de las unidades. Para los trabajos, los autores utilizarán las convenciones del International Code of Botanical Nomenclature, el International Code of Nomenclature of Bacteria, y el International Code of Zoological Nomenclature. Para la nomenclatura química se utilizará la International Union of Pure and Applied Chemistry, así como la Commission on Biochemical Nomenclature.

Para la nomenclatura de genes y proteínas, se recomienda utilizar los símbolos internacionalmente aceptados; los símbolos específicos pueden ser obtenidos en la base de datos de genes de Pubmed <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>. Las normas de nomenclatura para ganado y otras especies están disponibles en <http://www.genenames.org>, mientras que para ratones y ratas están disponibles en <http://www.informatics.jax.org/mgihome//nomen/strains.shtml>.

En cuanto a los polimorfismos nucleotídicos simples (SNP), deben ser identificados con su número de referencia único (rs) o el número de presentación (ss), como se indica en la base de datos pública dbSNP <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/snp>.

En referencia a la nomenclatura de las mutaciones y otras variaciones en la secuencia de ADN, favor visitar www.hgvs.org/ página oficial de la Genome Variation Society (HGVS).

A continuación, se presenta una lista de abreviaturas y símbolos para la expresión de términos y unidades de medida de uso común:

Término	Símbolo	Término	Símbolo
Metros sobre el nivel del mar	m.s.n.m.	Población total	N
Índice de conversión	IC	Probabilidad	P
Peso al nacer	PN	Coefficiente de variación	CV
Peso al destete	PD	Coefficiente de correlación	r
Bloques multinutricionales	BM	Coefficiente de determinación	R ²
Consumo de materia seca	CMS	Desviación estándar	DE
Energía digestible	ED	Error experimental	EE
Energía metabolizable	EM	Grados de libertad	GL
Fibra ácido detergente	FAD	Heredabilidad	h ²
Fibra de detergente neutra	FDN	Materia Orgánica	MO
Ganancia diaria de peso	GDP	Materia Seca	MS
Aminoácido	aa	Nitrógeno no proteico	NNP
Ad libitum	Ad lib	Proteína Cruda	PC
Ácido Graso Volátil	AGV	Cantidad de sustancia	mol
Partes por millón	ppm		

Unidad	Símbolo	Unidad	Símbolo
Gramo	g	Hora	h
Kilogramo	kg	Minuto	min
Gramos por kilogramo	g.kg ⁻¹	Segundo	s
Miligramos	mg	Porcentaje	%
Kilocalorías	kcal	Por mil	‰
Kilogramo por hectárea	kg.ha ⁻¹	Hectárea	ha
Kilómetro	km	Tonelada	t
Litro	L	Tonelada por hectárea	t.ha ⁻¹
Gramos por litro	g.L ⁻¹	Grados Celsius	°C
Mililitros	mL	Grados Fahrenheit	°F
Mililitros por litro	mL.L ⁻¹	Grados Kelvin	°K
Metro	m	Joule	J
Metro cuadrado	m ²	Milímetro	mm
Metro cúbico	m ³	Micrometro	µm
Decímetro	dm	Miliequivalente	meq
Centímetro	cm	Caloría	cal