

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FCA
Facultad de
Ciencias Agropecuarias

Agronomía

TRABAJO DE DIPLOMA

Influencia de variables meteorológicas sobre indicadores agroproductivos
del plátano "Burro CEMSA" (*Musa* spp., Grupo ABB)

Autora: Maylin Santos Suárez Pérez

Tutor: Dr. C. Ahmed Chacón Iznaga

Santa Clara, junio, 2018
Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

Agradecimientos

Agradecimientos a:

- ♥ *Un agradecimiento especial a mi madre Odalys Pérez Reicino por su apoyo incondicional, por siempre confiar en mí y darme fuerzas en los momentos difíciles.*
- ♥ *A mis hermanos Yosley Moreira Pérez y Orestes Santos Suárez por su amor y su orgullo hacia mí.*
- ♥ *A mis padres Gerardo Dominguez Prieto y Alberto Santos Suárez Jiménez por acompañarme y apoyarme siempre.*
- ♥ *A mi tutor el Dr. C. Ahmed Chacón Iznaga por su dedicación, por cada consejo y por su guía en todo momento, eres especial.*
- ♥ *Al MSc. Amilcar Barreda Valdés por su guía y ayuda en mis primeros años de la carrera.*
- ♥ *A toda mi familia, por el apoyo brindado durante mi carrera y por confiar en mí.*
- ♥ *Al ángel que me guarda y que me guía siempre.*
- ♥ *A todos los profesores que contribuyeron en mi formación y que la continuaron de cerca desde mi educación más temprana hasta la actualidad.*
- ♥ *A Carmita por aguantarme cada vez que iba buscando a mi tutor.*
- ♥ *Al técnico especialista de la UBPC No. 3 de la ECV “Valle del Yabú”, Blas Armenteros y Garcías (“El Bicho”), por su apoyo, dedicación y ayuda en la realización del trabajo.*
- ♥ *A mis compañeros de aula por compartir tristezas y alegrías y enseñarme tantas cosas en el ámbito no solo educativo si no también personal, especialmente a La China, Juan Maidiel y Leidy Yunet.*
- ♥ *A la Revolución Cubana que me ha formado y educado gratuita y desinteresadamente.*

Una vez más, muchas gracias a todos

Dedicatoria

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo de Diploma:

- ♥ *A mi madre Odalys Pérez Reicino por la educación y el amor que me ha dedicado desde que me formé en su vientre hasta hoy, por ser mi ejemplo y mi más grande impulso el deseo de enorgullecerla y honrarla.*
- ♥ *A mis cinco sobrinas que son mi más grande adoración y orgullo Mayelín, Stephanye, Shayla, Vanesa y Shanelys.*
- ♥ *A mis dos hermanos Yosle Moreira Pérez y Orestes Santos Suárez para que estén orgullosos de su hermanita.*
- ♥ *A mi abuela que siempre confía en mí y espera de mí lo mejor.*
- ♥ *A mis tías que las amo muchísimo.*
- ♥ *Al Dr. C. Ahmed Chacón Iznaga por todo el tiempo que ha dedicado en estos 5 años a mi formación profesional y personal.*
- ♥ *A todo aquel que pensó que no lo podría lograr porque fueron los que más me impulsaron a esforzarme al máximo.*

Pensamiento

Pensamiento

“El futuro tiene muchos nombres. Para los débiles es lo inalcanzable. Para los temerosos, lo desconocido. Para los valientes es la oportunidad”.

Victor Hugo

Resumen

Resumen

Con el objetivo de evaluar la influencia de variables meteorológicas sobre indicadores agroproductivos del cultivo del plátano, se desarrolló una investigación durante cinco años consecutivos, en el periodo comprendido de 2013 a 2017. La plantación se encontraba sobre un suelo Pardo mullido medianamente lavado de la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) “Jesús Menéndez”, perteneciente a la empresa de cultivos varios “Valle del Yabú”. Para la caracterización climática de la zona de estudio se utilizaron las series mensuales con los valores máximos, mínimos y medios de lluvia acumulada, de temperatura del aire y humedad relativa. Se evaluaron los indicadores agroproductivos, número de manos, número de dedos por racimos, perímetro del dedo, peso de los dedos, longitud del dedo, peso del racimo y rendimiento agrícola. También se correlacionaron los cambios interanuales de las variables meteorológicas con la respuesta agroproductiva del cultivo. Se determinó que las condiciones meteorológicas analizadas mostraron los mayores coeficientes de variabilidad en la lluvia acumulada, con valores extremos de 58,9 % en CM-2013 y de 100 % en CM-2014. En las condiciones meteorológicas del año 2014 se alcanzaron los máximos resultados en la mayoría de los indicadores agroproductivos. Las correlaciones más significativas y positivas entre las variables meteorológicas e indicadores agroproductivos analizados, se observaron en CM-2014, con respecto a los indicadores peso del racimo y el rendimiento agrícola con coeficientes superiores a 0,45 en todos los casos.

Índice

Índice

1. Introducción.....	1
2. Revisión bibliográfica.....	3
2.1. Impacto de la variabilidad climática en el sector agrícola	3
2.2. Aspectos generales del cultivo de plátano.....	4
2.2.1. Origen y distribución	4
2.2.2. Producción y consumo de plátanos.....	5
2.3. Ubicación taxonómica y caracterización botánica del cultivo	7
2.3.1. Características del clon Burro CEMSA	9
2.4. Requerimientos de clima, suelo e hídricos	9
2.4.1. Requerimientos de clima	9
2.4.2. Requerimientos de suelo.....	10
2.4.3. Requerimientos hídricos.....	10
2.5. Generalidades del manejo agrotécnico del cultivo	11
2.6. Relaciones entre la variabilidad climática y la productividad del cultivo	12
3. Materiales y métodos.....	14
3.1. Caracterización de las condiciones meteorológicas del área seleccionada	14
3.2. Efecto de las condiciones meteorológicas sobre indicadores agroproductivos.....	17
3.3. Correlación entre variables meteorológicas e indicadores agroproductivos	18
3.4. Análisis estadístico	19
4. Resultados y discusión.....	20
4.1. Caracterización de las condiciones meteorológicas del área seleccionada	20
4.1.1. Caracterización de la temperatura media del aire.....	21
4.1.2. Caracterización de la humedad relativa media.....	23

4.1.3. Caracterización de la lluvia acumulada media.....	24
4.2. Efecto de las condiciones meteorológicas sobre indicadores agroproductivos.....	26
4.2.1. Número de manos, número de dedos por racimo y perímetro del dedo	26
4.2.2. Peso de los dedos	27
4.2.3. Longitud de los dedos.....	28
4.2.4. Producción individual por planta	29
4.2.5. Rendimiento agrícola	30
4.3. Correlación entre variables meteorológicas e indicadores agroproductivos.....	31
4.3.1. Correlación entre la temperatura e indicadores agroproductivos	31
4.3.2. Correlación entre la humedad relativa e indicadores agroproductivos	33
4.3.3. Correlación entre la lluvia acumulada e indicadores agroproductivos	34
5. Conclusiones.....	36
6. Recomendaciones	37
7. Referencias bibliográficas.....	
8. Anexos	

Introducción

1. Introducción

La agricultura es una de las actividades económicas sobre la que más inciden los efectos de la variabilidad climática. Esta tiene fuertes repercusiones sobre diferentes variables meteorológicas; induciendo cambios en el patrón de precipitación que afecta directamente la disponibilidad hídrica, la gestión territorial de prácticas agrícolas y agroecosistemas (Puertas *et al.*, 2011). En términos generales, el rendimiento de diferentes cultivos, tiende a disminuir significativamente por el estrés térmico e hídrico, el acortamiento de la estación de crecimiento y la mayor presencia de plagas.

La producción de plátano (*Musa spp.*) es una importante fuente de alimento para gran parte de la población mundial (Englberger *et al.*, 2006; Ortiz, 2012), y es un sistema complejo que involucra no sólo a la planta sino también toda la cadena productiva, y por ello las estrategias de adaptación a la variabilidad climática deben estar fundamentadas en estudios que permitan entender los posibles efectos físicos sobre el rendimiento y las consecuencias económicas de los posibles cambios en la productividad agrícola.

En Cuba, este cultivo es fundamental para lograr el equilibrio de productos en el mercado y constituye un renglón estratégico de elevada prioridad dentro del programa alimentario nacional debido a su capacidad de todos los meses del año, su elevado potencial productivo, arraigados hábitos de consumo y diversidad de usos. El plátano vianda (ABB) es un renglón estratégico de elevada prioridad dentro del programa alimentario nacional, debido a su capacidad de producir todos los meses del año, su elevado potencial, arraigados hábitos de consumo y diversidad de usos. Razón por la se llevan a cabo grandes esfuerzos con vistas al incremento de las áreas destinadas a su cultivo (Rodríguez, 2000; López, 2002; Rengifo *et al.*, 2016).

La producción de plátano vianda (ABB), se ha visto afectada desde hace varias décadas por la incidencia de este factor, entre otros. Sin embargo, actualmente en la provincia de Villa Clara no se realiza el monitoreo de los cambios interanuales de variables meteorológicas, y su relación con las afectaciones al rendimiento agrícola, sus componentes y la producción del cultivo del plátano.

El fenómeno del Niño o La Niña ocasionan frecuentemente serios problemas en la mayoría de las actividades del sector agropecuario, limitando calidad, productividad y poniendo en riesgo la seguridad alimentaria de las poblaciones más vulnerables (Gallegos *et al.*, 2016; Verzosa *et al.*, 2016). El incremento generalizado de la temperatura del aire asociado con el calentamiento global podría representar múltiples impactos sobre los sistemas productivos y ambientales, como el aumento en el consumo de agua por plantas y animales, la alteración de ciclos biológicos de diferentes organismos y cambios en la distribución potencial de nichos ecológicos, entre muchos otros. Otro problema serio que tendría que enfrentar la agricultura es el aumento en la frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos extremos, muchos de ellos asociados a ciclos de variabilidad climática que se están haciendo progresivamente más recurrentes y agresivos (Easterling *et al.*, 2000; Bates *et al.*, 2008).

Hipótesis

Las referencias anteriores conllevan al planteamiento de la siguiente hipótesis,

El monitoreo de la variabilidad meteorológica interanual, contribuirá a la determinación de su grado de influencia sobre la respuesta agroproductiva del cultivo del plátano.

Para comprobar la hipótesis se proponen los siguientes objetivos,

Objetivo general

Evaluar la influencia de variables meteorológicas sobre indicadores agroproductivos del cultivo del plátano.

Objetivos específicos

1. Caracterizar las condiciones meteorológicas del área productora de plátano seleccionada.
2. Evaluar indicadores agroproductivos del cultivo del plátano según las condiciones meteorológicas de los años objeto de estudio.
3. Correlacionar los cambios interanuales de las variables meteorológicas con la respuesta agroproductiva del cultivo del plátano.

Revisión bibliográfica

2. Revisión bibliográfica

2.1. Impacto de la variabilidad climática en el sector agrícola

A nivel mundial la preocupación por los impactos de la variabilidad climática está creciendo y por ello múltiples países han acordado esforzarse en comprometerse a contribuir a la reducción de emisión de gases de efecto invernadero, el implementar estrategias de adaptación al cambio climático y modificaciones en las formas de aprovechamiento de los recursos naturales. Además de la importancia de la conservación de ecosistemas y la valoración de los servicios ambientales (Rodríguez-De Luque *et al.*, 2016; Escamilla *et al.*, 2017).

Según Moreno *et al.* (2015), la variabilidad climática y la producción agrícola están enteramente ligadas, tanto en el desarrollo fisiológico de las planta como en las estrategias de manejo de los cultivos, por ello es importante identificar la frecuencia de eventos climáticos basada en datos históricos, su probabilidad de ocurrencia y afectación sobre la producción de los cultivos, y en el particular de este estudio sobre la producción de plátano.

Dentro de la variabilidad climática existen diversos eventos extremos y moderados que generan impactos en la agricultura; las sequías, inundaciones, heladas, tormentas, huracanes entre otros, ocasionan pérdidas de siembras, cosechas y cubierta vegetal alterando los cultivos (Tiscornia y Giménez, 2016; Ferrelli *et al.*, 2017).

Para identificar la variabilidad climática es fundamental realizar un análisis de series de tiempo. Al respecto, Villavicencio (2010) y Cuadros (2016), refieren que es la secuencia de observaciones medidas en determinados momentos, ordenadas cronológicamente en períodos anuales, mensuales, trimestrales o semanales con el fin de identificar la frecuencia de anomalías debidas a eventos moderados o extremos climáticos. Sin embargo, de acuerdo con Allwood, *et al.* (2014), reportan que para la predicción de las variaciones climáticas, se requiere de una proyección climática, que sea la respuesta simulada del sistema climático a un escenario de emisión o concentración de gases de efecto invernadero, obtenidos mediante modelos climáticos futuros.

La variabilidad climática de corto periodo se refiere a las fluctuaciones observadas en el clima durante períodos de tiempo relativamente pequeños; por lo tanto, en un año, se registran valores por encima o por debajo de los promedios históricos. La normal climatológica o valor normal, se utiliza para definir y comparar el clima; generalmente representa el valor promedio de una serie continua de mediciones de una variable climatológica durante un período de por lo menos 30 años. La variabilidad climática de corto período tiene tres tipos de escalas para ser estudiadas: estacional, intraestacional e interanual (Pabón y Montealegre, 2000; Delgado *et al.*, 2015; Pérez *et al.*, 2015).

2.2. Aspectos generales del cultivo de plátano

El plátano es nutricionalmente similar a la papa, fácil de digerir, ampliamente usado en la nutrición de los infantes y como tiene una composición química similar al mucus del revestimiento del estómago, muestra un efecto suavizante en el tratamiento de úlceras gástricas y diarrea. En términos de energía cada gramo proporciona una caloría. Es considerado una buena fuente de vitaminas A, B1, B2 y C, por el alto contenido de Vitamina B6 ayuda a aliviar el estrés y la ansiedad. Además, se utiliza para brindar sombra a grupos de cultivos como es el cacao y el café (Knudsen, 2000, Carvajal *et al.*, 2016; Montoya *et al.*, 2016).

2.2.1. Origen y distribución

Las especies silvestres de *Musa* fueron usadas por el hombre desde los comienzos de su existencia y su domesticación se inició con el cultivo de las plantas comestibles. Se considera que el género se originó en la península Malaya en Asia, como probable centro primario, tanto de *Musa balbisiana* como de *Musa acuminata* (Belalcázar, 1991; Olmos y Ballesteros, 2016), luego, se introdujo en el África Oriental a través de Madagascar, hacia el año 500 D.C., llegando a la costa oeste del continente a través de las zonas tropicales del centro. Llegó al Mediterráneo hacia el 650 D.C. y viajeros polinesios lo llevaron al Pacífico aproximadamente en el año 1000 (Reynolds, 1951; Marshall, 1956; Cabezas y Galoa, 2014).

Las más antiguas noticias que se poseen sobre el plátano son de la India (600-500 AC), pero el cultivo debe haber existido en ese país desde muchos milenios antes.

Diferentes grupos de plátanos comestibles surgieron en las zonas que se extienden entre la India y Malasia Oriental (Reynolds, 1951; González-Arcos, 2015).

Los dos factores principales en la evolución de los plátanos comestibles fueron: el desarrollo de la potencialidad genética de la partenocarpia y la esterilidad genética. Por la hibridación entre las especies *Musa acuminata* Colla, y *Musa balbisiana* Colla aparecen los clones diploides, triploides y tetraploides los que aún persisten en gran número en el sudeste de Asia (Simmonds, 1966; Calle-Veliz, 2018).

De la denominación “*plantain*” no se conoce su origen, al parecer se usó primero en español (“plátano”). Ambas fueron asimiladas después por otras lenguas europeas; no cabe duda que esos dos vocablos permanecieron plenamente establecidos en inglés en las Antillas, a mediados del siglo XVII (Cheesman, 1948).

La distribución de los plátanos comestibles fuera de Asia se cree que pudiera haber sido desde Indonesia cruzando el Océano Indico hasta Madagascar, posteriormente introducido al Este de África, Zaire y Oeste de África, donde obviamente ocurrieron mutaciones, resultando un gran número de clones. Los portugueses los transportaron del Oeste de África hasta Islas Canarias. En cuanto a su introducción en América, se sostiene que fue llevado desde la Gran Canaria a Santo Domingo por Fray de Berlanga en 1516 y de ahí a Cuba (Robinson, 1996; López, 2002;).

Los plátanos fueron llevados a las Islas Canarias por los portugueses, poco después de 1402 y de ahí al Nuevo Mundo. En 1516, Fray Tomás de Berlanga, obispo de Panamá, introdujo en Santo Domingo las primeras plantas procedentes de Islas Canarias, de donde se propagó a otras islas del Caribe entre ellas Cuba y posteriormente al continente (Reynolds, 1951; López, 2002).

2.2.2. Producción y consumo de plátanos

Según Espinosa-Cuellar (2009) y González *et al.* (2017), en el continente africano es considerado un alimento básico para más de 100 millones de habitantes, fundamentalmente en los altiplanos de África del Este y en zonas tropicales húmedas de África Occidental y Central. En países como Uganda, Burundi y Ruanda se realiza el mayor consumo mundial promedio para un año (250 kg por habitantes). La India es el mayor productor mundial y el volumen que consume es similar a la cifra que se exporta

en el mundo todos los años; Malasia ocupa el segundo lugar, estas producciones son una fuente importante de empleo. En América Latina y el Caribe se produce para exportar, pero sólo representa el 35% de la producción total, porque se cultivan grandes cantidades para el consumo local exclusivamente. Es una gran fuente de ingresos para los pequeños productores por la venta de plátanos y bananos así como de empleo para los trabajadores agrícolas de la región.

Sólo el 10% de la producción entra al mercado internacional y es un importante renglón económico para muchos países. El 90% se consume localmente, por lo que constituye un importante complemento alimentario y de sustento de pequeños agricultores en muchos países de América Latina, Asia y África, que lo consumen fresco, hervido, frito o en forma de cerveza. En América Latina, países como Colombia que siembra cerca de 400 000 ha de plátano y produce unas 2 970 000 t año⁻¹, consume el 96% y exporta el 4%. La producción de este cultivo se basa en una amplia gama de variedades comerciales o clones, muchas de las cuales han disminuido por la aparición de algunas plagas, entre ellas la Sigatoka negra (FAO, 2016; Ramos-Agüero *et al.*, 2016).

En Cuba, el cultivo del plátano es fundamental para lograr el equilibrio de productos en el mercado. Es un renglón estratégico de elevada prioridad dentro del programa alimentario nacional, por su capacidad de producir todos los meses del año, potencial productivo, arraigados hábitos de consumo y diversidad de usos (Rodríguez, 2000). Por este motivo se hacen grandes esfuerzos por aumentar las áreas destinadas a él en todo el país, donde se ha reportado la existencia de 92 053 ha, un rendimiento agrícola de 52,77 t ha⁻¹ y una producción de 485 800 t (FAO, 2016; González *et al.*, 2017).

De acuerdo con los criterios de Montoya *et al.* (2016), este cultivo posee un alto contenido en potasio y brinda un elevado aporte energético. Es de frecuente consumo entre deportistas y fisiculturistas. Por cada 100 g se encuentra 22,84 g de carbohidratos, 0,33 g de grasa, 1,09 g de proteínas, 0,031 mg de vitamina B1, 8,7 mg de vitamina C, 27 mg de magnesio y 22 mg de fósforo. Para su uso en la alimentación los plátanos se hierven, se hacen al vapor, se fríen en tajadas o se asan. En los trópicos se pueden hacer la harina de plátano secando y moliendo frutas verdes o

maduras, para elaborar galletas y pasteles. Los plátanos triturados pueden ser congelados para utilizarlos luego en batidos con leche, pasteles y helados.

Desde el punto de vista medicinal, las cáscaras trituradas de los plátanos maduros se utilizan para hacer un cataplasma para heridas, debido a que la cáscara tiene propiedades antisépticas, se le puede aplicar directamente a las heridas o cortadas en un caso de emergencia. En los EE.UU. un extracto natural del pseudotallo, patentado bajo el nombre de *CellQuest*, se vende como un suplemento de dieta y ayuda a prevenir o curar el cáncer. Como fuente de fibra, los plátanos se usan extensamente en la manufactura de ciertos tipos de papel, particularmente donde se requiere una gran fuerza. Ejemplo, el papel para hacer bolsas de té y el papel moneda japonés (Yen). También tiene aplicación en la fabricación de sogas, cuerdas e hilos y en la producción de numerosas artesanías (Rodríguez, 2006; Blasco-López y Montaña, 2015).

2.3. Ubicación taxonómica y caracterización botánica del cultivo

La ubicación taxonómica del plátano es:

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Zingiberales*

Familia: *Musaceae*.

Género: *Musa*

Especie: *Musa* sp.

El género *Musa* está dividido en cuatro secciones, *CalliMusa*, *AustraliMusa*, *EuMusa* y *Rhodochlamys*. Todos los clones de plátano han surgido de las especies de la sección *EuMusa*, que a su vez es la mayor y la más ampliamente distribuida geográficamente del género. La sección contiene once especies pero la mayoría de los cultivares son derivados de *Musa acuminata* (genoma A) y *Musa balbisiana* (genoma B). Los plátanos evolucionaron en la India y en menor medida en el archipiélago Malayo e islas del Sur del Pacífico (AB, grupo menor en India; AAB y ABB, centro principal en India, grupo menor en Malasia; ABBB, se conocen algunos clones del sudeste Asiático y Papua

Nueva Guinea). Estos grupos genómicos diferentes contribuyeron a la diversidad de los plátanos comestibles, en existencia hoy (Stover y Simmonds, 1987).

Los plátanos son plantas herbáceas perennes, que pueden alcanzar los 6 m de altura (Simmonds, 1966 y Berrie, 1997); el pseudotallo de forma cilíndrica, un cormo y un sistema radicular fibroso. Las raíces brotan normalmente en grupos de cuatro en la superficie del cilindro central del cormo y tienen de 5 a 8 mm de espesor (Riopel y Steeves, 1964; Summerville, 1994).

Sandoval y Müller (1999) y Valmayor *et al.* (2008), refieren que el número de hojas totales de la planta depende de la edad y el cultivar. Cada planta tiene normalmente entre 5 y 15 hojas, siendo 10 el mínimo para considerarla madura; las hojas viven no más de dos meses, y en los trópicos se renuevan a razón de una por semana en la temporada de crecimiento. Las flores son ebracteadas y están dispuestas en fascículos biseriados sobre protuberancias nodales, recubierto cada fascículo por una bráctea decidua. Los nodos basales de la inflorescencia tienen flores femeninas y los nodos distales, masculinas; a menudo, uno o más fascículos de flores neutras se encuentran presentes entre las zonas masculinas y femeninas. Las flores masculinas son deciduas y el eje que las sustenta normalmente en la zona distal (raquis) continúa creciendo, mientras los frutos se desarrollan.

Las flores femeninas tienen ovarios ínferos triloculares y tricarpelares funcionales, así como estaminodios; las flores masculinas tienen ovarios abortivos y estambres bien desarrollados. El periantio es fuertemente zigomórfico y parcialmente gamotépalo en un tépalo abaxial compuesto de cinco miembros y un tépalo libre (Valmayor *et al.*, 2008).

Los frutos de los plátanos por lo general, son geotrópicos negativos y la forma del fruto adulto refleja la postura y la posición de los frutos en el racimo. Son partenocárpicos y la pulpa se desarrolla principalmente a partir de la pared del ovario, producto de las inducciones de las sustancias del crecimiento. La esterilidad (o sea la carencia de semillas) es en parte independiente de la partenocarpia, muchos resultan algo fértiles si se les poliniza (Simmonds, 1966; Blasco-López y Montaña, 2015).

La mayoría de los plátanos son estériles, lo que puede estar determinado por la presencia de genes de esterilidad femenina o por los cambios numéricos o

estructurales de los cromosomas, así como por su nivel de ploidía. Las especies silvestres tienen frutos con semillas que se desarrollan únicamente si son polinizados de manera efectiva (Ormaza, 2017).

2.3.1. Características del clon Burro CEMSA

Las plantas del clon de plátano Burro CEMSA son muy rústicas, vigorosas y productivas. La distancia de plantación recomendable para este clon es de 3x3 m entre plantas e hileras, lo cual da una densidad de población de 1 100 plantas por hectárea. Es tolerante a Sigatoka negra por lo que no requieren de aplicaciones fungicidas para producir buenos rendimientos, no obstante las hojas más viejas pueden presentar daños ligeros de esta enfermedad; sin embargo, su efecto sobre el tamaño del racimo, la calidad del fruto y el rendimiento es mínimo (Staver y Capra, 2017).

En zonas tropicales se adapta a diversos tipos de suelo y clima, se sugiere establecerlos, en regiones con precipitaciones mayores o iguales a 1 200 mm. Se debe mantener una adecuada densidad de plantas para obtener racimos de buen tamaño, controlar adecuadamente las plagas del suelo, fertilizar con 200-75-150 kg ha⁻¹ de nitrógeno, fósforo y potasio dividido en dos aplicaciones a intervalos de seis meses, bajo condiciones de riego y regar cada 10-15 días durante el periodo de ausencia de lluvias. Produce racimos que en promedio pesan de 31 a 33 kg, el rendimiento anual en el primer año es de 34 t ha⁻¹ y en el segundo es de 65 t ha⁻¹, sin aplicación de agroquímicos (Boffill-Cárdenas *et al.*, 2018).

2.4. Requerimientos de clima, suelo e hídricos

Generalmente el cultivo de plátano se desarrolla en condiciones tropicales, las cuales son húmedas y cálidas, aunque en algunas regiones el plátano ha sido sometido a condiciones poco favorables (Nava, 1997).

2.4.1. Requerimientos de clima

En cuanto a la latitud las condiciones óptimas se dan a 0° y 15° Norte y Sur. El cultivo se desarrolla bien desde 0 hasta 2 000 m. Al incrementarse la altura a 700 m el ciclo se alarga en 15 días y en 2 meses a 1100 m. Sobre esta altura desmejora además la calidad del fruto. Se considera necesario de 1 300 a 1 800 mm de precipitación anual,

bien distribuidos para satisfacer las necesidades hídricas de la planta, esto es de 100 a 150 mm/mes; con precipitaciones menores la planta puede sufrir problemas en su desarrollo, pudiéndose satisfacer las necesidades hídricas con riego suplementario. La humedad relativa de aire debe mantenerse sobre el 60% sin embargo en ese rango se tiene problemas con enfermedades fungosas en el follaje, máxima en estos tiempos cuando una seria amenaza cae sobre la producción platanera (Ramos-Agüero *et al.*, 2016; González y Torres, 2017).

El cultivo requiere temperaturas altas, 21 a 29 °C, siendo 27 °C la óptima, por debajo o sobre estos límites promedios el crecimiento de la planta se altera. De acuerdo con Najera-Martínez (2018), brisas relativamente fuertes y frecuentes pueden desflecar las hojas, estas rupturas transversales de la lámina del limbo, por sí solas no producen daños a las plantas. Cuando se produzcan laceraciones fuertes puede reducirse la capacidad fotosintética de la hoja. Bajo condiciones de baja luminosidad, el ciclo vegetativo se alarga; esto se puede dar con la alta nubosidad en algunas zonas, por la altitud y por el excesivo sombreado dado por el exceso de plantas por área.

2.4.2 Requerimientos de suelo

Los plátanos se requieren suelos de textura mediana: franco, franco-arcilloso, franco arcillo limoso, franco limoso con buena profundidad (65 % de las raíces están en los primeros 30 cm de profundidad). Los suelos arenosos, con baja retención de humedad, pueden provocar déficit hídrico en las plantas en los períodos de escasa precipitación, las arcillas dificultan el crecimiento de las raíces y el libre movimiento del agua. El suelo no debe presentar capas que impidan el libre movimiento vertical del agua. No debe presentar gravas o piedras o estratos endurecidos (Nava, 1997).

2.4.3. Requerimientos hídricos

Las necesidades hídricas de un cultivo se basan en la superficie foliar transpirante, siendo entonces, el cultivo de plátano más exigente en sus requerimientos de agua que otras especies (Almansa y Edgar, 1994). De acá que el plátano sea sensible a la falta de agua en todo su ciclo de vida, especialmente en el inicio de la etapa vegetativa, en la floración y formación del racimo. Dada la morfología de la planta de plátano e hidratación de sus tejidos, esta requiere abundante cantidad del agua disponible en el

suelo para que su crecimiento y desarrollo sucedan normalmente (Ramírez, 2004; Castaño *et al.*, 2011).

Consecuentemente, el clon de plátano y el arreglo espacial y cronológico al que se someta el cultivo tiene injerencia en la disponibilidad de agua para el desarrollo de la planta. Relacionar el estrés hídrico sufrido por la planta cuando ocurren cambios en la variabilidad climática es de relevancia para adoptar medidas que disminuyan la baja productividad del cultivo y la afectación al sistema natural y social. Asociado con esto, la importancia de estudiar las tendencias de precipitación y los posibles cambios futuros en el clima, para próximas investigaciones se requiere de la estimación de los cambios de magnitud e intensidad de la precipitación a menor escala (Puertas *et al.*, 2011).

2.5. Generalidades del manejo agrotécnico del cultivo

Una vez seleccionada el área de siembra, se debe considerar el estado en que se encuentra el terreno, si está lleno de arvenses, se debe limpiar bien hasta eliminarlas de forma manual o mecánica. En la preparación de suelo la labor de aradura debe ser a una profundidad de 0,40 m y dar un pase de grada pasados ocho días para desmenuzar los terrones e incorporar rastrojos (Chunzho y Leonardo, 2017).

Según Castaño *et al.* (2011), una vez que se determine la densidad de siembra y el arreglo espacial que se dará a la plantación, se procede a marcar el terreno, haciendo uso de cordeles y estacas que señalan el lugar específico donde se colocarán los rizomas. Las distancias de siembra cortas, exigen más labores culturales, pero al efectuarlas adecuadamente se obtienen mejores rendimientos. Las dimensiones del hoyo de siembra, en suelos francos, pueden ser de 0.40 x 0.40 x 0.40 m, y en suelos más arcillosos de 0.60 x 0.60 x 0.60 m.

Mahalakamini *et al.* (2003) expresan que en la medida en que utilicen las altas densidades conjuntamente con la selección de clones de alto rendimiento se contribuirá a la disminución de los costos de producción de las plantaciones dedicadas a este cultivo. En evaluaciones realizadas Belalcázar (1991) en clones del grupo ABB, observó que los componentes del rendimiento no se afectaron significativamente por las densidades de siembra. No ocurriendo de igual forma en cuanto al número de dedos y peso de los racimos, a pesar de estar en el rango de valores correspondientes al clon.

Se recomienda una fertilización armónica y estable con nitrógeno y potasio, en dosis que oscilan en correspondencia con las reservas del suelo entre 75 y 300 g de N y 400 y 1 000 g de K₂O por plantas. Estas necesidades no pueden ser cubiertas con aplicaciones unilaterales de fertilizantes minerales, porque provocarían una aceleración de la acidificación del suelo y la pérdida de la materia orgánica y sus bases. La aplicación de materia orgánica constituye una premisa imprescindible para la protección y recuperación de los suelos, para aliviar los problemas de salinidad, mal drenaje y el régimen hídrico de los mismos (Martínez *et al.*, 2016).

Las dosis varían mucho, dependiendo de las condiciones edafoclimáticas, del tipo de suelo específico y el contenido de potasio original, así como del contenido de calcio, magnesio y manganeso presentes en el mismo, sugiriendo para la determinación del estado nutricional a través de los análisis foliares (Martin-Prever, 1966).

Los tres sistemas de riego más utilizados son riego por gravedad, aspersión y localizado. Para los sistemas de riego por gravedad y aspersión se recomienda la aplicación de 4-5 riegos/mes en los suelos ferralíticos rojos y nunca menos de 3 para los suelos oscuros. En el caso del sistema localizado (microjet aéreos y terrestres) es necesario planificar riegos diarios entre 2-3 horas (Chunzho y Leonardo, 2017).

De acuerdo con Nava (1997) y Ramos-Agüero *et al.* (2016), los plátanos deben cosecharse verdes, pero en un punto muy cercano a la madurez fisiológica. El plátano burro deberá cosecharse cuando el racimo esté totalmente rayado si es para áreas de autoconsumo o mercado cerca, y deberá tener el 50 % de las manos rayadas, cuando es para mercados lejanos

2.6. Relaciones entre la variabilidad climática y la productividad del cultivo

La producción agrícola a campo abierto es altamente sensible al comportamiento de las variables climáticas. Un cultivo bien adaptado a un ambiente, y con un adecuado nivel tecnológico podrá expresar su máximo desarrollo como respuesta a unas características genéticas, siempre y cuando el ambiente mantenga sus componentes en un rango óptimo. El cultivo del plátano es particularmente susceptible a eventos estresantes. La humedad del suelo y la temperatura son factores determinantes en su producción, afectan el crecimiento, el desarrollo de la planta y del fruto (Ortiz, 2012).

De acuerdo con lo anterior, se hace necesario investigar los efectos de la variabilidad climática en sistemas de producción de plátano, para identificar el impacto de estos sistemas en los servicios ecosistémicos de regulación y así proponer estrategias para adaptarse a estos cambios. La variabilidad climática afecta el patrón de precipitación, temperatura, velocidad del viento y por ende la disponibilidad hídrica lo que genera dificultades en cultivos de plátano. Variaciones en esos niveles óptimos y particularmente la ocurrencia de eventos extremos, como sequías o inundaciones prolongadas, afectan fuertemente el desarrollo del cultivo (Delgado *et al.*, 2015; Carvajal *et al.*, 2016).

A su vez, Puertas *et al.* (2011), Cabezas y Galoa (2014) refieren que el efecto puede ser directo o indirecto, pues la variabilidad climática implica cambios en las relaciones del cultivo con los factores bióticos como las plagas y abióticos como la humedad del suelo, disponibilidad de nutrientes, entre otros. Un aumento de temperatura puede ocasionar un cese del proceso fotosintético, pero indirectamente en combinación con una alta humedad relativa y precipitación puede favorecer el desarrollo de algunos microorganismos responsables de enfermedades limitantes en la producción. Un buen suministro de agua, volumen y distribución, favorece un desarrollo vigoroso y acelerado de la planta, brindándole una mayor resistencia al ataque de enfermedades.

Materiales y métodos

3. Materiales y métodos

La investigación se realizó en la empresa agropecuaria “Valle del Yabú”, que se localiza en el municipio Santa Clara, provincia Villa Clara, en la carretera a Sagüa la Grande, kilómetro 4 ½. Esta unidad tiene como tarea fundamental la producción de cultivos varios. Se seleccionó una plantación de plátano del clon Burro CEMSA (*M. spp.*, Grupo ABB) (Figura 10, Anexos), sobre un suelo Pardo mullido medianamente lavado, según la versión de clasificación de los suelos de Cuba de Hernández *et al.* (2015).

La preparación de suelos se realizó para facilitar la penetración del sistema radicular. El número de labores estuvo en dependencia del tipo de suelo y como labores fundamentales se realizó la subsolación y nivelación para mejorar drenaje interno y superficial. Se realizó un surcado profundo en función del tipo de suelo, entre 25 – 40 cm. La distancia de plantación fue de 4 x 4 m. Se realiza una poda sistemática en hojas colapsadas amarillas y secas. En aquellas que presenten afectaciones por *Sigatoka*, se elimina la parte que presenta daños por los últimos estadios del hongo. La conducción se realiza cuando los hijos que conforman la corona en el plantón alcanzan una altura de 0,80 – 1,0 m. Se despampana cuando la separación entre la última mano y la bellota es de 15- 20 cm. Se cosecha cuando el racimo está totalmente rayado (INIVIT, 2007).

Se registraron datos de variables meteorológicas, indicadores agroproductivos y económicos de la plantación correspondientes a cinco años consecutivos (2013; 2014; 2015; 2016; 2017).

3.1. Caracterización de las condiciones meteorológicas del área seleccionada

Para la realización de esta caracterización, se utilizaron los registros de las series mensuales de diferentes variables meteorológicas de los cinco años seleccionados. Esta información climatológica fue obtenida en la estación agrometeorológica 78343, ubicada en la propia empresa y disponible en el Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara (CMPVC).

Para realizar el análisis de los datos, se estableció la siguiente metodología:

1. Selección de las variables meteorológicas, analizando en cada una los valores de máxima, media, mínima y el rango:
 - T- temperatura del aire (° C).
 - HR- Humedad relativa (%).
 - LI- Lluvia acumulada (mm).

La temperatura del aire y la humedad relativa permiten identificar picos máximos o mínimos que pueden incidir en el metabolismo de cultivo o de plagas. La lluvia puede indicar en términos generales períodos de sequía o lluvias en términos de intensidad, frecuencia y estacionalidad.

2. Ordenamiento de los datos, de acuerdo a las variables y a los años específicos. Se seleccionaron aquellas series de datos con el total mensual (lluvia) o la media mensual (temperatura del aire y humedad relativa). Los datos se tabularon con el empleo de *Microsoft Excel* del paquete *Office para Windows' 2007*.
3. Cálculo del promedio anual de las variables meteorológicas. Se obtuvo a partir del promedio aritmético de los valores de temperatura del aire, humedad relativa y lluvia acumulada de las series anuales obtenidas en la estación agrometeorológica.
4. Determinación del comportamiento anual de las variables seleccionadas. Mediante la tabulación y elaboración de figuras representativas de cada año, se expresan todos los promedios mensuales anuales para identificar los meses de mayor y menor temperatura del aire, humedad relativa y lluvia acumulada.
5. Análisis de los patrones de comportamiento anual de las diferentes variables. Los resultados obtenidos se compararon con los datos históricos de las vitrinas de tiempo (30 años) correspondientes a estas variables y registradas en la Estación agrometeorológica 78343 (figuras 1 y 2).

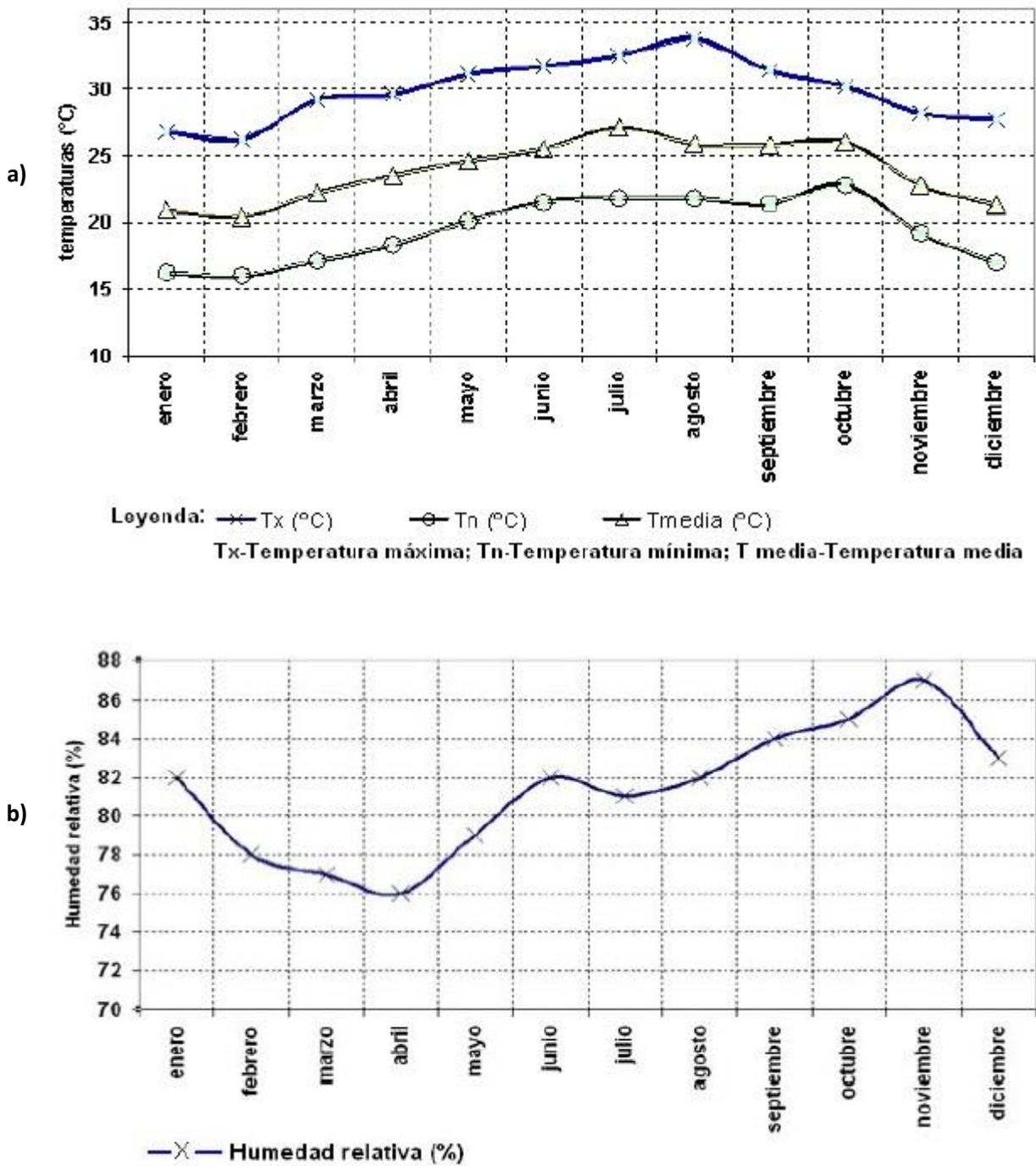


Figura 1. Vitrina de tiempo. a) Temperatura del aire °C. b) Humedad relativa (%).
 Estación agrometeorológica Yabú (78343)

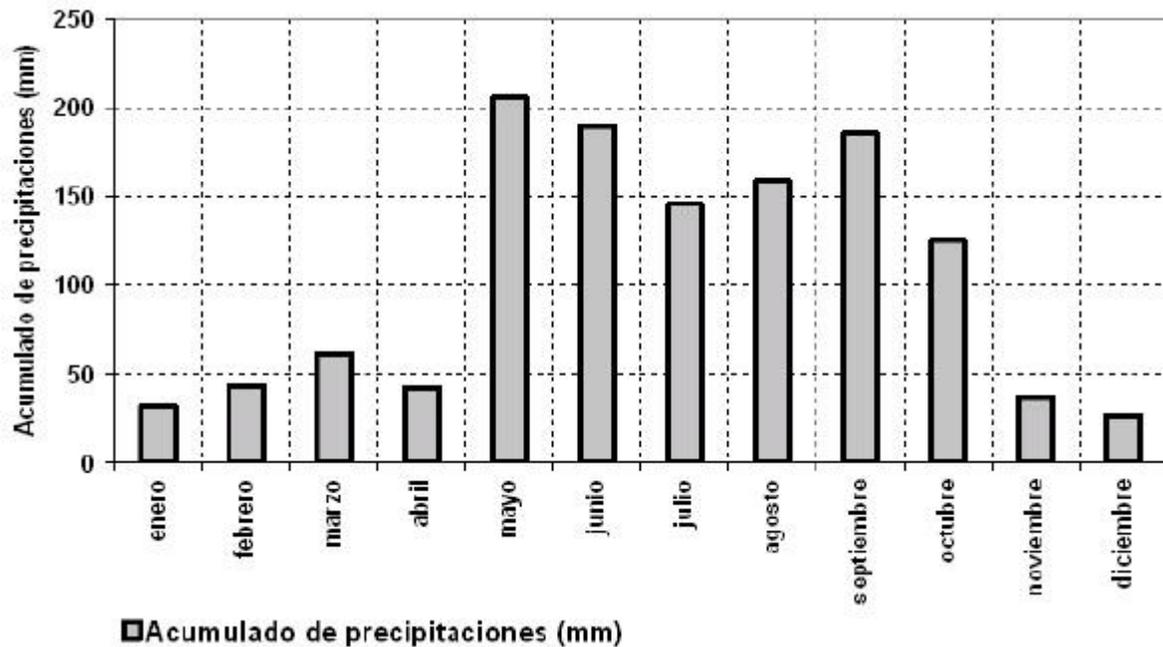


Figura 2. Vitrina de tiempo. Acumulado de precipitaciones (mm). Estación agrometeorológica Yabú (78343)

3.2. Efecto de las condiciones meteorológicas sobre indicadores agroproductivos

A partir del análisis de informes técnicos, de entrevistas con los principales responsables de esta actividad en la empresa, observaciones y mediciones directas en el campo, se obtuvieron los datos del cultivo de plátano que muestran su manejo agrotécnico y respuesta agroproductiva durante 5 años.

Los indicadores agroproductivos evaluados fueron:

- **Número de manos:** número de manos que componen el racimo. Después de la cosecha, se cuantificaron las manos presentes en cada uno de los racimos. Al final se obtuvo el promedio respectivo.
- **Número de dedos por racimos:** número de frutos que componen el racimo. Después de la cosecha, se cuantificaron los dedos presentes en cada uno de los racimos. Al final se obtuvo el promedio respectivo.

- **Perímetro del dedo (cm):** se midió de forma individual el perímetro central de cada uno de los dedos que fueron retirados de las manos. Se utilizó una cinta métrica con ± 1 mm de precisión.
- **Peso de los dedos (g):** peso medio de los dedos que conforman las dos primeras manos emitidas en el momento de la floración. Se utilizó una balanza mecánica manual.
- **Longitud media de los dedos (cm):** se midió la curvatura exterior de todos los dedos que conforman las dos primeras manos emitidas en el momento de la floración, con el empleo de una cinta métrica. La lectura se tomó desde la parte basal hasta la distal del dedo. Al final se obtuvo el promedio.
- **Producción individual por planta (kg):** peso medio de los racimos obtenidos en cada año. La suma de los pesos de los racimos cosechados se dividió entre el número de estos últimos para obtener el peso promedio por racimo. Se utilizó una balanza mecánica manual.
- **Rendimiento agrícola ($t\ ha^{-1}$):** toneladas de frutos obtenidos por tratamiento de forma global. En una balanza mecánica manual se pesaron todos los racimos cosechados en la plantación seleccionada. La suma de los pesos se proyectó a una hectárea, expresando los valores en $t\ ha^{-1}$.

3.3. Correlación entre variables meteorológicas e indicadores agroproductivos

Para identificar el grado de intensidad de la posible relación entre las variables meteorológicas y los indicadores agroproductivos del cultivo de plátano, se aplicó el estadístico denominado coeficiente de correlación lineal de Pearson (r). Este coeficiente toma los valores de $-1 < r < 1$ y se calcula mediante el algoritmo:

$$r = \frac{1/n * \sum(x_i - x_m) * (y_i - y_m)}{((1/n * \sum(x_i - x_m)^2) * (1/n * \sum(y_i - y_m)^2))^{1/2}}$$

Las correlaciones se establecieron de la forma siguiente:

1. Correlación entre la temperatura e indicadores agroproductivos.
2. Correlación entre la humedad relativa e indicadores agroproductivos.
3. Correlación entre la lluvia acumulada e indicadores agroproductivos.

Para evaluar el grado de significación de las correlaciones se aplicó la escala:

$r > 0$ La correlación lineal es positiva; si sube el valor de una variable sube el de la otra. La correlación es tanto más fuerte cuanto más se aproxime a 1.

$r < 0$ La correlación lineal es negativa; si sube el valor de una variable disminuye el de la otra. La correlación negativa es tanto más fuerte cuanto más se aproxime a - 1.

$r = 0$ No existe correlación lineal entre las variables.

3.4. Análisis estadístico

Para el procesamiento estadístico de los resultados, se aplicaron análisis de varianza (ANOVA), con pruebas de Tukey HSD (1994) para las comparaciones de medias, empleándose el paquete STATGRAPHICS.Centurion.XV.v15.2.14.

Para el cálculo del coeficiente de variación se utilizó la siguiente fórmula:

$$CV = \frac{DE}{\bar{x}}$$

Donde:

CV = Coeficiente de variación.

DE- desviación estándar del conjunto de datos.

\bar{x} = valor absoluto de la media del conjunto de datos.

Resultados y discusión

4. Resultados y discusión

4.1. Caracterización de las condiciones meteorológicas del área seleccionada

Las temperaturas máximas alcanzaron valores por encima de los 32,5 °C en todos los años objeto de estudio, observándose el valor más alto en CM-2015 con 34 °C. A su vez, las temperaturas mínimas registradas fueron inferiores a los 17 °C, correspondiéndose el valor más bajo a las condiciones meteorológicas del año 2013 (CM-2013) con 14,9 °C. En el caso de estas temperaturas mínimas se observó un coeficiente de variación (CV) de 5 %, que fue superior al observado en el de las máximas de solo 1,8 %. El mayor y menor rango de esta variable meteorológica correspondió a CM-2015 y CM-2017 con 18,6 °C y 16,6 °C respectivamente. En cuanto a la humedad relativa se destaca que las máximas estuvieron entre 98 y 99 % en cada etapa evaluada y los valores de mínima fueron superiores al 40 %, excepto en CM-2013. El mayor rango de humedad relativa se observó en CM-2013 con 60 % y el resultado más bajo correspondió a CM-2017 con 53 %. La variable lluvia mostró el máximo acumulado en CM-2014 con 365,2 mm, mientras que los demás años en ningún caso rebasaron los 300 mm (Tabla 1).

Tabla 1. Caracterización de las condiciones meteorológicas anuales

Años	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)			Lluvia (mm)		
	Min	Máx	Rango	Min	Máx	Rango	Min	Máx	Rango
CM-2013	14,9	32,6	17,7	39	99	60	5,1	226,3	221,2
CM-2014	16,4	33,7	17,3	43	98	55	9,1	365,2	356,1
CM-2015	15,4	34	18,6	42	99	57	13,1	280	266,9
CM-2016	15,9	32,8	16,9	41	98	57	2,5	247	244,5
CM-2017	16,9	33,5	16,6	46	99	53	19,1	294,4	275,3
DE	0,8	0,6	0,8	2,6	0,5	2,6	6,6	53,4	51,1
CV %	5,0	1,8	4,5	6,1	0,6	4,6	67,3	18,9	18,7

En la tabla anterior se muestra que el valor mínimo de lluvia acumulada más bajo correspondió a CM-2016 con solo 2,5 mm y el más alto fue en CM-2017 con 19,1 mm. Coincidió que el mayor rango se observó en CM-2014 con 356,1 mm y en los demás casos no superaron los 300 mm. Los coeficientes de variación fueron más altos en esta variable meteorológica con 67,3 % y 18,9 % para el mínimo y máximo acumulado respectivamente. En correspondencia con los resultados anteriores Rengifo *et al.* (2016) expresan que los factores climáticos, como los niveles de lluvia y de humedad, inciden sobre la productividad de los cultivos, de acuerdo con las diferentes necesidades de cada uno de ellos y sus respectivas resistencias al estrés hídrico.

4.1.1. Caracterización de la temperatura media del aire

En la figura 3 se muestra el análisis de la temperatura media del aire. En esta variable se alcanzaron los máximos valores en CM-2015 con 24,8 °C y en CM-2017 se observaron los valores más bajos con 24,0 °C. Se destaca que CM-2013, CM-2014 y CM-2016, mostraron el mismo valor con 24,3 °C.

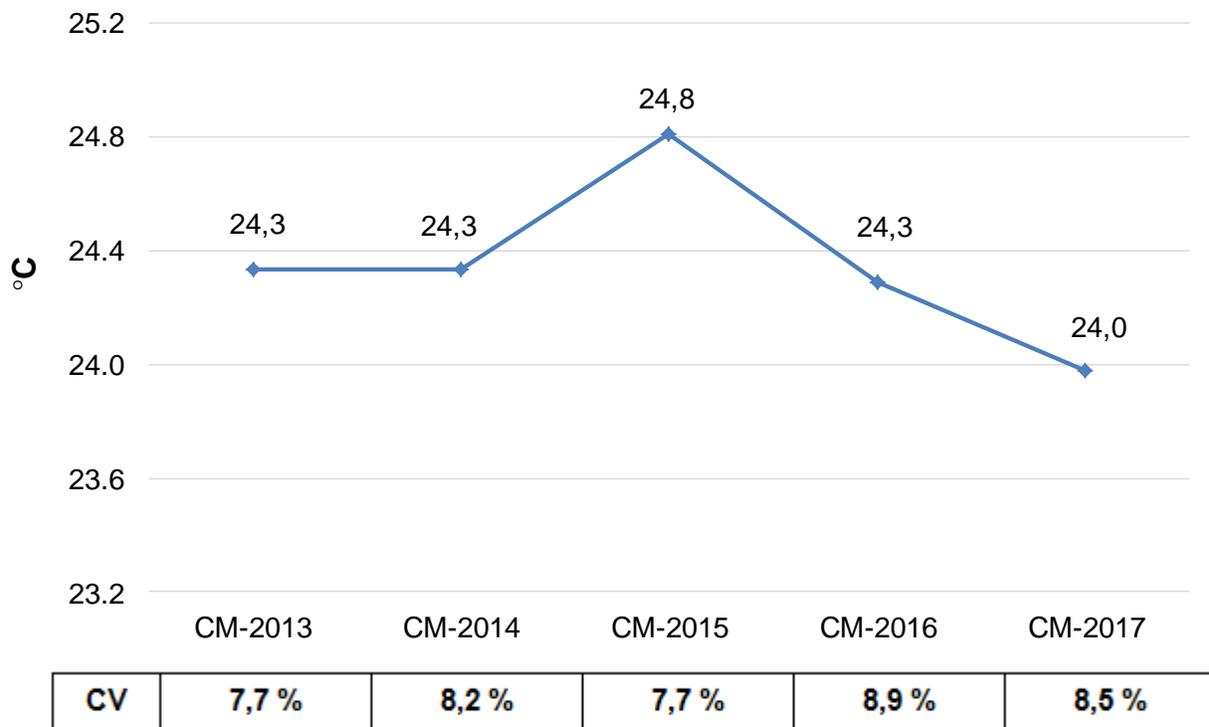


Figura 3. Expresión de la temperatura media del aire (°C) según años seleccionados

La temperatura media del aire presentó un comportamiento regular a lo largo del periodo evaluado, con coeficientes de variabilidad anual entre 7,7 y 8,9 %. En general se presentó un incremento de la temperatura media mensual en CM-2015 y una disminución en CM-2017. Las variaciones estuvieron entre 0,5 y 0,8 °C, con relación a CM-2015 donde se observó el mayor valor. Resultados similares fueron reportados por Ramírez (2004); Ortiz (2012) y Ferrelli *et al.* (2017).

En el plátano la temperatura afecta los diferentes procesos fisiológicos: La fotosíntesis, la respiración, la absorción de nutrientes, la tasa de aparición y elongación de nuevas hojas, el crecimiento del fruto, entre otros. Plantas de plátano que crecen en áreas cálidas presentan menores rizomas y pseudotallos que los que crecen en áreas frías. A una temperatura de 20°C una planta de plátano presenta mayor peso seco, que una que crece a 30 °C.

En correspondencia con Correa (2011), las investigaciones sobre los diversos niveles de conocimiento y percepciones sobre las dinámicas climáticas han venido en aumento en los últimos 10 años alrededor del mundo, pues el reconocimiento de los saberes, las creencias y las prácticas que tienen las comunidades con respecto a estos factores contribuyen no solo a llenar vacíos en la información científica sino que preparan el camino para el diseño de medidas de mitigación y adaptación al clima cambiante que sean viables desde el punto de vista cultural.

La temperatura tiene efecto preponderante en el desarrollo y crecimiento del plátano. Este cultivo requiere de temperaturas relativamente altas que varían entre los 21 y los 30 °C. Exposiciones a temperaturas mayores o menores causan deterioro y lentitud en el desarrollo, además de daños irreversibles en el fruto. Se especifica que con temperaturas menores a 17 °C y superiores a 35 °C la producción es afectada. Es el factor ecológico que más afecta la frecuencia de emisión de hojas, alarmándose o acornándose el ciclo vegetativo dependiendo de la mayor o menor temperatura. La temperatura es un factor que determina la frecuencia de emisión de las hojas y de ella depende que el periodo vegetativo de la planta sea más largo o más corto.

4.1.2. Caracterización de la humedad relativa media

Con relación a la humedad relativa media el valor más alto se registró en CM-2013 con valores cercanos a 84 % y los menores resultados correspondieron a CM-2014 con valores por debajo de 81 % (Figura 4).

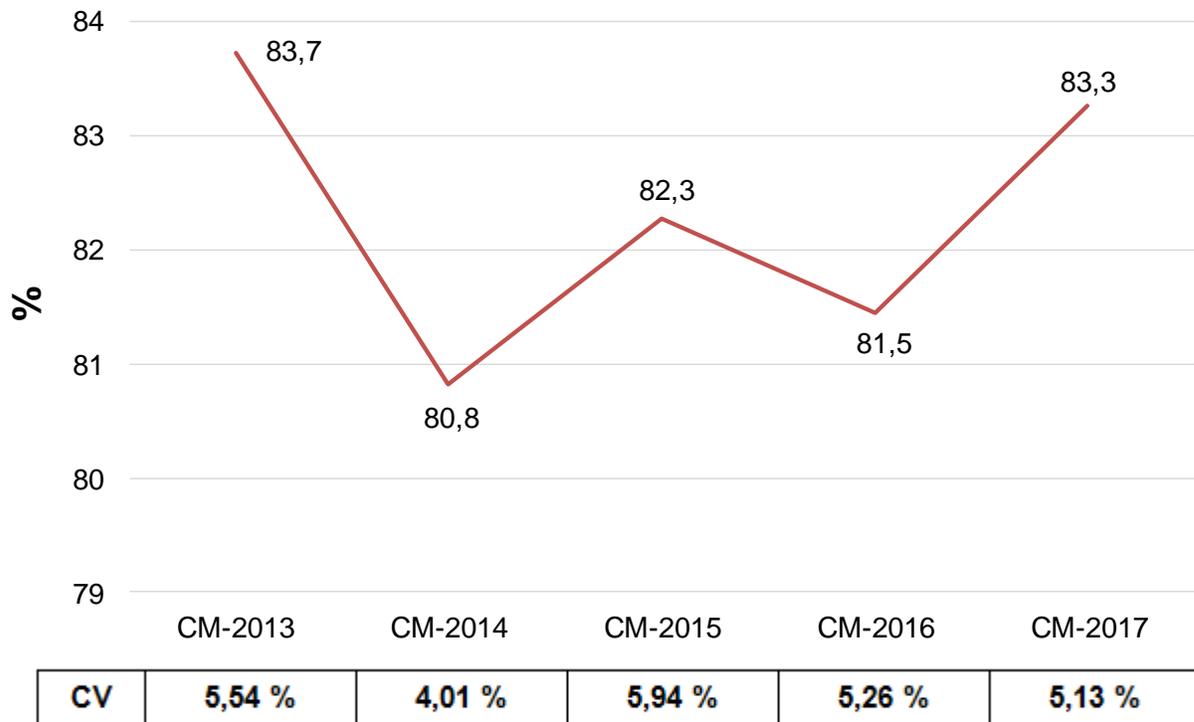


Figura 4. Expresión de la humedad relativa media (%) según años seleccionados

La tasa de intercambio de gases del plátano es sensible a los cambios de humedad relativa, presentándose los mayores valores en presencia de humedad relativa baja o media. La humedad relativa del ambiente debe ser adecuada (75-80 %), dado que condiciones de alta humedad podrían favorecer la presencia de enfermedades causadas por hongos (Ramírez, 2004; Castaño *et al.*, 2011). La humedad relativa apta para el desarrollo del cultivo es de 70 a 80%, el moderado es de 80 a 90% y no apto mayor al 90%.

4.1.3. Caracterización de la lluvia acumulada media

El cultivo del plátano requiere, para su normal desarrollo y buena producción, un régimen de lluvias bien distribuido durante el año. La lluvia acumulada media fue mayor en CM-2017 con 1533,5 mm, mientras que los menores valores correspondieron a CM-2016 con 1140,1 mm. Al analizar los demás registros solo en CM-2013 se observaron valores por encima de 1 415 mm de lluvia acumulada. Los coeficientes de variabilidad fueron elevados en esta variable, llegando al 100 % en CM-2014. La menor variabilidad se observó en CM-2013 con 58,9 % (Figura 5).

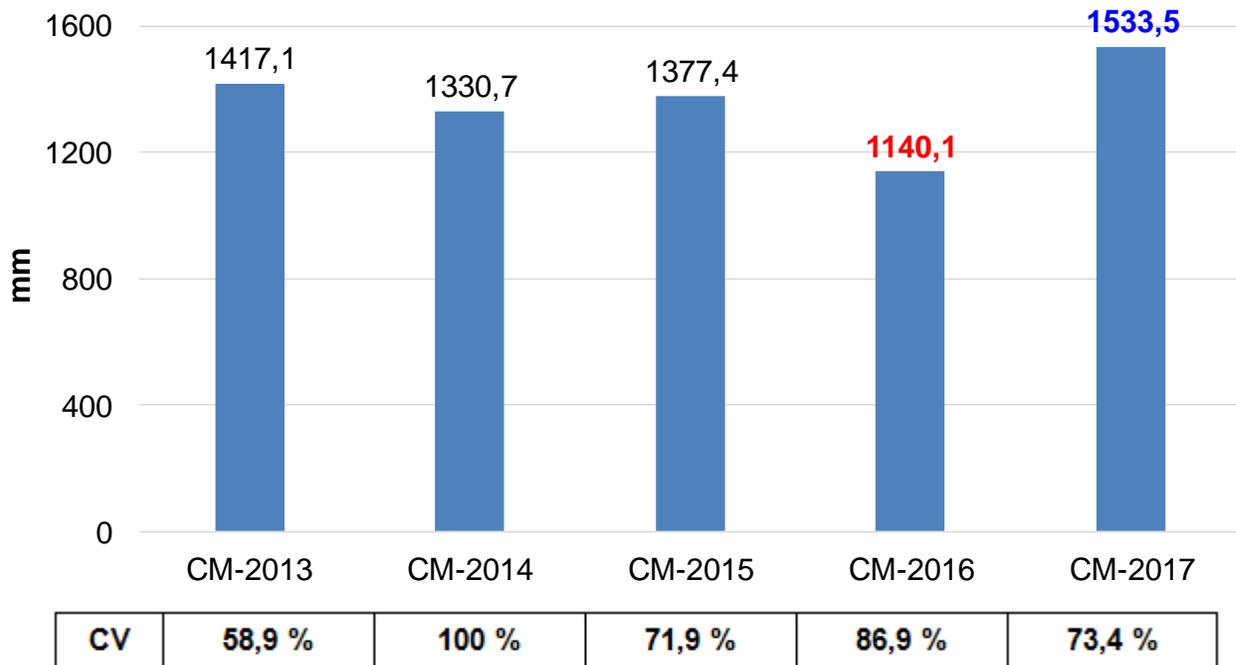


Figura 5. Expresión de la lluvia acumulada (mm) según años seleccionados

Debido a la naturaleza herbácea de la planta, su amplia superficie foliar y su rápido crecimiento, requiere de grandes cantidades de agua para su adecuado desarrollo. El plátano es muy sensible a la sequía, ya que ésta dificulta la salida de las inflorescencias dando como resultado, racimos torcidos y entrenudos muy cortos en el raquis que

deforman los frutos por límite de espacio. La sequía, también produce obstrucción foliar, provocando problemas en el desarrollo de las hojas.

El déficit de agua puede causar distorsiones en la morfología de la planta, originando anomalías como la torsión del eje sobre sí mismo o la emisión lateral de la inflorescencia en el pseudotallo.

De acuerdo con Robaina (2017) y Fuller *et al.* (2007), el agua es probablemente el factor más limitante en la producción de plátano. Se ha observado que el crecimiento y la producción decrecen drásticamente cuando el intervalo entre lluvias aumenta y cuando la humedad del suelo cae por debajo del 35% del total de agua disponible en condiciones de alta evaporación (5 a 6 mm/día) y todavía con adecuada humedad se encuentran reducción en la transpiración con altas demandas de evaporación.

Según Salazar *et al.* (2014), el cultivo es sensible al exceso y al déficit de agua en el suelo. Aun cuando los requerimientos hídricos generalmente tienden a ser altos, no es siempre el mismo, dado que depende del clon, radiación solar diaria, densidad poblacional, edad del cultivo y del área foliar.

En correspondencia con Fuller *et al.* (2018), el efecto primario del exceso de agua en el cultivo de plátano es una inducción de estrés por deficiencia de oxígeno en la zona radicular. Esto provoca desórdenes fisiológicos y daños en el sistema radicular de la planta. Excesos de agua por 48 horas conllevan a una notoria disminución del crecimiento y periodos mayores (72 – 96 horas) resultan en un daño irreversible.

De acuerdo con Otálvaro *et al.* (2015), periodos de inundación o baja profundidad del nivel freático ocasionan reducción del rendimiento, tamaño reducido de las plantas, detención del crecimiento de raíces, muerte de raíces si la inundación se prolonga, emisión de raíces adventicias, hojas pálidas, y reducción en el peso del racimo, en el número de manos y en la longitud del dedo central para las manos superior e inferior.

El deterioro del sistema radicular puede ser gradual si la sequía se da en condiciones de luz moderada; sin embargo bajo condiciones severas el colapso es rápido. Con frecuentes y fuertes eventos de lluvia, el deterioro del sistema radicular es gradual, los efectos no son inmediatos sino que ocurren a mediano y largo plazo dentro del ciclo reproductivo de la planta.

4.2. Efecto de las condiciones meteorológicas sobre indicadores agroproductivos

4.2.1. Número de manos, número de dedos por racimo y perímetro del dedo

En la Tabla 2 se observa que bajo las condiciones meteorológicas del año 2014 (CM-2014) la plantación alcanzó los mayores valores en cuanto al número de manos, con diferencias estadísticas significativas en relación con las otras evaluaciones.

Por otra parte, los menores valores en este indicador correspondieron a CM-2015 y CM-2017. El número de dedos por racimo, estuvo en un rango promedio de 70,75 a 85,65, correspondiéndose con CM-2017 y CM-2014, que presentaron el menor y el máximo valor respectivamente, con una diferencia aproximada de diez dedos. Este resultado obtenido en el cultivo en el 2014, mostró diferencias estadísticas con relación a los demás años, sin embargo entre CM-2015 y CM-2016 no se observaron diferencias significativas. De igual manera, el mejor resultado en el perímetro del dedo se obtuvo en CM-2014, que mostró diferencias estadísticas con relación a los demás. En este indicador no se observaron diferencias significativas entre CM-2013 y CM-2016, ni entre CM-2015 y CM-2017.

Tabla 2. Efecto de las condiciones meteorológicas anuales sobre indicadores del rendimiento

Años	No. de manos	No. de dedos por racimo	Perímetro del dedo (cm)
CM-2013	6,98 b	80,15 b	14,25 b
CM-2014	7,20 a	85,65 a	14,65 a
CM-2015	6,35 cd	71,73 c	13,55 c
CM-2016	6,50 c	71,64 c	14,15 b
CM-2017	6,35 cd	70,75 cd	13,25 c
EE ±	3,01	2,25	0,25
CV %	5,9	8,7	4

*(a,b,c) Medias con letras no comunes en la misma columna difieren significativamente para $p < 0.05$, según la prueba de Tukey HSD (1994).

Estos resultados se corresponden con lo reportado por Goss y Ehlers (2010), acerca de que el conjunto suelo – planta – atmósfera constituye un sistema integrado y dinámico a través del cual el agua se mueve gracias a una continuidad hidráulica entre el suelo y la cavidad sub-estomática y según los gradientes energéticos que existen entre el suelo y la atmósfera. El agua se mueve desde los lugares de potencial hídrico mayor hacia los lugares de potencial hídrico menor.

4.2.2. Peso de los dedos

El indicador peso de los dedos del cultivo de plátano fue superior en CM-2014, con diferencias estadísticas significativas con respecto a las evaluaciones realizadas en los otros años objeto de estudio, mientras que los menores valores se observaron en CM-2015 y CM-2017. La diferencia en el peso de los dedos observada en CM-2014 con relación a los demás años fue de 27,92 g (CM-2013), 105,70 g (CM-2015), 91,20 g (CM-2016) y 103,49 g (CM-2017). En este indicador no se observaron diferencias significativas entre CM-2015 y CM-2017 (Figura 6).

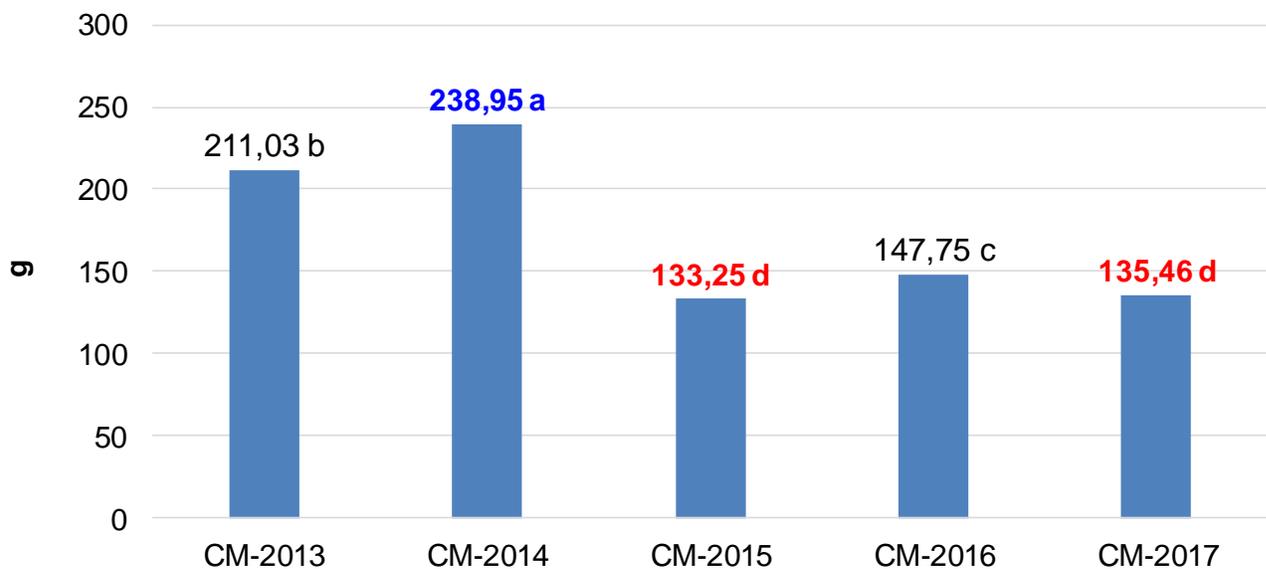


Figura 6. Peso de los dedos de plátano según condiciones meteorológicas anuales

***(a,b,c) Medias con letras no comunes difieren significativamente para $p < 0.05$, según la prueba de Tukey HSD (1994)**

Las alteraciones en la distribución e intensidad de las lluvias y de otras variables climáticas afectan necesariamente la disponibilidad hídrica en un área de producción. Aunque la humedad del suelo puede disminuir por debajo de los límites apropiados para la producción agrícola, presentándose niveles de sequía aún en años normales, generalmente la ocurrencia de El NIÑO se asocia con eventos de sequía.

4.2.3. Longitud de los dedos

En cada una de las evaluaciones la menor longitud de los dedos correspondió a la plantación cuando estuvo bajo las condiciones meteorológicas del año 2017 (CM-2017), mientras que los máximos valores en este indicador correspondieron a las plantas en CM-2013 y CM-2014, que no mostraron diferencias significativas entre ellas, pero sí con relación a los demás años (Figura 7).

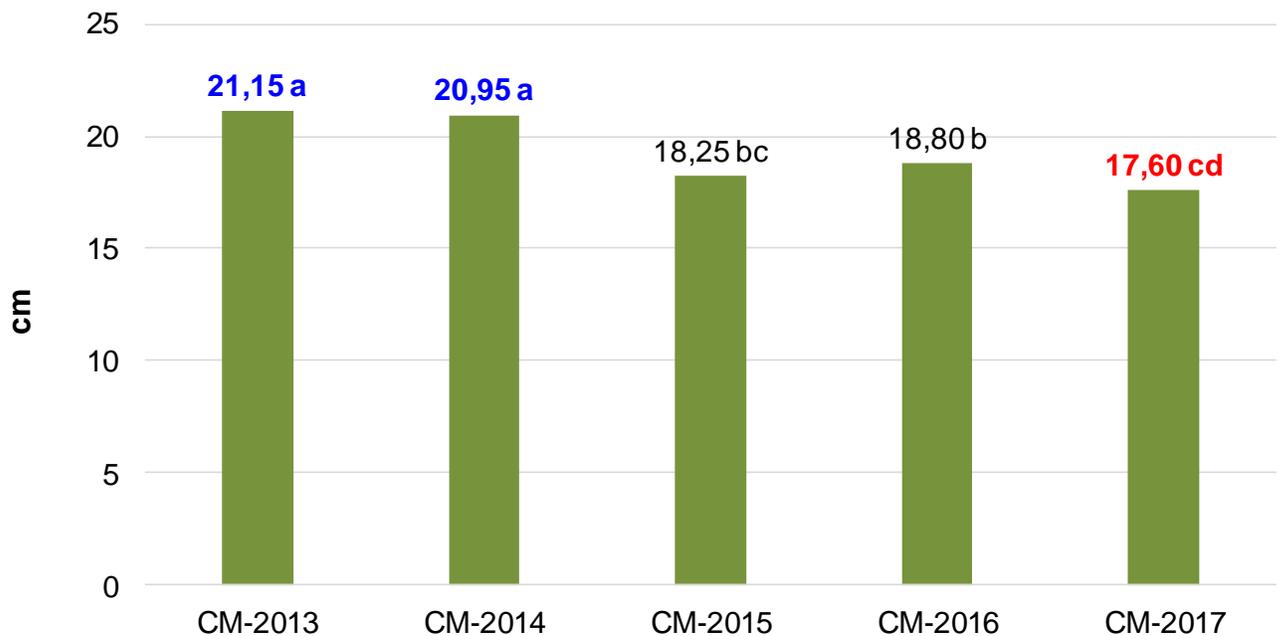


Figura 7. Longitud de los dedos de plátano según condiciones meteorológicas anuales

***(a,b,c) Medias con letras no comunes difieren significativamente para $p < 0.05$, según la prueba de Tukey HSD (1994)**

4.2.4. Producción individual por planta

En la Figura 8 se observa que CM-2014 el cultivo alcanzó los mayores valores de producción individual por planta, con diferencias estadísticas significativas en relación con las evaluaciones de los otros años. Por otra parte, los menores valores en este indicador correspondieron a CM-2017 y CM-2015, aunque ambos años mostraron diferencias estadísticas entre sí. La producción individual estuvo en un rango promedio de 15,50 a 19,75 kg, correspondiéndose con CM-2017 y CM-2014, que presentaron el menor y el máximo valor respectivamente, con una diferencia de 4,25 kg.

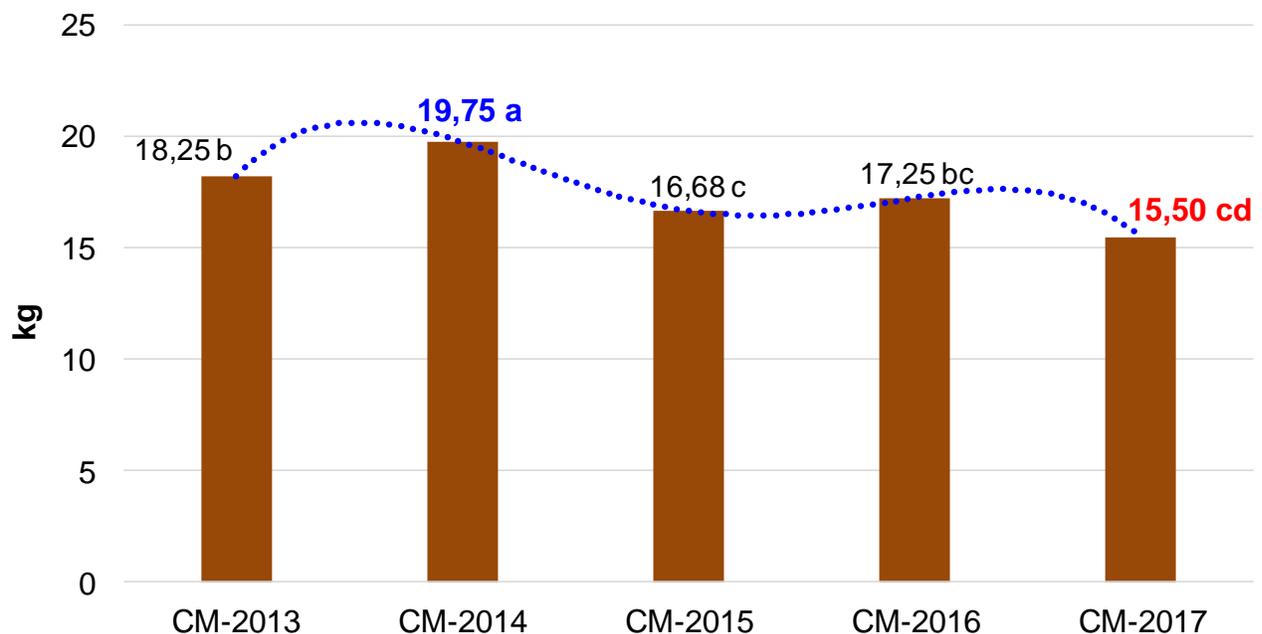


Figura 8. Producción individual por planta según condiciones meteorológicas anuales

***(a,b,c) Medias con letras no comunes difieren significativamente para $p < 0.05$, según la prueba de Tukey HSD (1994)**

Cayón (2004), observó que los racimos de mayor peso se desarrollaron en época lluviosa y menor altitud, y los frutos provenientes de mayor altitud presentaron mayor contenido de cáscara y menor contenido de pulpa en las dos épocas climáticas.

4.2.5. Rendimiento agrícola

Los resultados obtenidos en el rendimiento agrícola del cultivo mostraron diferencias estadísticas entre todas las evaluaciones realizadas, observándose los máximos valores en CM-2014 y los menores en CM-2017 (Figura 9).

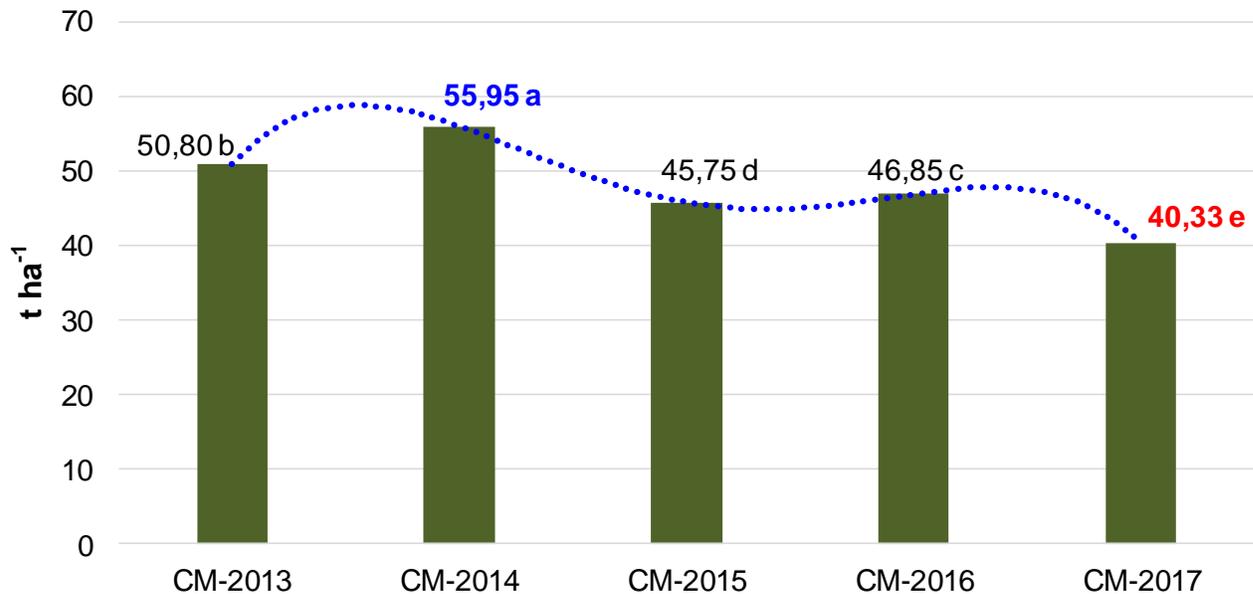


Figura 9. Rendimiento agrícola del cultivo de plátano según condiciones meteorológicas anuales

***(a,b,c) Medias con letras no comunes difieren significativamente para $p < 0.05$, según la prueba de Tukey HSD (1994)**

De acuerdo con Martín de Santa y De Juan (1993) y Allan (1998), las relaciones hídricas en el sistema suelo – planta – atmósfera son realmente complicadas. La respuesta de la planta (producción) al comportamiento del clima (temperatura, humedad relativa y lluvias, fundamentalmente) es compleja y responde tanto en forma directa, como indirectamente. Esta complejidad obliga, a definir condiciones especiales del cultivo, para poder separar las respuestas a las variables meteorológicas. Estas condiciones referidas a un cultivo sin deficiencias nutricionales, un suministro adecuado de agua, entre otras que permitirá a la planta expresar su máximo rendimiento agrícola.

De acuerdo con Montoya *et al.* (2014), se han determinado ciertos rangos en los que la temperatura afecta los procesos fisiológicos del plátano ya sea en la fotosíntesis, respiración, absorción de nutrientes, tasa de aparición y elongación de nuevas hojas entre otros. Cuando la temperatura se encuentra entre 0 °C y 5 °C, se presenta un daño en los tejidos de las hojas por heladas, a 6 °C se destruye la clorofila de la hoja. Al igual a una temperatura de 47°C se generan daños térmicos y las hojas mueren por daños a nivel celular, sin embargo el estrés térmico fisiológico inicia con temperaturas de 34 °C y el crecimiento de la planta se detiene a los 38 °C. El crecimiento de la planta disminuye a temperaturas menores de 18 °C y se detiene con temperaturas mínimas de 13 °C.

4.3. Correlación entre variables meteorológicas e indicadores agroproductivos

4.3.1. Correlación entre la temperatura e indicadores agroproductivos

Mediante el análisis de los coeficientes de correlación entre la temperatura media del aire y los indicadores agroproductivos, se observaron correlaciones significativas positivas entre CM-2014 con el peso de los dedos y el rendimiento agrícola, además este último indicador también correlacionó significativa y positivamente con las condiciones meteorológicas del año 2013 (CM-2013). Por otra parte, se mostraron correlaciones significativas negativas entre CM-2015 con el peso de los dedos y el peso del racimo (Tabla 3).

Tabla 3. Correlación entre la temperatura e indicadores agroproductivos del cultivo de plátano

Años	Coeficientes de correlación						
	No. de manos	No. de dedos por racimo	Perímetro del dedo	Peso del dedo	Longitud del dedo	Peso del racimo	Rend.
CM-2013	0,17	0,10	0,26	0,13	0,21	0,29	0,40*
CM-2014	0,07	0,32	0,10	0,40*	0,31	0,25	0,49*
CM-2015	0,14	0,18	0,16	-0,48*	0,25	-0,38*	0,27
CM-2016	0,10	0,01	0,09	0,17	0,36	0,08	0,05
CM-2017	0,23	0,13	0,05	0,13	0,07	0,00	0,27

En coincidencia con Ramírez (2008), se debe correlacionar las condiciones climáticas necesarias para el desarrollo del cultivo de plátano con los pronósticos de ocurrencia de eventos extremos y moderados. Para ello será necesario el diseño y aplicación de indicadores agroclimáticos los cuales según son las expresiones cuantitativas que establecen la relación entre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos con los elementos climáticos (temperatura, humedad relativa, lluvia acumulada) y que proporcionan tanto exigencias como relaciones de las plantas con dichos elementos.

Turner *et al.* (2007) reportaron que la temperatura afecta el retorno de la plantación y por tanto el número de racimos cosechados en un tiempo dado. Es importante expresar la respuesta de un cultivar a la temperatura como la duración térmica ($^{\circ}\text{C d}$) necesaria para producir una hoja, ya que dicha relación, (duración térmica y desarrollo) tiene la ventaja de que puede utilizarse en diferentes ambientes con buen éxito.

La temperatura tiene un efecto dominante en la tasa de aparición de nuevas hojas, donde su efecto es cinco veces mayor a otros factores ambientales como la edad o densidad de plantación. Cuando la temperatura se incrementa, la tasa de acumulación de nutrientes es más rápida que la tasa de acumulación de materia seca, por lo tanto ocurre un incremento en la concentración de nutrientes en las plantas. Los síntomas de las hojas sometidas a temperaturas bajas son similares a los de deficiencia de agua y luz, pierden la turgencia, se tornan cloróticas y mueren posteriormente.

De acuerdo con Caicedo-Eraso *et al.* (2016), la dinámica de su cosecha depende del clima en particular de la temperatura, al menos en el caso de un apropiado suplemento de agua y minerales. Muller *et al.* (2016) coinciden en que el período de crecimiento de los racimos depende de la temperatura, el suministro de agua y factores internos de la planta por ello este puede variar entre los 90 y 220 días.

4.3.2. Correlación entre la humedad relativa e indicadores agroproductivos

Los valores de correlación positivos, más significativos entre la humedad relativa media y los indicadores agroproductivos, se observaron en el rendimiento agrícola con CM-2013 y CM-2014; además entre CM-2014 y el peso del racimo. Por otra parte CM-2015 presentó correlaciones significativas inversas con relación al peso de los dedos, peso del racimo y el rendimiento agrícola (Tabla 4).

Tabla 4. Correlación entre la humedad relativa e indicadores agroproductivos del cultivo de plátano

Años	Coeficientes de correlación						Rend.
	No. de manos	No. de dedos por racimo	Perímetro del dedo	Peso del dedo	Longitud del dedo	Peso del racimo	
CM-2013	0,03	0,02	0,09	0,20	0,15	0,23	0,35*
CM-2014	0,31	0,09	0,11	0,05	-0,21	0,45*	0,49*
CM-2015	0,24	0,09	0	-0,50*	0,18	-0,48*	-0,42*
CM-2016	0,18	0,13	0,01	0,00	0,09	0,11	0,11
CM-2017	0,05	0,08	0,13	0,21	-0,22	-0,23	-0,21

La humedad relativa, como una medida del déficit de presión de vapor del aire, es un factor que determina el nivel energético del agua atmosférica y por lo tanto su demanda evaporativa en combinación con otros factores ambientales, regulando las relaciones hídricas de las plantas. Hojas de plátano sometidas a estrés hídrico presentaron una reducción en las tasas de fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática.

La tasa fotosintética fue mayor en presencia de humedad relativa media, presentando una reducción de 50% cuando esta aumentó o disminuyó (Cayón, 2004). Diferentes autores refieren que la humedad relativa ideal debería ser de 50%, porque se controlan mejor las enfermedades.

4.3.3. Correlación entre la lluvia acumulada e indicadores agroproductivos

En relación con la lluvia acumulada los valores de correlación positivos más significativos, se observaron en esta variable meteorológica con el peso del racimo y con el rendimiento agrícola. De igual forma este último indicador también correlacionó de forma positiva y significativa con CM-2013. A diferencia de lo anterior, CM-2015 y CM-2017 mostraron correlaciones significativas negativas con el peso de los dedos, peso del racimo y el rendimiento agrícola. Además, en CM-2017, hubo una correlación de este tipo con respecto a la longitud de los dedos (Tabla 4).

Tabla 4. Correlación entre la lluvia acumulada y parámetros agroproductivos del cultivo de plátano

Años	Coeficientes de correlación						
	No. de manos	No. de dedos por racimo	Perímetro del dedo	Peso del dedo	Longitud del dedo	Peso del racimo	Rend.
CM-2013	0,26	0,06	0,06	0,21	0,23	0,22	0,35 *
CM-2014	0,10	0,02	0,03	0,12	0,13	0,48*	0,49*
CM-2015	0,16	0,11	0,16	-0,35 *	-0,28	-0,38*	-0,33 *
CM-2016	0,09	0,16	0,13	0,21	0,15	-0,27	0,21
CM-2017	0,05	0,03	0,12	-0,41*	-0,39*	-0,37*	-0,39*

González *et al.* (2017) mediante un análisis de los datos de lluvias y producción en un periodo de tres años mostró que el estrés hídrico es más o menos incidente en la producción, cuanto más o menos sensible sea el estado de desarrollo de la planta en que se presente el evento estresante. El año con el mayor acumulado de lluvias presentó 21,6% más producción que el año donde hubo menor acumulado.

A su vez Calberto *et al.* (2016) y Ballat *et al.* (2017) encontraron que en las épocas con menos acumulado de lluvia se obtienen frutos de bajo peso, delgados y que no cumplen con las especificaciones de calidad exigidas por los países consumidores. Cuando esta

situación se prolonga ocasiona problemas en la plantación que se reflejan en retornos y mermas elevadas.

Hui *et al.* (2013) realizaron un estudio sobre la reducción del rendimiento de los cultivos en el trópico debido al cambio climático. Primero identificaron los procesos biofísicos importantes en la determinación del rendimiento bajo condiciones de cambio climático, y cuantificaron su impacto. Reidsma *et al.* (2010), realizaron un estudio que analiza la adaptación de los agricultores a las condiciones climáticas, cambio climático y la variabilidad del clima en las últimas décadas (1990 – 2003), para ello compararon las respuestas en el rendimiento de los cultivos con la con las respuestas a la variabilidad climática temporal, y el potencial impacto del clima. Schapp *et al.* (2011), realizaron un estudio sobre las posibles pérdidas de rendimiento, y la calidad del cultivo frente a diferentes eventos climáticos moderados y extremos. Rashid *et al.* (2012), examinaron la relación entre el rendimiento de diferentes cultivos de arroz y las variables climáticas temperatura máxima y mínima y lluvias. Para ello utilizaron datos de series de tiempo de más de tres décadas e identificaron que la influencia ejercida por la temperatura es más significativa en comparación a las precipitaciones.

En un estudio realizado por Ramírez *et al.* (2012) se analizaron los efectos del cambio climático y variabilidad climática en las condiciones del cultivo del plátano en el cual se inicia con el análisis de la situación actual del cultivo en zonas productoras utilizando la temperatura y régimen de lluvias requerido durante la estación de crecimiento, luego modelaron las limitaciones climáticas actuales de los cultivos, describiendo los cambios previstos en el clima en las regiones importantes en producción de plátano. Por último la modelación de la adaptabilidad prevista y los cambios en la adaptabilidad del plátano en todas las regiones del mundo. Los resultados que obtuvieron sugieren que para lograr sacar provecho del cambio climático y superar los efectos negativos, los clones deben ser resistentes a enfermedades y tolerar fluctuaciones de temperatura y mantener un abastecimiento de agua. Van Asten *et al.* (2011), observaron que existen relaciones lineales entre la cosecha del plátano y el máximo peso de racimos de manera que cada descenso de 100 mm de precipitación causaba pérdidas de pesos máximos en el racimo.

Conclusiones

5. Conclusiones

1. Las condiciones meteorológicas analizadas en cada uno de los años evaluados, muestran los mayores coeficientes de variabilidad en la lluvia acumulada, con valores extremos de 58,9 % en CM-2013 y de 100 % en CM-2014.
2. Los máximos resultados en la mayoría de los indicadores agroproductivos del cultivo del plátano, se alcanzan en las condiciones meteorológicas del año 2014.
3. Las correlaciones significativas y positivas, entre las variables meteorológicas e indicadores agroproductivos analizados, se muestran en CM-2014 con respecto al peso del racimo y el rendimiento agrícola con coeficientes superiores a 0,45.

Recomendaciones

6. Recomendaciones

1. Replicar esta investigación en otras localidades de la provincia, debido a las variaciones anuales que ocurren en las variables meteorológicas y a la susceptibilidad que tienen los diferentes clones de plátano a los mismos.

Referencias bibliográficas

7. Referencias bibliográficas

- Allan, J.A., 1998. Virtual water: A strategic resource global solutions to regional deficits. *Groundwater*, 36(4), pp.545-546.
- Allwood, J.M., Bosetti, V., Dubash, N., Gómez-Echeverri, L. and von Stechow, C., 2014. Working group III-mitigation of climate change. Annex I: glossary.
- Almansa, M. y Edgar, F., 1994. Déficit hídrico en el cultivo de plátano/. *Memorias*.
- Ballat, Y.G., Manrique, O.B., Harriot, P.W.W., Martinez, Y.M. and Carbajal, I.R., 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), pp.9-18.
- Bates, B., Kundzewicz, Z. and Wu, S., 2008. Climate change and water. Intergovernmental Panel on Climate Change Secretariat.
- Belalcázar, S., Valencia, J. and Lozada, J., 1991. La planta y el fruto. *Manual de Asistencia Técnica*, (50), pp.45-89.
- Berrie, A. M., 1997. The Musaceae: the bananas. In: *An introduction to the botany of the major crop plants*. Heyden, Londres, pp. 113-116.
- Blasco-López, G. y Montaña, F.J.G., 2015. Propiedades funcionales del plátano (*Musa* sp). *Revista Médica de la Universidad Veracruzana*, 14(2), pp. 22-26.
- Bofill-Cárdenas, M., Calero, M. and José, M., 2018. Mechanisms of the gastroprotective effect of the green banana (*Musa* ABB) pulp. *Medicentro*, 22(1), pp.45-52.
- Cabezas, Q. y Galoa, J., 2014. Obtención de fibras a partir de raquis de plátano para la producción de pulpa de papel.
- Caicedo-Eraso, J.C., Gutiérrez, L.F.M. y Arango, F.O.D., 2016. Characterization of physiological maturity of Dominican Harton banana by electrical impedance spectroscopy. *Vitae*, 23, p.S199.
- Calberto, G., Blake, D., Staver, C., Carvajal, M. and Brown, D., 2016, October. The frequency and effects of weather events on banana productivity-results of a global

survey. In X International Symposium on Banana: ISHS-ProMusa Symposium on Agroecological Approaches to Promote Innovative Banana 1196 (pp. 179-186).

Calle-Veliz, J.D., 2018. Aplicación de soluciones nutritivas inyectadas y drench más la adición de leonardita en el cultivo de plátano Musa AAB. en el cantón El Triunfo (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil).

Carvajal, Sandra Liliana Cardona, Germán AG Giraldo, y Lina Marcela Agudelo-Laverde. Evaluation of pre-heating effect on the physic-chemical and structural characteristics of platain Dominico Harton (Musa AAB Simmonds)." *Vitae* 23 (2016): S335.

Castaño, A; Aristizábal, M; Gonzáles, H., 2011. Requerimientos Hídrico del Plátano Dominico Hartón (Musa AAB SIMMONDS) en la Región Santágueda, Palestina, Caldas. En *Revista Agronomía*, 19 (1), pp.57 –67

Cayón Salinas, D.G., 2004. Ecofisiología y productividad del plátano (Musa AAB Simmonds) (No. PDF 673)).

Cayón, G., Valencia, J.A., Morales, H. and Domínguez, A., 2004. Desarrollo y producción del plátano Dominico–Hartón (Musa AAB. *Agronomía Colombiana*, 22(1), pp.18-22.

Cheesman, E. E., 1948. Classification of the bananas III. *Kew Bull*, pp. 145-153.

Chunzho, E. y Leonardo, A., 2017. Extractos botánicos con potencial aplicación en el control de nemátodos en el cultivo de banano.

Correa, S., 2011. El clima: conocimientos, creencias, prácticas y percepciones de cambio en el Darién, Caribe colombiano. *Perspectivas culturales del clima*. Ulloa, Astrid (editora). Universidad Nacional de Colombia-ILSA, pp.359-386.

Cuadros Rubio, N., 2016. Metodología para la espacialización de variables meteorológicas y de contaminantes utilizando herramientas de programación (Bachelor's thesis, Universidad Militar Nueva Granada).

- Delgado, O.S., Aguilar, Z.S., Mesa, M.P., Díaz, S.B. y Camargo, L.C., 2015. Estudio del comportamiento e impacto de la climatología sobre el cultivo de la papa y del pasto en la región central de Boyacá empleando los sistemas dinámicos. 8Study of the Behavior and Impact of the Weather on the Potato Crop and Pasture in the Central Region of Boyacá Using Dynamic Systems. *Ciencia en Desarrollo*, 6(2), pp.215-224.
- Easterling, D.R., Meehl, G.A., Parmesan, C., Changnon, S.A., Karl, T.R. y Mearns, L.O., 2000. Climate extremes: observations, modeling, and impacts. *science*, 289(5487), pp.2068-2074.
- Englberger, L., Wills, R., Blades, B., Dufficy, L., Daniells, J. y Coyne, T., 2006. Contenido del carotenoide y color de la carne de los cultivares seleccionados del plátano que crecen en Australia. *Food. Nutr. Bull.*, 27, pp. 281-291.
- Escamilla, J.B.G., Martínez, Y.R. y Pérez, S.L., 2017. Predicción del calentamiento global mediante el desarrollo de un modelo de series de tiempo. *Ambiente y Desarrollo*, 21(40), p.125.
- Espinosa-Cuellar, A., 2009. Efecto de alternativas órgano minerales sobre fertilidad del Suelo Pardo mullido medianamente lavado y el rendimiento del plátano FHIA-21 en sistema extradenso (Doctoral dissertation, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas).
- FAO. 2016. Statistics division. Production quantities by country. En sitio web: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>. [Consultado: junio de 2016].
- Ferrelli, F., Bustos, M.L. y Piccolo, M.C., 2017. Variabilidad climática temporal y sus efectos: aportes al ordenamiento territorial de la costa norte del estuario de Bahía Blanca (Argentina). *Revista Universitaria de Geografía*, 26(1), pp.79-96.
- Fuller, T.L., Clee, P.R.S., Njabo, K.Y., Tróchez, A., Morgan, K., Meñe, D.B., Anthony, N.M., Gonder, M.K., Allen, W.R., Hanna, R. and Smith, T.B., 2018. Climate warming causes declines in crop yields and lowers school attendance rates in Central Africa. *Science of the Total Environment*, 610, pp.503-510.

- Gallegos, A., De Jesus, J., Verzosa, C. y Vinicio, K., 2016. Influencia de el niño oscilación del sur (ENOS) en la producción de banano: provincia de El Oro (2001-2014).
- González, J.L.E.C., Henao, S.Z. y Torres, J.D.S., 2017. Análisis productivo de plátano en alta densidad y su relación con la precipitación en Urabá. *Revista Politécnica*, 13(24), pp.27-35.
- González-Arcos, P.B., 2015. Producción y micro-escalado de vinagre a partir de residuos vegetales de plátano (*Musa Paradisiaca*) para su aplicación como bactericida orgánico en agricultura (Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2015).
- Goss, M.J., Ehlers, W. and Unc, A., 2010. The role of lysimeters in the development of our understanding of processes in the vadose zone relevant to contamination of groundwater aquifers. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 35(15-18), pp.913-926.
- Hernández, J.A., Pérez, J.M., Bosch, D.I. y Castro, N.S., 2015. Clasificación de los suelos de Cuba. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Instituto de Suelos, Ediciones INCA.
- Hui, J.U., LIN, E.D., Wheeler, T., Challinor, A. and JIANG, S., 2013. Climate change modelling and its roles to Chinese crops yield. *Journal of Integrative Agriculture*, 12(5), pp.892-902.
- INIVIT (Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales), 2007. Instructivo técnico del cultivo del plátano. Biblioteca ACTAF, 1ra Ed., pp. 1 – 21.
- Knudsen, H., 2000. Directorio de colecciones de germoplasma en América Latina y el Caribe. Bioversity International.
- López, J., 2002. Avances y perspectivas para el mejoramiento genético de los bananos (*Musa spp*), por técnicas biotecnológicas y nucleares en el INIVIT. *Infomusa*, 11 (1), pp. 18-20.

- Mahalakamini, M., Kumar, N., Soorianathasundaram, K., 2003. Efecto de fertigación e irrigación sobre el rendimiento de las plantaciones de CV. Robusta sembrados a alta densidad. *Infomusa* 12(1), pp. 42-44.
- Marshall, D. S., 1956. The settlement of Polynesia. **Scientific Amer.** (1195), pp. 59-72.
- Martín de Santa Olalla, F. y De Juan, J.A., 1993. *Agronomía del riego*. Mundi-Prensa.
- Martínez, L.A.R., Aragón, D.A., Espinosa, R.R., Cuéllar, A.E., García, J.S. and Cuéllar, E.E., 2016. Efecto de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio combinadas con micorrizas en el cultivo del banano. *Agricultura Tropical*, 2(1).
- Montoya, J., Quintero, V. y Lucas, J., 2014. Evaluación fisicotérmica y reológica de harina y almidón de plátano dominico hartón (*Musa paradisiaca* abb). *Temas Agrarios*, 19(2), pp.214-233.
- Montoya, J.L., Rodríguez-Barona, S. and Giraldo, G.G., 2016. Physico-chemical features of the flour of plantain (*Musa paradisiaca*) Dominico Harton and commercial wheat flour with functional trends. *Vitae*, 23, p.S396.
- Moreno, C.M.L., López, M.E. y Sánchez, L.E.L., 2015. Efectos territoriales de la variabilidad natural del clima y el cambio climático asociado al régimen térmico en el cultivo del tabaco. *Revista Científica ECOCIENCIA*, 2(2).
- Muller, K.Y.C., Pineda, W.B. and Suárez, E.C., 2017. Comportamiento agronómico del cultivo del plátano, variedad curare enano en Sandy Bay Costa Caribe Norte de Nicaragua. *Ciencia e Interculturalidad*, 21(2), pp.115-128.
- Nájera-Martínez, D.C., 2018. Aprovechamiento de cáscara de plátano (*Musa sapientum*) para la producción de bioetanol (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos-Licenciatura en Ciencia y Tecnología de Alimentos-UNICACH).
- Nava, C., 1997. *El plátano, su cultivo en Venezuela*. Ediciones Astro Data SA Maracaibo, Venezuela.

- Olmos Enciso, Y.L. y Ballesteros Chavez, P.A., 2016. Estudio de viabilidad de la denominación de origen para el plátano Hartón Caqueteño.
- Ormaza Rodríguez, M.M., 2017. Influencia de tres niveles de carbamida sobre la inducción de hijuelos de plátano (*Musa aab simmonds*) en el valle del Río Carrizal (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM).
- Ortiz, R., 2012. El cambio climático y la producción agrícola. Washington: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Otálvaro, A.F.T., Correa, M.E., Ramírez, D., Cossio, L., Machado, M.C., Muñoz, M., Zapata, A.M., Alonso, V., Villa, C.M., Correa, C. and del Tránsito Giraldo, M., 2015. Hábitos alimentarios de las familias que pertenecen al programa de complementación Alimentaria, Desayunos Infantiles MANÁ con Amor. *Revista Investigaciones Andina (En línea)*, 14(25), pp. 516-528.
- Pabón, J.D. y Montealegre, J.E., 2000. La Variabilidad Climática Interanual Asociada Al Ciclo El Niño-La Niña–Oscilacion Del Sur Y Su Efecto En El Patrón Pluviométrico De Colombia. *Meteorología Colombiana*, pp.7-21.
- Pérez, Á.L.P., López, L.A.M., de la Noval, W.T., Pérez, A.S., Mesa, S.A.P. y Lescano, G.G., 2015. Comportamiento de las variables clima en áreas de la Empresa Agroindustrial de Granos Los Palacios y su influencia en el rendimiento de cultivares de arroz. *Avances*, 17(2), pp.184-193.
- Puertas Orozco, O.L., Carvajal Escobar, Y.E.S.I.D. y Quintero Angel, M., 2011. Estudio de tendencias de la precipitación mensual en la cuenca alta-media del río Cauca, Colombia. *Dyna*, 78(169), pp.112-120.
- Ramírez, B.V., 2004. Requerimientos hídricos para los cultivos de pasto, plátano, caña y lulo de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar y la clase de textura del suelo. *Invest. Unisarc. Bol*, 2(1), pp.9-10.
- Ramírez, E., 2008. Impactos del cambio climático y gestión del agua sobre la disponibilidad de recursos hídricos para las ciudades de La Paz y El Alto, Bolivia. *Revista Virtual REDESMA*, 2, p.49.

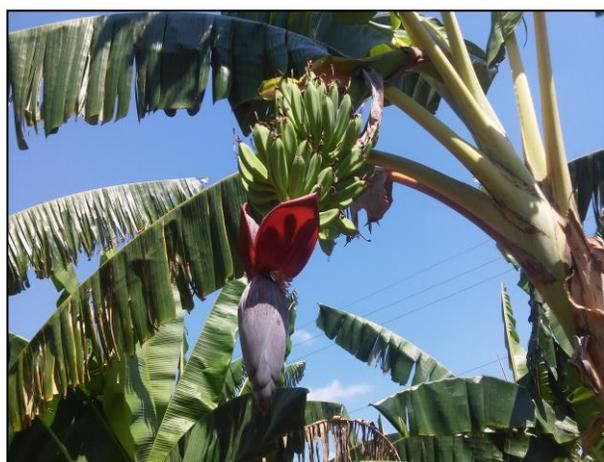
- Ramírez-Granados, R., Reyna-Trujillo, T., Soria-Ruiz, J., Fernandez-Ordoñez, Y., 2012. Aptitud agroclimática en la Mesa Central de Guanajuato, México. En: Investigaciones Geográficas, Boletín (54), Instituto de Geografía, UNAM, Julio, p. 26.
- Ramírez-Granados, R., Reyna-Trujillo, T., Soria-Ruiz, J., y Fernandez-Ordoñez, Y., 2012. Aptitud agroclimática en la Mesa Central de Guanajuato, México. En: Investigaciones Geográficas, Boletín (54), Instituto de Geografía, UNAM, Julio, p. 26.
- Ramos-Agüero, D., Terry Alfonso, E., Soto Carreño, F., Cabrera Rodríguez, A., Martín Alonso, G.M. and Fernández Chuaerey, L., 2016. Respuesta del cultivo del plátano a diferentes proporciones de suelo y Bocashi, complementadas con fertilizante mineral en etapa de vivero. Cultivos Tropicales, 37(2), pp.165-174.
- Rashid, S. M. A., Alam, K., y Gow, J., 2012. Exploring the relationship between climate change and rice yield in Bangladesh: An analysis of time series data. En: Agricultural Systems, 112, pp. 11-16.
- Reidsma, P., Ewert, F., Lansinkc, A. O., y Leemansd, R., 2010. Adaptation to climate change and climate variability in European agriculture: The importance of farm level responses. En: European Journal of Agronomy, 32, pp. 91–102.
- Rengifo, A.M., Flores, M., Collazos, H., Vásquez, A., Rojas, R., Ch, J.R., Bardales, J., Navarro, D., Romero, L., Noriega, J. and Tello, R., 2016. Impacto del cambio climático sobre la producción agrícola económica en Santa Cruz de Yanallpa, Jenaro Herrera, Requena, Perú. Conocimiento Amazónico, 3(2), pp.153-167.
- Reynolds, P. K., 1951. Earliest evidence of banana culture. J. Amer. Oriental Soc. Suppl 12, p.28.
- Riopel, J. L., Steeves, T. A., 1964. Studies on the roots of *Musa acuminata* cv. Gros Michel. Ann. Bot. Lon, 28, pp. 475-490.
- Robaina, F.G., 2017. Respuesta de los cultivos al déficit hídrico. Revista Ingeniería Agrícola, 1(2), pp. 34-40.
- Robinson J.C. 1996. Bananas and Plantains. CAB International, Wallingford, WK. 238 p.

- Rodríguez, S., 2000. Evaluación y recomendación de clones de boniato, yuca, plátanos y bananos resistentes o tolerantes a los factores adversos de la producción (FAP) y su manejo integrado. Informe final, Programa Nacional Científico.
- Rodríguez, S., 2006. Evaluación y recomendación de clones de boniato, yuca, ñame, plátanos y bananos resistentes o tolerantes a los factores adversos de la producción (FAP) y su manejo integrado. Informe final, Programa Nacional Científico, p.67.
- Rodríguez-De Luque, J.J., González-Rodríguez, C.E., Gourджи, S., Mason-D’Croz, D., Obando-Bonilla, D., Mesa-Diez, J. and Prager, S.D., 2016. Socio-Economic Impacts of Climate Change in Latin America and the Caribbean: 2020-2045. Cuadernos de Desarrollo Rural, 13(78), pp.11-34.
- Sandoval, J. y Müller, L., 1999. Anatomía y morfología de la planta de banano (*Musa AAA*). Corbana, 24(51), pp.43-60.
- Schaap, B. F., Blom-Zandstra, M., Hermans, Ch., y Meerburg, J. V., 2011. Impact changes of climatic extremes on arable farming in the north of the Netherlands. En: Regional Environmental Change. Septiembre, 11, pp. 731-741.
- Simmonds, N. W., 1966. Los plátanos. Barcelona. Ed Blume, p. 537.
- Staver, C. and Capra, I., 2017. Banana diversity and the food and income threats of pest and pathogen losses: Priority research areas to deploy diversity to reduce pest and disease losses.
- Stover, R.H., y Simmonds, N.W., 1987. Banana. 3rd ed. Longman, UK, p. 468.
- Summerville, W. A. T. N., 1994. Studies on nutrition as qualified by development in *Musa cavendish*. Lambet . Queensl . J. Agric. Sci1, pp. 1-127.
- Tiscornia, G., Cal, A. y Giménez, A., 2016. Análisis y caracterización de la variabilidad climática en algunas regiones de Uruguay. RIA. Revista de investigaciones agropecuarias, 42(1), pp.66-71.
- Tukey, J. W., 1994. The Collected Works of John W. Tukey VIII. Multiple Comparisons: 1948–1983. Chapman and Hall, New York.

- Turner, D.W., Fortescue, J.A. y Thomas, D.S., 2007. Environmental physiology of the bananas (*Musa* spp.). *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(4), pp.463-484.
- Valmayor, R.V., 2008. Banana cultivar names. *Musa x paradisiaca* – Wikipedia, la enciclopedia libre, Abril 2008.
- Van Asten, P. J., Fermont, A. M. y Taulya, G., 2011. Drought is a major yield loss factor for rainfed East African highland banana. En: *Agricultural Water Management*, 98, pp. 541– 552.
- Verzosa, K.V.C., Gallegos, J.D.J.A., Jaramillo, F.Y.V. y Romero, A.E.L., 2016. Análisis económico del sector bananero y su relación con El Niño Oscilación del Sur (ENOS) en la provincia de El Oro (2001-2014). *Revista Tecnológica-ESPOL*, 29(2).
- Villavicencio, J., 2010. Introducción a series de tiempo. Obtenido de Sitio web del Instituto de Estadísticas de Puerto Rico: En sitio web: <http://www.estadisticas.gobierno.pr/iepr/LinkClick.aspx> [Consultado: junio de 2016].

Anexos

8. Anexos



**Figura 10. Cultivo del plátano Burro CEMSA en la UBPC “Jesús Menéndez”
de la EA “Valle del Yabú”**