ESTUDIOS ECOFISIOLÓGICOS EN LA AMAZONIA COLOMBIANA

2. Cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal).

COMPILADORES

JAIME ALBERTO BARRERA GARCÍA
MARÍA SOLEDAD HERNÁNDEZ GÓMEZ
LUZ MARINA MELGAREJO

REVISIÓN TÉCNICA:

Luz Marina Melgarejo
Departamento de Biología,
Universidad Nacional de Colombia

Instituto amazónico de investigaciones científicas SINCHI

Barrera, Jaime Alberto; Hernández, María Soledad; Luz Marina Melgarejo (Compiladores)

Estudios ecofisiológicos en la Amazonia colombiana 2. Cocona (*Solanun sessilliflorum* Dunal). Jaime Alberto Barrera G., María Soledad Hernández G., Luz Marina Melgarejo (Comp.). Bogotá Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - Sinchi, 2011

1. COCONA (*Solanun sessilliflorum* Dunal) 2. AGROFORESTERÍA 3. FISIOLOGÍA VEGETAL 4. ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL SUELO 5. CALIDAD DEL PRODUCTO 6. AMAZONIA

ISBN OBRA 978-958-8317-65-6
ISBN TOMO 2- 978-958-8317-66-3

© Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – Sinchi
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Primera edición: Octubre de 2011

Coordinación de la producción editorial: Diana Patricia Mora Rodríguez

Producción editorial
Diagramación, fotomecánica, impresión y encuadernación: Digiprint Editores E.U.

Reservados todos los Derechos

Disponible en: Instituto Sinchi, calle 20 No. 5-44 Tel.: 4442077
www.sinchi.org.co

Impreso en Colombia
Printed in Colombia

INSTITUTO AMAZÓNICO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS SINCHI

LUZ MARINA MANTILLA CÁRDENAS
Directora General

ROSARIO PIÑERES VERGARA
Subdirectora Administrativa y Financiera

DANIEL FONSECA PÉREZ
Subdirector Científico y Tecnológico

MAURICIO ZUBIETA VEGA
Coordinador regional

MOISES WASERMAN
Rector Universidad Nacional

IGNACIO MANTILLA PRADA
Decano Facultad de Ciencias

HERNANDO ALFONSO VALENCIA ZAPATA
Director de Programa de Biología

Equipo Técnico

JAIME ALBERTO BARRERA GARCÍA
MARÍA SOLEDAD HERNÁNDEZ GÓMEZ
LUZ MARINA MELGAREJO MUÑOZ
MARCELA PIEDAD CARRILLO BAUTISTA
GUILLERMO VARGAS ÁVILA
BERNARDO GIRALDO BENAVIDES
MAURICIO ZUBIETA VEGA
ANGELA GARCÍA
JULIANA ERIKA CRISTINA CARDONA
ORLANDO MARTÍNEZ WILCHES
GLADYS CARDONA
CLARA PATRICIA PEÑA VENEGAS
JUAN PABLO FERNÁNDEZ-TRUJILLO
JULIETH ZAPATA
LORENA QUINTERO
PAULA MESA
ANDRÉS RUIZ
MÓNICA RAMÍREZ
MARCELA TORRES

Contenido

INTRODUCCIÓN 9

1. Cocona (*Solanum sessilliflorum* Dunal) 13

2. Variaciones fisicoquímicas en el desarrollo de tres morfotipos de cocona (*solanum sessiliflorum* Dunal) en dos ambientes de cultivo del departamento del Guaviare 25

3. Ecofisiología y respuestas al ambiente de producción de cocona (*S. sessiliflorum*) en la Amazonia Norte..... 45

4. Fenología del cultivo de cocona en la Amazonia Norte Colombiana. 67

5. Fisiología, manejo poscosecha y valorización de subproductos de cocona en la Amazonia Norte. 77

Propuesta de norma técnica colombiana.....93

INTRODUCCIÓN

La familia *Solanaceae* comprende un gran número de especies herbáceas, arbóreas, arbustivas, epífitas y trepadoras, que se caracterizan por su estrecha relación con el flujo nutricional y farmacológico inherente al quehacer humano. Esta familia está constituida por un estimado de 90 géneros que a su vez se subdividen en cerca de 4.000 especies, entre las cuales se cuentan algunas comúnmente reconocidas como la papa (*Solanum tuberosum*), el tomate (*Solanum licopersicum*), el ají (*Capsicum spp.*), el lulo (Solanum *quitoense*), el tabaco (*Nicotiana tabacum*) entre otras.

Tal amplitud de géneros y especies, su variabilidad genética y molecular, además de su gran diversidad biológica, ha hecho que esta familia de plantas sea objeto no solo de recurrentes investigaciones, sino también de una elevada importancia económica, que en la actualidad se evidencia en diferentes aspectos como el alimenticio, el ornamental y el medicinal. De hecho, las especies pertenecientes a esta familia son ampliamente usadas en la industria farmacéutica debido a la complejidad de sus compuestos, principalmente constituidos por alcaloides, que pueden surtir diversos efectos en la salud humana. No por nada es descrita por muchos como una familia de una increíble pluralidad biológica, química y ecológica, con gran importancia comercial por su amplia distribución mundial.

El que sus especies se encuentren en todo el mundo exceptuando la región de la Antártica, no solo la ubica en todos los hábitats, desde el más húmedo hasta el más seco, sino que también explica su amplia diversidad morfológica representada por la gran variedad de caracteres en flores y frutos. Sin embargo, es esa misma amplitud la que ha impedido que sus especies hayan sido satisfactoriamente caracterizadas en todas las áreas del conocimiento, a pesar que estas tengan gran impacto económico para algunos sectores mundiales.

Un caso palpable de este hecho es la situación observada en la región amazónica, la cual es reconocida mundialmente no solo por su amplia biodiversidad en flora y fauna, sino por su riqueza cultural y valioso conocimiento tradicional. Así las cosas, aunque la mayor densidad poblacional de la familia *Solanaceae* ha sido reportada en Suramérica, donde casi dos terceras partes del género *Solanum* tiene representantes nativos y una tercera parte del género es considerada endémica, se encuentran casos como el de *Solanum sessiliflorum* Dunal, una especie nativa de la región amazónica, sobre la cual se desconocen diferentes aspectos como su riqueza fitoquímica, su comportamiento químico durante su crecimiento y desarrollo, y las implicaciones que sobre estos aspectos tiene su pluralidad morfológica.

Algunos autores precisamente han sugerido que el conocimiento de la dinámica de crecimiento del fruto, el color y la química involucrada en la selección natural de las especies del género *Solanum* pueden convertirse en estrategias novedosas para su manipulación en un contexto comercial ; dando soporte a las iniciativas de bioprospección, que tienen como fin último el uso sostenible y racional de la biodiversidad mundial, la cual particularmente en nuestro país cobra gran importancia debido a que se convierte en una alternativa para las iniciativas empresariales amazónicas.

Dentro de este contexto, en el departamento del Guaviare se han establecido entre los años 1999 y 2005 cerca de 150 parcelas

agroforestales, con especies maderables y de frutas amazónicas como arazá, copoazú, cocona y borojó, lo que aporta una base productiva importante para la "Asociación de Productores para el Cambio Económico del Guaviare ASOPROCEGUA" quienes lideran el desarrollo frutícola en el departamento del Guaviare. Esta organización aglutina a 450 familias y actualmente cuenta con 145 socios activos que buscan aprovechar el potencial de los recursos biológicos en beneficio de la región.

A pesar de este potencial, los frutales amazónicos no han logrado consolidarse como una cadena de valor que permita a productores, transformadores y comercializadores, acceder equitativamente a mercados, locales, nacionales e internacionales. Esto debido, entre otras razones, al escaso conocimiento de la oferta potencial productiva por localidad, la carencia de estudios tecnológicos de la dinámica del crecimiento y la productividad de las especies en los diferentes sistemas productivos establecidos que conduzcan a un

Figura 1. Cultivos de cocona en Vegas del Río Guaviare y áreas de tierra firme en Guaviare

buen manejo agronómico de las mismas, la inexistencia de registros para las pérdidas que se presentan tras la recolección que se ven incrementadas por la falta de adopción de tecnologías desarrolladas para la validación de métodos de cosecha, selección, clasificación y

tratamiento poscosecha, esto además del hecho que la mayoría de organizaciones de productores y pequeñas iniciativas empresariales presentan debilidades en aspectos como capacidad organizacional, gestión empresarial y estrategias de comercialización.

Entre los frutales amazónicos comúnmente cultivados en el departamento del Guaviare se destaca el caso de *Solanum sessiliflorum* Dunal, comúnmente conocida como cocona, topiro o cubiu; la cual, aunque es una especie endémica, fue introducida por nativos y colonos en los arreglos agroforestales y chagras en sus sitios de asentamiento, lo cual la constituyó en un alimento tradicional de esta zona, reconocido por su refrescante sabor, y por las propiedades farmacológicas que etnobotánicamente le son atribuidas, que van desde su uso tópico para sanar quemaduras y eliminar algunos parásitos, hasta su ingestión para el control de los niveles de glucosa, colesterol y ácido úrico en la sangre. La cocona, como buena parte de los frutales amazónicos ha sido considerada como especie promisoria, debido a sus agradables y atractivas características sensoriales, alto valor nutricional, potencial actividad biológica y la posibilidad de incluirle en diferentes procesos agroindustriales. No obstante, en nuestro territorio nacional los frutales amazónicos son poco conocidos debido a que tienen un comercio y una escala de producción reducidos, lo cual se deriva precisamente de la escasa difusión, problemas logísticos y de los vacios en investigación básica y tecnológica que permitirían dar respuesta a diversas cuestiones sobre la calidad y el rendimiento de la fruta.

1. COCONA (*Solanum sessiliflorum* **Dunal**)

Cardona J[1]., Barrera J[1]. Hernández M.S[1]. Cuca L.E.[2]

[1]Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, Sinchi
[2]Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia

Género Solanum

Generalidades

Solanum es uno de los géneros más grandes del reino vegetal. Este incluye cerca de 1400 especies distribuidas a lo largo de todo el mundo, aunque la mayor parte se encuentra concentrada en la Amazonia tropical, de hecho se considera que allí cerca de las dos terceras partes del género *Solanum* tiene representantes nativos y una tercera parte del género total es endémica (Roddick, 1991; Silva Filho, Yuyama, Aguiar, Oliveira & Martins, 2005; Storti, 1988).

Características taxonómicas y morfológicas

Las especies del género *Solanum* abarcan una gran variedad de plantas, desde hierbas anuales hasta arbustos. Las hojas del género pueden ser alternas, opuestas o geminadas; simples o compuestas; glabras o pubescentes, frecuentemente desiguales en tamaño, lobuladas o compuestas, pecioladas o sésiles, sin estípulas (Natural-History-Museum, 2009).

Sus flores son generalmente actinomorfas, de 5 pétalos, cáliz, corola y 5 estambres; anteras dehiscentes, néctar ausente. Pueden ser unisexuadas o hermafroditas (Natural-History-Museum, 2009).

Sus frutas son de morfología variable, pueden ser bayas suaves de colores brillantes, secas de colores brillantes, suaves verdosas, duras de color amarillo verdoso o secas encerradas por un cáliz. Se caracterizan por su sabor suavemente dulce y la presencia de glicoalcaloides (Natural-History-Museum, 2009).

Etnobotánica del género

Al igual que las demás especies de la familia *Solanaceae*, al género *Solanum* le han sido atribuidas diferentes propiedades farmacológicas, que han sido reflejadas en diversos estudios de actividad biológica. En la Tabla 1 se resumen usos tradicionales que se le dan a algunas especies del género *Solanum* en la región amazónica (Roddick, 1991).

Tabla 1. Etnobotánica del género ***Solanum*** Fuente: Rodrick ***et al.***, 1991

Especie	Uso
Solanum spp.	Se usa para curar eczemas, heridas, úlcera, enfermedades venéreas, reumatismo, fiebres, tumores, desordenes de la piel y afecciones intestinales. Es considerado diurético.
Solanum apaporanum	Los indígenas de río Vaupés y Apaporis (Kubeos) secan y pulverizan el fruto y aplican el polvo en el cuerpo como repelente.
Solanum appesum	En Mocoa se consideran tóxicas. Las hojas se usan para lavar las prendas. Son irritantes.
Solanum jaimaicense	En Leticia las frutas son hervidas y mezcladas con fariña para aliviar enfermedades estomacales. Los Ticunas la usan como purgante. Se consideran frutos tóxicos.

Especie	Uso
Solanum liximitante	Los Taiwanos usan su decocción para aliviar la tos persistente.
Solanum mammosum	Se usa como insecticida o repelente.
Solanum rugosum	En la Pedrera se usan sus hojas para los dolores del hígado. Son irritantes. Se usan para lavar las prendas.
Solanum stramonifolium	En el Vaupés sus frutos son ingeridos. Se usa para la contención de hemorragias.

Estudios fitoquímicos

Los metabolitos secundarios tienen por objetivo actuar como defensa a ataques de herbívoros, microorganismos, virus y plantas competitivas; o bien, como compuestos señal para atraer procesos de polinización o dispersión de semillas; por tanto se consideran compuestos fundamentales para la supervivencia y la reproducción de las plantas que representan los carácteres adaptativos de la selección natural durante la evolución (Wink, 2003).

Por su parte, las especies de la familia *Solanaceae* producen una gran variedad de metabolitos secundarios entre los cuales se encuentran tropano alcaloides, alcaloides esteroidales, withanolidos, ecdyesteroides, sesquiterpenos, diterpenos y algunas antraquinonas, saponinas esteroidales, sapogeninas, terpenos pentacíclicos, y los principios pungentes del género *Capsicum* (Eich, 2008; Roddick, 1991; Wink, 2003).

Específicamente, el género *Solanum* ha sido extensamente estudiado por sus alcaloides esteroidales, sus saponinas esteroidales y sus isoprenoides (Eich, 2008). Los alcaloides del género *Solanum* exhiben un interesante rango de bioactividad, entre las cuales se encuentra la inhibición tumoral, antifúngica, antihepatotóxica, antiviral, teratogénica, embriotóxica (El Sayed, Hamann, Abd El-

Rahman & Zaghloul, 1998; Kim, Che, Gunatilaka & Kingston, 1996). Los alcaloides esteroidales son dominantes en los géneros *Solanum* y *Lycopersium*, y en algunos pocos reportes se encuentran hallazgos en los géneros *Lycianthes, Cyphomandra* y *Cestrum parqui* (Wink, 2003). Algunos ejemplos de alcaloides esteroidales son 2-(-metil-tetrahidrofurano)-solanidina aislado de *Solanum cornifolium* (Cuca, Coy & Orozco, 2004) y solasodina que se encuentra en diferentes especies del género *Solanum* como *S. torvum* (Smith, Giesbrecht, Thompson, Nelson & Hoffman, 2008), y el robeneosido A de *Solanum lycocarpum* (Yoshikawa, Nekamura, Osaki, Kumahara, Morikawa & Matsuda, 2007).

Se encuentran también diversos reportes de saponinas esteroidales aislados de diferentes especies del género *Solanum*. Entre ellos se encuentran los liconósidos A, B y C de *Solanum lycocarpum* (Nakamura, Hongo, Sugimoto, Matsuda & Yoshikawa, 2008), solanigrosido C de *Solanum nigrum* (Zhou *et al*., 2006), solakasosido de *Solanum khasianum* (Putalun, Tanaka & Shoyama, 1999), solanolactósido A de*Solannum torvum* (Lu, Luo, Huang & Kong, 2009).

Solanum sessiliflorum Dunal

Generalidades

La cocona o cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) es una especie nativa de la región amazónica del Brasil, Perú, Colombia y Venezuela y fue domesticada por las tribus indígenas (Pahlen, 1977; Silva Filho, Andrade, Clement, Machado & Hiroshi, 1999). Es una planta que crece mejor a pleno sol que en sombra (Pahlen, 1977). Pertenece a la sección Lasiocarpa de la familia de las solanáceas, lo que la relaciona filogenéticamente con la naranjilla o lulo (*Solanum quitoense*) (Silva Filho *et al*., 1999; Silva Filho *et al*., 2005).

Se encuentran reportes de que la cocona es un fruto con una

cantidad considerable de hierro, vitaminas A y C, lo cual la hace una alternativa importante para disminuir los problemas nutricionales de la región amazónica (Silva Filho *et al*., 1999).

De acuerdo con los reportes encontrados la cocona es originaria del alto Orinoco. (La planta se distribuye en los Andes del Ecuador y Colombia hasta 1000 msnm, en los valles interandinos en Colombia y en el litoral Pacífico del Ecuador y Colombia (Pahlen, 1977; Silva Filho *et al*., 1999). Se encuentra en forma silvestre principalmente en las llamadas vegas de río y cultivada en las chagras por los habitantes de la región Amazónica, por lo cual es común verla en los mercados del Oeste Amazónico (Pahlen, 1977). En los municipios occidentales del estado del Amazonas del Brasil, la cocona se encuentra en forma espontánea en los campos y parcelas de los indios y mestizos (Silva Filho *et al*., 1999).

Posiblemente su variabilidad morfológica se deba al proceso de selección indígena. Se encuentran diversos reportes, incluyendo el de Humbolt quien la encontró en la localidad de San Fernando de Atabapo y le dio el nombre de *Solanum topiro* (Silva Filho *et al*., 1999).

Características taxonómicas (Silva Filho et al., 1999)

División: Spermathophytae
Subdivisión: Asteridae
Tribu: Solaneae
Subfamilia: *Solanoideae*
Familia: Solanaceae
Sección: Lasiocarpa
Subgénero: Leptostemonum
Género: *Solanum*
Especie: *sessiliflorum*
Nombres comunes: Cocona, Cubiu, Topiro, Orinoco Apple, Peach tomato.

Características morfológicas

Figura 1. Flor y fruto de cocona

La planta de cocona (Figura 1) es un arbusto herbáceo y fructífero, de una altura entre 1 y 2 m, erecto y ramificado. En su madurez se torna semileñosa, de tallo cilíndrico y grueso, de abundante pubescencia, y ramifica cerca del suelo. Sus hojas son simples, alternas y con estípula en forma de espiral, en grupos de tres, ovoides, grandes, de ápice agudo, bordes sinuados, lóbulos acuminados, triangulares e irregulares con un lado de lámina más alto que el otro; sus dimensiones de encuentran entre los 30 y los 50 cm longitudinalmente y 20 a 30 cm transversalmente. Las hojas mayores tienen peciolos hasta de 14 cm de largo. La cara anterior de la hoja tiene una pubescencia dura y blancuzca mientras que en la posterior esta es suave y estrellada (Boufleuher *et al*., 2008; Silva Filho *et al*., 2005).

Sus condiciones óptimas de cultivo se encuentran entre los 18 y los 30°C, una altura entre los 2 y los 1200m, en zonas sin presencia de heladas, con precipitación pluviométrica de 1500 a 1400 mm/año y con una humedad relativa promedio de 85% (Silva Filho *et al*., 1999). Dependiendo del material genético cultivado la producción varía entre las 40 y las 200 toneladas por hectárea, ofreciendo

una posibilidad de programar la producción de modo tal que haya cosecha el año entero, asegurando un abastecimiento constate para la agroindustria (Silva Filho *et al*., 1999).

La planta necesita solo una pequeña cantidad de fertilizante para tener una buena productividad, aun en suelos ácidos e infértiles (Marx, Andrade & Guilherme Maia, 1998). Sin embargo es importante tener en cuenta que esta planta es especialmente sensible a la temperatura y la presencia de ciertos substratos (Boufleuher *et al*., 2008; Silva Filho *et al*., 2005).

Es considerada resistente al ataque de hongos. Su ciclo vegetativo es calificado como corto (Pahlen, 1977), ya que la producción empieza aproximadamente 7 meses después de la siembra, después de los cuales se encuentra una fructificación continua a lo largo de 1 o 2 años más. Su vida útil es de 3 años y la producción es de 14kg/ año, lo que corresponde a cerca de 146 ton/ha. Dependiendo de las condiciones del suelo, el clima y el genotipo, las plantas alcanzan una altura que varía entre los 0,8 y los 2,0m (Marx *et al.,* 1998).

La cocona es muy variable en su tamaño de fruto, forma y sabor, y existe evidencia de que estas variaciones son comúnmente reconocidas a escala local por los residentes de la alta Amazonia donde la planta es cultivada por indígenas (Figura 2). Algunos consideran que las diferencias son lo suficientemente marcadas para considerarlas especies separadas de *S. sessiliflorum,* y se han propuesto *S. alabile* y *S. georgicum* para nombrarlas, aunque otros autores ponen en tela de juicio este estatus (Boufleuher *et al*., 2008; Silva Filho *et al*., 1999; Silva Filho *et al*., 2005).

Figura 2. Morfotipos cultivados en San José del Guaviare. De izquierda a derecha morfotipos redondo pequeño (I), ovalado (II) y redondo grande (III)

La considerada por algunos *Solanum alabile*, es nativa del río Putumayo en el Amazonas Colombiano, se caracteriza por tener frutos de mayor tamaño, más dulces y menos ácidos que los otros morfotipos de *Solanum sessiliflorum*.

La *S. georgicum* es la posible progenitora de las etnovariedades agrupadas en *S. sessiliflorum* var. *sessiliflorum*. Se caracteriza por tener espinas y frutos pequeños de forma globosa. La desaparición de las espinas es posiblemente una consecuencia de la domesticación del fruto.

Etnobotánica de la especie

La pulpa el fruto es consumida directamente, en jugos, mermeladas, jaleas, dulces, compotas, ensaladas o combinada con bebidas alcohólicas y carnes (Pahlen, 1977; Silva Filho *et al*., 1999).

En el aspecto etnobotánico, se dice que es buena para los riñones, el hígado y la piel. Como medicamento tradicional, las hojas maceradas sirven para cicatrizar heridas provocadas por picaduras de arañas, y para evitar la formación de ampollas en casos de quemaduras.

El jugo es recomendado para el control de los elevados niveles de colesterol, ácido úrico y glucosa en la sangre, para curar la rasquiña en la epidermis externa y como acaricida. Como cosmético es usado para limpiar y dar brillo al cabello (Pardo, 2004; Silva Filho *et al*., 1999).

Las semillas del fruto son secadas y pulverizadas para uso medicinal. La tribu de los Taiwanos mezcla este polvo con el de la coca para aplicarlo sobre las membranas mucosas y la lengua cuando están irritadas. Los Tukanos del río Apaporis toman una decocción fuerte y tibia que actúa como desparasitante. En La Pedrera la cocinan en agua y se la aplican en compresas en la frente para eliminar el dolor de cabeza. Se considera un excelente diurético y que actúa contra la gripa (Roddick, 1991).

Conclusiones

La gran distribución del género *Solanum*, principalmente en las zonas tropicales, ha permitido que éste se muestre como un género de gran diversidad, que ha sido utilizada por el hombre en diferentes aspectos, haciendo que éste juegue un rol bastante importante en el sector comercial. Sin embargo, los frutales amazónicos, y más específicamente *Solanum sessiliflorum* Dunal, ha sido objeto de pocos estudios que traten de esclarecer las diferencias químicas que pueden haber ocasionado los procesos de domesticación de la especie, los cuales, como ha sido estudiado por Silva Filho *et al*. (1999 y 2005) y Yuyama *et al* (Yuyama *et al*., 2007) se han visto reflejadas en la aparición de diferentes morfotipos o etnovariedades a lo largo de la región amazónica.

Bibliografía

Boufleuher, L. M., Shuelter, A. R., Luz, C. L., C.L., D. L., V.A., A., Stefanello, S., A.P., C., & Otoni, W. C. (2008). In vitro propagation on

Solanum sessiliflorum as affected by auxin and cytokinin combinations and concentrations. *Asian Journal of Plant Sciences*, *7*(7), 639-646.

Cuca, L. E., Coy, C. A., & Orozco, C. I. (2004). Aislamiento y elucidación estructural de algunos metabolitos mayoritarios del extracto etanólico de *Solanum cornifolium*. Sección Geminata. *Revista colombiana de química*, *33*(1), 7-12.

Eich, E. (2008). *Solanaceae and Convolvulaceae: secondary metabolites. Biosynthesis, chemotaxonomy, biological and economic significance (a handbook)*. Berlin: Springer.

El Sayed, K. A., Hamann, M. T., Abd El-Rahman, H. A., & Zaghloul, A. M. (1998). New Pyrrole Alkaloids from *Solanum sodomaeum*. *Journal of Natural Products*, *61*(6), 848-850.

Kim, Y. C., Che, Q. M., Gunatilaka, A. L., & Kingston, D. G. I. (1996). Bioactive steroidal alkaloids from *Solanum umbelliferum*. *Journal of Natural Products*, *59*, 283-285.

Lu, Y., Luo, J., Huang, X., & Kong, L. (2009). Four new steroidal glycosides from Solanum torvum and their cytotoxic activities. *Steroids*, *74*(1), 95-101.

Marx, F., Andrade, E. H. A., & Guilherme Maia, J. (1998). Chemical composition of the fruit of *Solanum sessiliflorum*. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A*, *206*(5), 364-366.

Nakamura, S., Hongo, M., Sugimoto, S., Matsuda, H., & Yoshikawa, M. (2008). Steroidal saponins and pseudoalkaloid oligoglycoside from Brazilian natural medicine, "fruta do lobo" (fruit of *Solanum lycocarpum*). *Phytochemistry*, *69*(7), 1565-1572.

Natural-History-Museum (2009). Solanaceae Source Proyect. vol. 2009. New York: Natural History Museum.

Pahlen, A. V. D. (1977). Cubiu (*Solanum topiro* Humbl. & Bonpl.), Uma Fruteira Da Amazõnia. *Acta Amazónica*, *7*, 301-307.

Pardo, M. A. (2004). Efecto de *Solanum sessiliflorum* Dunal sobre el metabolismo lipídico y de la glucosa. *Ciencia e Investigación vii*, *2*, 43-48.

Putalun, W., Tanaka, H., & Shoyama, Y. (1999). Rapid separation of solasodine glycosides by an immunoaffinity column using anti-solamargine monoclonal antibody. *Cytotechnology*, *31*(1), 153-158.

Roddick, J. G. (1991). The importance of the Solanaceae in medicine and drug therapy. In: G. J. Hawkes, R. N. Lester, M. Nee, & N. Estrada, *Solanaceae III. Taxonomy, Chemistry, Evolution* (pp. 7-23). London: Royal Botanic Gardens Kew and Linnean Society of London.

Silva Filho, D. F., Andrade, J. S., Clement, C. R., Machado, F. M., & Hiroshi, N. (1999). Correlações fenotípicas, genéticas e ambientais entre descritores morfológicos e quimicos em frutos de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) da amazônia. *Acta Amazónica*, *29*(4), 503-511.

Silva Filho, D. F., Yuyama, L. K. O., Aguiar, J. P. L., Oliveira, M. C., & Martins, L. H. P. (2005). Caracterização e avaliação do potencial agronômico e nutricional de etnovariedades de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) da Amazônia. *Acta Amazónica*, *35*(4), 399-406.

Smith, S. W., Giesbrecht, E., Thompson, M., Nelson, L. S., & Hoffman, R. S. (2008). Solanaceus Steroidal Glycoalkaloids And Poisoning By *Solanum torvum*, The Normally Edible Susumber Berry. *Toxicon*, *52*, 667 - 676.

Storti, F. (1988). Biologia Floral De *Solanum sessiliflorum* Dunal. *Acta Amazónica*, *18*(3-4), 55-65.

Wink, M. (2003). Evolution of secondary metabolites from an

ecological and molecular phylogenetic perspective. *Phytochemistry*, *64*, 3-19.

Yoshikawa, M., Nekamura, S., Osaki, K., Kumahara, A., Morikawa, T., & Matsuda, H. (2007). Structures of steroidal alkaloid oligoglycosides, Robeneosides A And B, and antidiabetogenic constituents from brazilian medicinal plant *Solanum lycocarpum*. *Journal of Natural Products*, *70*, 210-214.

Yuyama, L. K. O., M., M. S. H., Aguiar, J. P. L., Filho, D. S., Yuyama, K., Fávaro, D. I. T., & Vasconcellos, M. B. A. (2007). Quantifição de macro e micro nutrientes em algumas etnovariedades de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal). *Acta Amazónica*, *37*(3), 425-430.

Zhou, X., He, X., Wang, G., Gao, H., Zhou, G., Ye, W., & Yao, X. (2006). Steroidal saponins from *Solanum nigrum*. *Journal of Natural Products*, *69*(8), 1158-1163.

2. Variaciones fisicoquímicas en el desarrollo de tres morfotipos de cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) en dos ambientes de cultivo del departamento del Guaviare

Cardona J[1]., Barrera J[1]., García A[1]., Cuca L[2]., Hernández M.S[1]., Carrillo M[1].

[1]Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, Sinchi
[2]Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia

Los cambios químicos presentados durante la maduración de las frutas carnosas son determinantes de calidad, ya que actúan como atrayentes tanto para el hombre como para otros animales, con el fin de asegurar la dispersión de las semillas (Barry, 2009). Estos cambios incluyen aumento de peso, y de dulzura, el descenso de la acidez y la astringencia, los cambios de coloración y el incremento en compuestos responsables del aroma, entre otros (Coombe, 1976). Tales cambios inician solo cuando el fruto ha desarrollado considerablemente sus tejidos, y se dan debido al inicio de una serie de reacciones que incluyen enzimas y metabolitos desarrollados en etapas anteriores. Este proceso es dependiente de la naturaleza de la fruta, y por tanto de su intensidad respiratoria y la producción de etileno durante el desarrollo.

Aunque el agua contribuye en gran parte al aumento del peso, también se acumulan un gran número de compuestos hidrosolubles,

entre los cuales se encuentran alcoholes, azúcares (especialmente glucosa, fructosa y sacarosa), ácidos (málico, succínico, tartárico, oxálico, cítrico), protones y otros iones (especialmente K^+, Cl^-, $SO_4^=$, PO_4^{3-}, Ca^{2+}, Mg^{2+}), ésteres, flavonoides, glicósidos, fenoles, aminoácidos, amidas, proteínas, vitaminas, alcaloides, terpenos, lípidos, resinas, taninos, y carbohidratos de cadena larga (Coombe, 1976).

Cientos de trabajos se han desarrollado con el fin de encontrar las variaciones químicas durante la maduración de diferentes frutas, y debido a la gran amplitud de la familia *Solanaceae*, sus frutos no han sido la excepción; ejemplos típicos de esto son los cientos de investigaciones sobre especies como la papa (*Solanum tuberosum*), el tomate (*Solanum licopersicum*), el ají (*Capsicum spp.*; (Barrera, Hernández, Melgarejo, Martínez & Fernández, 2008), el tomate de árbol (*Solanum betaceum*), el lulo (*Solanum quitoense*) y la berenjena (*Solanum melongena*).

Sin embargo, es esa misma amplitud la que ha impedido que todas las especies hayan sido caracterizadas satisfactoriamente, a pesar que para algunos sectores mundiales tengan gran impacto económico. Un caso palpable de este hecho es la situación reflejada en la región amazónica, donde, aunque se encuentran reportados buena parte de los representantes del género *Solanum*, la riqueza química de especies nativas de esta zona como *Solanum sessiliflorum* Dunal, es escasamente conocida.

Solanum sessiliflorum Dunal, comúnmente denominada cocona, topiro o cubiu, aunque es una especie endémica de la región amazónica, fue introducida por nativos y colonos en los arreglos agroforestales y chagras en sus sitios de asentamiento; convirtiéndose en un alimento tradicional, reconocido por su refrescante sabor y por las propiedades que etnobotánicamente se le atribuyen, las cuales van desde su uso tópico para sanar quemaduras y eliminar algunos parásitos, hasta su ingestión para el control de los niveles de glucosa, colesterol y ácido

úrico en la sangre (Silva Filho, Andrade, Clement, Machado & Hiroshi, 1999). Sin embargo, los escasos estudios realizados sobre la especie están basados en estudios puntuales que no diferencian las variaciones en la composición química entre las diferentes ambientes de cultivo o variedades de la fruta, lo cual se convierte en un obstáculo para la adopción de decisiones técnicas en el cultivo, y aun más allá para el aprovechamiento de sus propiedades intrínsecas para generar valor agregado y nuevos usos en la industria.

En este contexto el presente trabajo pretendió subsanar en parte esta falta de información sobre la fruta, y más aun resolver dudas en cuanto a las variaciones en su composición química relacionadas con la diversidad morfológica que presenta esta especie. Para tal efecto se realizó un análisis general de algunos de las variaciones químicas durante la maduración de tres de los morfotipos comúnmente cultivados en ambientes de vega de río y tierra firme del Guaviare, un departamento perteneciente a la Amazonia colombiana. Cada uno de estos morfotipos presenta parámetros de crecimiento y formas características. Las variaciones químicas analizadas fueron estudiadas en términos de concentración de algunos metabolitos comúnmente reconocidos por presentar cambios considerables durante la fase de maduración de las frutas.

Se sometieron a evaluación frutos de tres morfotipos provenientes de cultivos en tierra firme y vega de río procedentes del municipio de San José del Guaviare (Guaviare – Colombia) durante su desarrollo y maduración, enmarcados entre los días 35 y 70 después de la apertura del botón floral.

El primero de ellos, el morfotipo ovalado, posee forma oblonga, y en su madurez llega a tener un peso promedio de 76 – 82 g, 44 – 47 mm de diámetro longitudinal y 74 – 85 mm de diámetro transversal. Su intensidad respiratoria en el momento de recolección llega a valores de 28,7 mL de CO_2 * kg^{-1} * h^{-1}. El segundo, el morfotipo redondo pequeño, posee una forma más esférica, y se caracteriza por alcanzar en su madurez fisiológica de 32 – 46 g de peso, diámetros

longitudinales de 44 – 48 mm, diámetros transversales de 36 – 42 mm y una intensidad respiratoria de 15,6 mL de CO_2 * kg^{-1} * h^{-1}. El último es el morfotipo redondo grande, de forma achatada, un peso promedio que oscila entre los 133 y los 317 g, diámetros transversal y longitudinal de 63 – 85 mm y 70 – 85 mm respectivamente, además de una intensidad respiratoria de 26,3 mL de CO_2 * kg^{-1} * h^{-1}.

Para tal efecto fueron marcados 200 frutos cuajados de cada uno de los morfotipos en ambos ambientes de cultivo, y se evaluaron semanalmente propiedades físicas y químicas hasta el día 70. A partir del día 35 se inició con la medida de los parámetros químicos, entre los cuales se incluyeron acidez iónica, acidez titulable, sólidos solubles totales, ácidos orgánicos y azúcares con el fin de evaluar los cambios químicos en la fruta durante su maduración. Cinco frutos a partir de la semana 4 fueron congelados y almacenados enteros a una temperatura de -20°C y condiciones de oscuridad hasta el momento del procesamiento.

Tamaño

El crecimiento del fruto de cocona presentó un comportamiento ajustable a una curva sigmoidea simple, que permite describir su conducta en tres etapas de desarrollo claramente diferenciables; una primera dada por un crecimiento lento dado por la multiplicación celular en el fruto durante los 14 primeros días después de la apertura floral, un segundo estado de crecimiento exponencial, durante el cual se da la expansión celular por acumulación de agua y otros metabolitos (Coombe, 1976) desde el día 14 hasta el 35 y un tercer estado final, hasta el día 70, donde el crecimiento del fruto se ve mermado y a partir del cual se inician los cambios químicos respectivos a la maduración del fruto. Finalmente, en el periodo de maduración el aumento del diámetro de los frutos es irreversible como consecuencia del incremento en masa y número de las células.

Este tipo de crecimiento ajustable a una curva sigmoidea simple se encuentra reportado para diferentes frutos de solanáceas como el tomate (Chong Pua & David, 2010), el tomate de árbol (Portela, 1999) y el ají (Barrera *et al.*, 2008). Las curvas de crecimiento de los frutos son una respuesta de la planta a un ambiente particular a través del tiempo, y su obtención asegura un adecuado manejo del cultivo, y por tanto, la consecución de los resultados esperados en cuanto a productividad de éste (Casierra-Posada, Cardozo & Cárdenas-Hernández, 2007).

El modelo de crecimiento para los parámetros de diámetro longitudinal y transversal, permiten predecir el crecimiento de la fruta a través del tiempo; se corrobora que esta curva no solo varía dependiendo de la especie evaluada según lo planteado por Casierra – Posada y colaboradores en 2007; sino que en el caso particular de la especie evaluada, las curvas de crecimiento varían entre morfotipos y ambientes de cultivo. El comportamiento de cada uno de los casos fue satisfactoriamente descrito por modelos logísticos de tercer orden, (Barrera *et al.*, 2008). Para todos ellos se obtuvo un parámetro R^2 mayor a 0,75 (ver Figura 1 a Figura 3).

Adicionalmente se observaron parámetros de crecimiento particulares para cada uno de los morfotipos, que hacen evidentes las variaciones morfológicas entre los materiales evaluados. El morfotipo redondo grande al igual que el pequeño muestran diámetros longitudinales y transversales de similar magnitud, mientras que el morfotipo ovalado muestra a partir del día 21 un diámetro longitudinal 1,5 veces mayor a su diámetro transversal. Paralelamente, se encuentra que la pendiente de la curva en el periodo de elongación celular del morfotipo pequeño es más elevada que la presentada en el morfotipo redondo grande. De esta manera se puede inferir que cada uno de los morfotipos experimenta características únicas en su etapa de elongación celular.

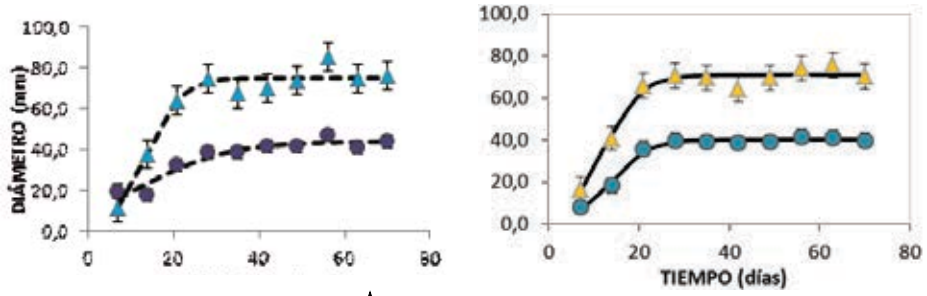


Figura 1. Diámetros longitudinal (▲) y transversal (•) del morfotipo ovalado calculado en vega de río (línea discontinua) y tierra firme (línea continua).

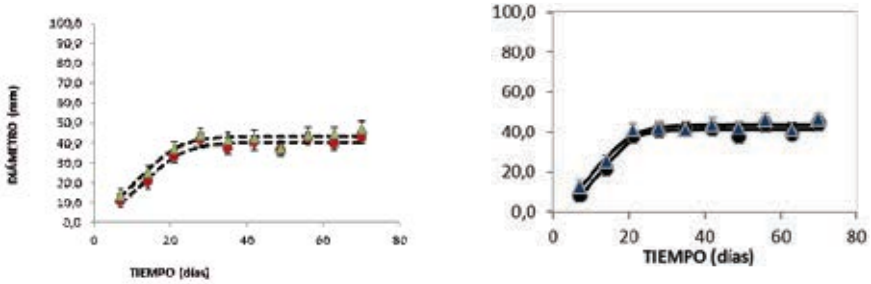


Figura 2. Diámetros longitudinal (▲) y transversal (•) del morfotipo redondo pequeño calculado en vega de río (línea discontinua) y tierra firme (línea continua).

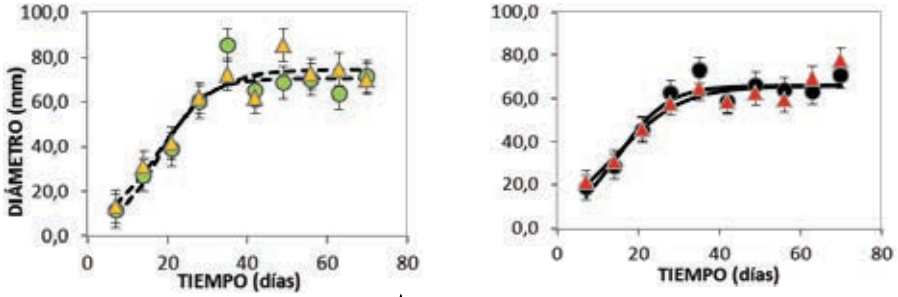


Figura 3. Diámetros longitudinal (▲) y transversal (•) del morfotipo redondo grande calculado en vega de río (línea discontinua) y tierra firme (línea continua).

Peso

Al igual que para el parámetro de tamaño los pesos fresco y seco se logran ajustar a una curva sigmoidea simple, en la cual se distinguen las tres etapas descritas anteriormente. Sin embargo, aunque se confirma que la etapa de multiplicación celular se da en el periodo comprendido entre 7 y 14 días después de la apertura del botón

floral, se encuentran diferencias en el comportamiento descrito en el segundo periodo, ya que éste se extiende hasta el día 56 y no hasta el 35 como se había propuesto inicialmente para el tamaño del fruto.

Según se observa en la Figura 4 a la Figura 6 existen diferencias en los pesos frescos finales de cada uno de los morfotipos, dependiendo de la localidad de cultivo; sin embargo no es posible generalizar el hecho que en una determinada localidad se logren mayores pesos en el fruto; ya que mientras para el morfotipo ovalado y redondo grande se observan pesos medios mayores cuando son cultivados en vega de río, el morfotipo redondo pequeño muestra un comportamiento inverso, lo cual confirma una interacción localidad-morfotipo importante sobre este parámetro. Sin embargo, cabe destacar que el test de Tukey para el factor interacción localidad-morfotipo muestra grupos no homogéneos solo para el caso de morfotipo redondo grande.

Adicionalmente es posible observar que el incremento en el peso de los frutos del morfotipo ovalado y el morfotipo redondo grande cultivados en tierra firme se da más prematuramente y con una pendiente inicialmente más elevada; sin embargo, ésta se estabiliza también en una etapa más temprana, lo cual se traduce en pesos frescos menores al final del desarrollo del fruto en comparación a los de los frutos cultivados en vega de río. Así las cosas, se corrobora al igual que en el caso del tamaño del fruto, que cada uno de los morfotipos posee características de crecimiento y desarrollo únicas.

El comportamiento de cada uno de los casos fue satisfactoriamente descrito por modelos logísticos de tercer orden, mostrados en las Figura 4 a Figura 6 . Para todos ellos se obtuvo un parámetro R^2 mayor a 0,70. Estos modelos de crecimiento constituyen una aproximación integral a la forma y peso del fruto, que permiten describir el crecimiento del fruto como un fenómeno único e irreversible donde se involucra no solo el aumento de tamaño, sino el de peso como indicadores, ya que se debe tener en cuenta que el crecimiento se da no solo por el fenómeno de expansión celular; sino también por

el aumento del número de celulas, la acumulación de agua y otros compuestos producto del metabolismo primario y secundario de la planta (Casierra-Posada et al., 2007).

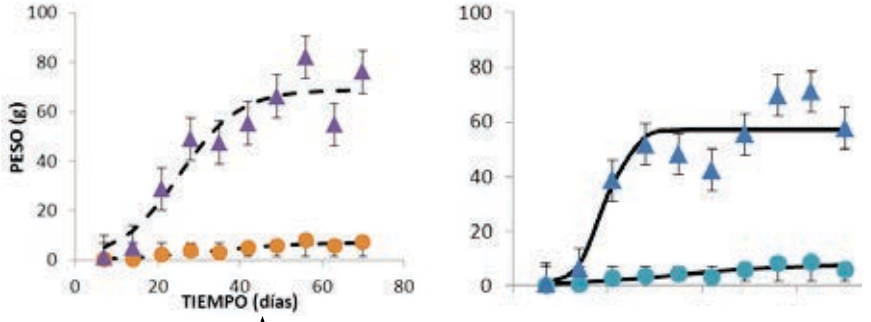


Figura 4. Peso fresco (▲) y seco (•) del morfotipo ovalado calculado en vega de río (línea discontinua) y tierra firme (línea continua).

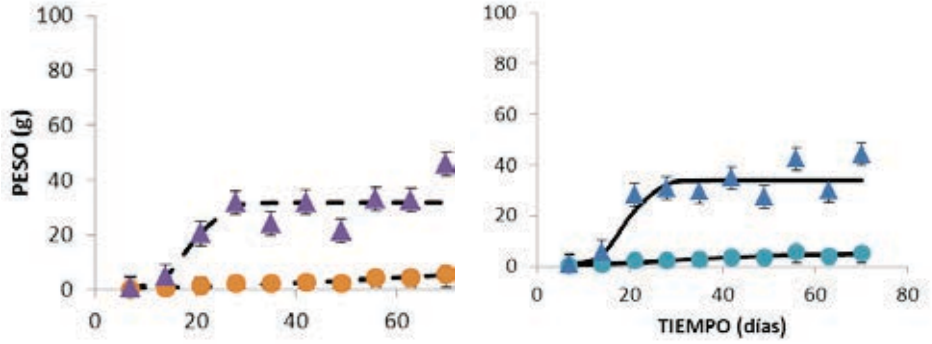


Figura 5. Peso fresco (▲) y seco (•) del morfotipo redondo pequeño calculado en vega de río (línea discontinua) y tierra firme (línea continua).

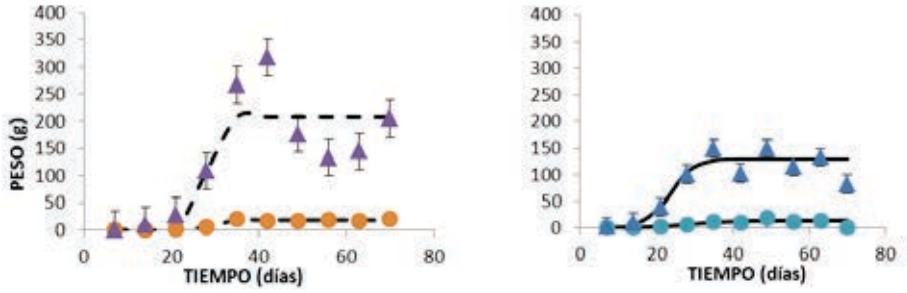


Figura 6. Peso fresco (▲) y seco (•) del morfotipo redondo grande calculado en vega de río (línea discontinua) y tierra firme (línea continua).

Intensidad respiratoria

La intensidad respiratoria es un indicador cuantitativo sobre los cambios en las rutas metabólicas y el inicio de los sistemas de decarboxilasa – oxigenasa; ésta se define como la relación entre el volumen de dióxido de carbono (oxígeno) emitido (consumido) y el peso del organismo, durante un periodo de tiempo. La intensidad respiratoria de una fruta climatérica muestra un pico característico durante su climaterio de la fruta, sugiriendo el incremento y posterior descenso de los procesos de descarboxilación; por el contrario, las frutas no climatéricas muestran una intensidad respiratoria descendente durante todo su periodo de crecimiento y desarrollo. Sin embargo, es importante hacer notar que cada especie exhibe una intensidad respiratoria característica (Fennema, 2000).

Según se observa en la Figura 7, todos los morfotipos exhiben un comportamiento típicamente no climatérico durante su etapa de crecimiento y desarrollo, comprendida por un descenso considerable de la tasa de respiración del fruto durante la etapa de multiplicación celular; la cual disminuye su pendiente desde el día 21 hasta el día 56, típica del periodo de elongación celular, y que finalmente a partir del días 56 se estabiliza hasta el final de su desarrollo, lo cual permite inferir que la cocona presenta el comportamiento de un fruto no climatérico en su periodo de maduración. Esta conclusión se confirma por la ausencia de niveles detectables de etileno durante los periodos de muestreo.

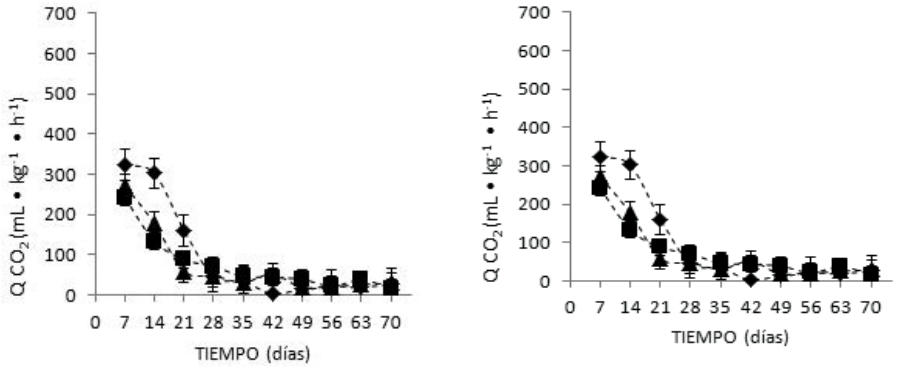


Figura 7. Intensidad respiratoria (mL de C02 * kg-1 * h-1) morfotipo ovalado (▲) redondo pequeño (•) y redondo grande (•) en vega de río (línea discontinua) y tierra firme (línea continua).

El etileno en las frutas climatéricas cumple un importante papel en la regulación de procesos fisiológicos, ya que el incremento en su producción desencadena las reacciones implicadas en el cambio del color, aroma, textura y sabor, entre otras. En las frutas no climatéricas, este proceso de maduración se cumple gradualmente y no es dependiente del incremento en la producción de etileno, lo que permite que ésta clase de frutos se puedan almacenar durante un periodo más prolongado (Chong Pua *et al*., 2010). Sin embargo, estudios recientes confirman que el etileno puede generar cambios químicos importantes sobre frutas no climatéricas, entre ellas, el cambio de color, la estimulación de la acumulación de pigmentos auxiliares, entre otros (Barry, 2009). Los elevados valores de la intensidad respiratoria durante las primeras etapas del crecimiento del fruto se explica por la intensa actividad metabólica necesaria para la multiplicación y expansión celular; ésta es común en diferentes frutas, como para dominó (Tadesse, Hewett, Nichols & Fisher, 2002); ají (Barrera *et al*., 2008); arazá (Hernández, Martínez & Fernández-Trujillo, 2007), entre otros.

Acidez iónica

Se encuentran valores medios de acidez iónica en términos de pH

de 3,86 para el morfotipo redondo pequeño, 3,68 para el redondo grande y 3,53 para el ovalado. El análisis de varianza y las pruebas de comparación realizadas permiten concluir que cada morfotipo exhibe un pH característico, independientemente de la localidad en la que éste haya sido cultivado.

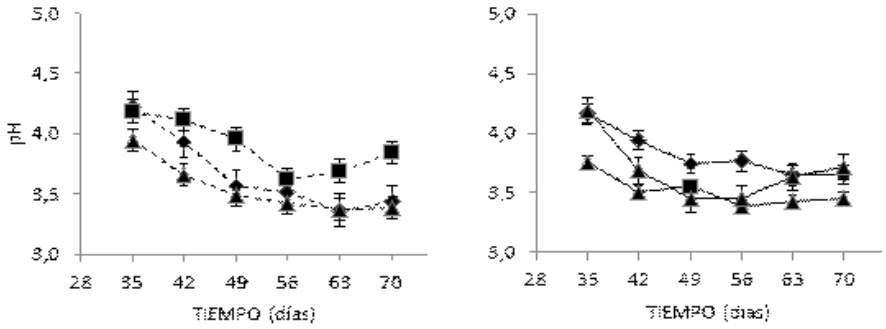


Figura 8. Acidez iónica (pH) morfotipo ovalado ((▲) redondo pequeño (•) y redondo grande (•) en vega de río (línea discontinua) y tierra firme (línea continua).

Su comportamiento a través del tiempo se muestra en la Figura 8, donde se distinguen dos etapas, la primera constituida por un descenso del pH a partir del día 35 hasta el 49, y la segunda por un descenso de menor pendiente hasta el momento de la recolección. Este comportamiento indica un nivel creciente de los ácidos en el medio, producto del balance entre la biosíntesis de éstos y su utilización como sustancias de reserva de energía dentro de los ciclos de oxidación (Fennema, 2000).

Acidez titulable

Se observan valores de acidez titulable de 1,26; 1,23 y 1,15 g de ácido cítrico por cada 100 g de fruto para el morfotipo redondo grande, ovalado y redondo pequeño respectivamente. El análisis de varianza realizado indicó que sus valores solo son significativamente diferentes en el tiempo, más no se constituyen en un carácter específico de cada morfotipo o de cada localidad.

Los cambios en la acidez titulable del fruto se dan como resultado del balance entre las reacciones de biosíntesis de ácidos orgánicos mayoritarios responsables del sabor y su utilización como fuente de energía en los ciclos oxidativos involucrados en la respiración y la fotosíntesis del fruto. Los valores se dan en términos de ácido cítrico en el fruto debido a que según el análisis cuantitativo realizado por cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC), este es el ácido mayoritario durante todo el periodo de maduración.

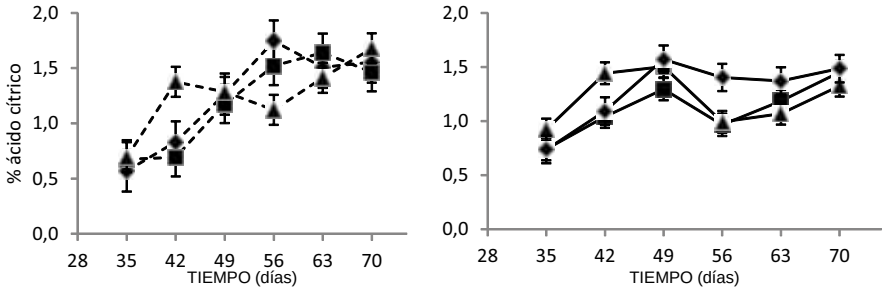


Figura 9. Acidez titulable (% ácido cítrico) morfotipo ovalado ((▲) redondo pequeño (•) y redondo grande (•) en vega de río (línea discontinua) y tierra firme (línea continua).

Ácidos orgánicos

Los ácidos predominantes encontrados en los tres morfotipos de cocona evaluados fueron los ácidos cítrico y málico; mientras que los ácidos oxálico y ascórbico se detectaron en menores concentraciones como puede observarse en la Figura 10.

Adicionalmente se observa que el ácido cítrico es el ácido mayoritario durante todo el desarrollo y maduración de la cocona, independientemente del morfotipo o la localidad de cultivo analizada, y que a diferencia de los demás ácidos muestra una tendencia constantemente creciente hasta el final del desarrollo del fruto, desde un valor medio de 756,6 mg de ácido cítrico por cada

100g de fruto en el día 35 hasta 1919 mg ácido cítrico por cada 100g de fruto en el día 70. Sus patrones de acumulación en el fruto durante el periodo de evaluación, son equiparables a los encontrados para la acidez total titulable de cada morfotipo, y coherentes con el comportamiento de la acidez iónica reportada.

Los ácidos málico y oxálico muestran un comportamiento decreciente a través del tiempo durante la maduración del fruto, probablemente como consecuencia de su incorporación los procesos oxidativos que involucra su consumo como compuestos de reserva, ya que las células del fruto se encuentran en capacidad de usarlos como sustrato para la respiración o bien convertirlos en monosacáridos. Este comportamiento es comparable con el reportado para otras solanáceas como el ají (Barrera *et al.*, 2008).

El comportamiento descendente de los ácidos málico y ascórbico, puede ser explicado por el hecho que éstos además de ser usados en los ciclos involucrados en la respiración y la fotosíntesis de la planta como sustratos, lo cual se traduce en un constante flujo de éstos entre los tejidos vegetales. Éstos además de jugar un papel fundamental en la formación del sabor, textura y color de la fruta, también son involucrados en otros procesos metabólicos de la planta como su nutrición, el incremento de resistencia a la toxicidad de los metales pesados, y la apertura de estomas (Sweetman, Deluc, Cramer, Ford & Soole, 2009), la modificación de la acción de algunas hormonas de la planta y en el control de los cambios ontogénicos (Fennema, 2000).

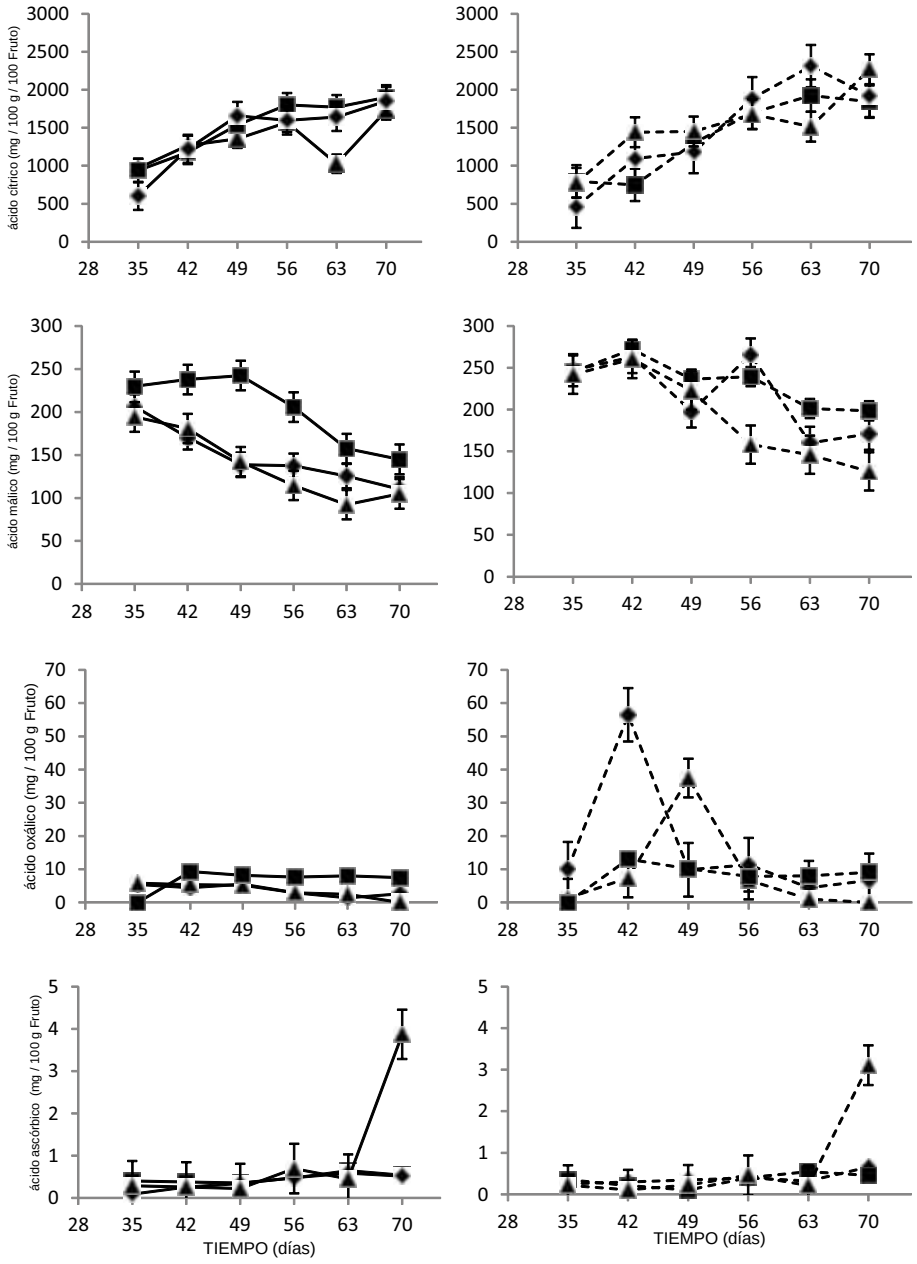


Figura 10. Cambios en los ácidos cítrico (a), málico (b), oxálico (c), ascórbico (d) morfotipo ovalado (▲) redondo pequeño (■) y redondo grande (◆) en vega de río (línea discontinua) y tierra firme (línea continua).

Los niveles de ácido oxálico encontrados, no manifestaron una tendencia homogénea para ninguno de los tres morfotipos. Por su parte, se hallaron valores medios de ácido ascórbico de 0,268; 0,346 y 0,379 mg por cada 100 g de cocona de los morfotipos ovalado, redondo pequeño y redondo grande, respectivamente; niveles, que a diferencia de lo reportado para otras solanáceas como el ají, son bajos con respecto al valor diario recomendado de consumo según la resolución 288 de 2008 del Ministerio de la Protección Social de 60 mg de ácido ascórbico al día.

Sólidos solubles totales

A través de la maduración de las frutas se dan reacciones de hidrólisis sobre las macromoléculas presentes en los frutos verdes, generando moléculas de menor peso molecular, que cumplen un importante rol en la constitución del sabor de la fruta; por lo tanto, se espera que durante la etapa de desarrollo y maduración del fruto los sólidos solubles totales de la fruta presenten un incremento constate, acompañado de la pérdida de firmeza del fruto. Los valores obtenidos para todos los muestreos permiten encontrar un comportamiento típicamente ascendente a través del tiempo.

Los valores medios característicos de sólidos solubles totales para la cocona ovalada son de 5,1 y 5,4 °Brix, para el morfotipo redondo pequeño de 5,3 y 5,5 °Brix y para el redondo grande de 5,6 y 5,9 °Brix (Figura 11). Es posible generalizar que los frutos cultivados en la localidad de vega de rio presentan valores de sólidos solubles totales menores que los correspondientes a los frutos cultivados en tierra firme. Este comportamiento es probablemente explicado por las diferencias metabólicas que cada morfotipo presenta en cada localidad de cultivo, debidas a factores extrínsecos fundamentales en los procesos fotosintéticos y de respiración como la presión de vapor de agua, la pluviosidad, la cantidad de nutrientes en el suelo y la intensidad lumínica propias de cada ambiente. (véase figura 11).

Azúcares

Los valores obtenidos para glucosa, fructosa y sacarosa son coherentes con los resultados publicados por Marx *et al*, 2008. Se encuentra un comportamiento creciente durante el crecimiento y desarrollo de la fruta.

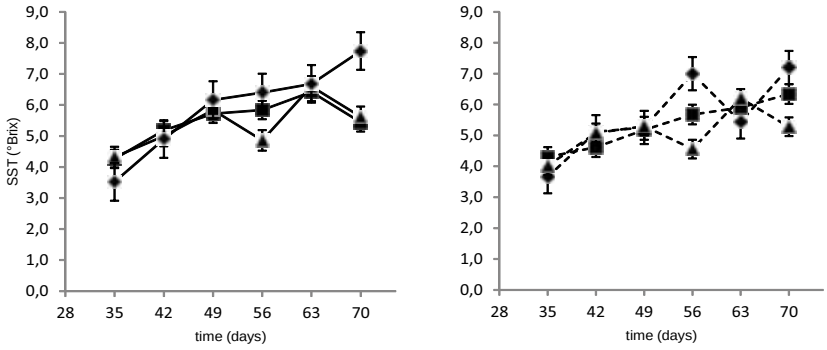


Figura 11. Sólidos solubles totales a través del tiempo morfotipos ovalado (▲), redondo grande (◆) y redondo pequeño (■) en localidades de tierra firme (línea punteada) y vega de rio (línea sólida)

para la concentración de sacarosa desde 30,45 mg por cada 100g de fruto hasta 2424 mg por cada 100 g de fruto. Por otro lado los monosacáridos glucosa y fructuosa observan un comportamiento hiperbólico con un máximo hacia el día 56 después de la apertura floral, lo cual coincide con el mínimo de acidez. Los valores de glucosa oscilan entre 117,2 mg y 1760 mg por cada 100g de fruto, mientras que los niveles de fructosa se encuentran entre 339,5 mg y 1849 mg por cada 100g de fruto (Figura 12).

Se observa entonces la predominancia de fructosa sobre los valores de sacarosa hasta el día 63 después de la apertura floral, y que la concentración de sacarosa es mucho menor que la de glucosa y fructosa durante la primera etapa de crecimiento y desarrollo, mientras que hacia el día de recolección los niveles de sacarosa

resultan máximos y mayores a los de los monosacáridos analizados, lo cual probablemente influye de modo directo sobre el sabor del fruto.

Se observa entonces la predominancia de fructosa sobre los valores de sacarosa hasta el día 63 después de la apertura floral, y que la concentración de sacarosa es mucho menor que la de glucosa y fructosa durante la primera etapa de crecimiento y desarrollo, mientras que hacia el día de recolección los niveles de sacarosa resultan máximos y mayores a los de los monosacáridos analizados, lo cual probablemente influye de modo directo sobre el sabor del fruto.

Por el contrario, los ácidos de menor cuantía como el málico tienen una tendencia decreciente probablemente derivada de su consumo en los ciclos de oxidación correspondientes a los procesos de respiración y fotosíntesis de la fruta dentro de su metabolismo primario. Adicionalmente, se encontró que estos mismos ácidos muestran diferencias causadas por interacciones localidad – morfotipo, lo cual confirma lo planteado por otros autores sobre la influencia que tienen las diferencias entre cultivares y especies en los parámetros de acumulación de ácidos orgánicos.

Se encontró además que los sólidos solubles experimentan un aumento constante durante el periodo de maduración de la cocona, relacionable con la hidrólisis de carbohidratos presentes en la fruta, anterior a su utilización como compuestos de reserva en los ciclos oxidativos de la ésta. Se encuentra, paralelamente que los valores de sacarosa en los tres morfotipos evaluados son ascendentes, a diferencia de los monosacáridos fructosa y glucosa, cuyo comportamiento es hiperbólico y muestra un máximo hacia el día 56, que coincide con lo observado en las curvas de crecimiento del fruto. Sin embargo es importante aclarar que la concentración de cada uno de los azúcares mayoritarios analizados tiene un comportamiento en el tiempo característico de cada morfotipo; lo cual seguramente se deriva en cambios en la palatabilidad y dulzura de cada uno de ellos.

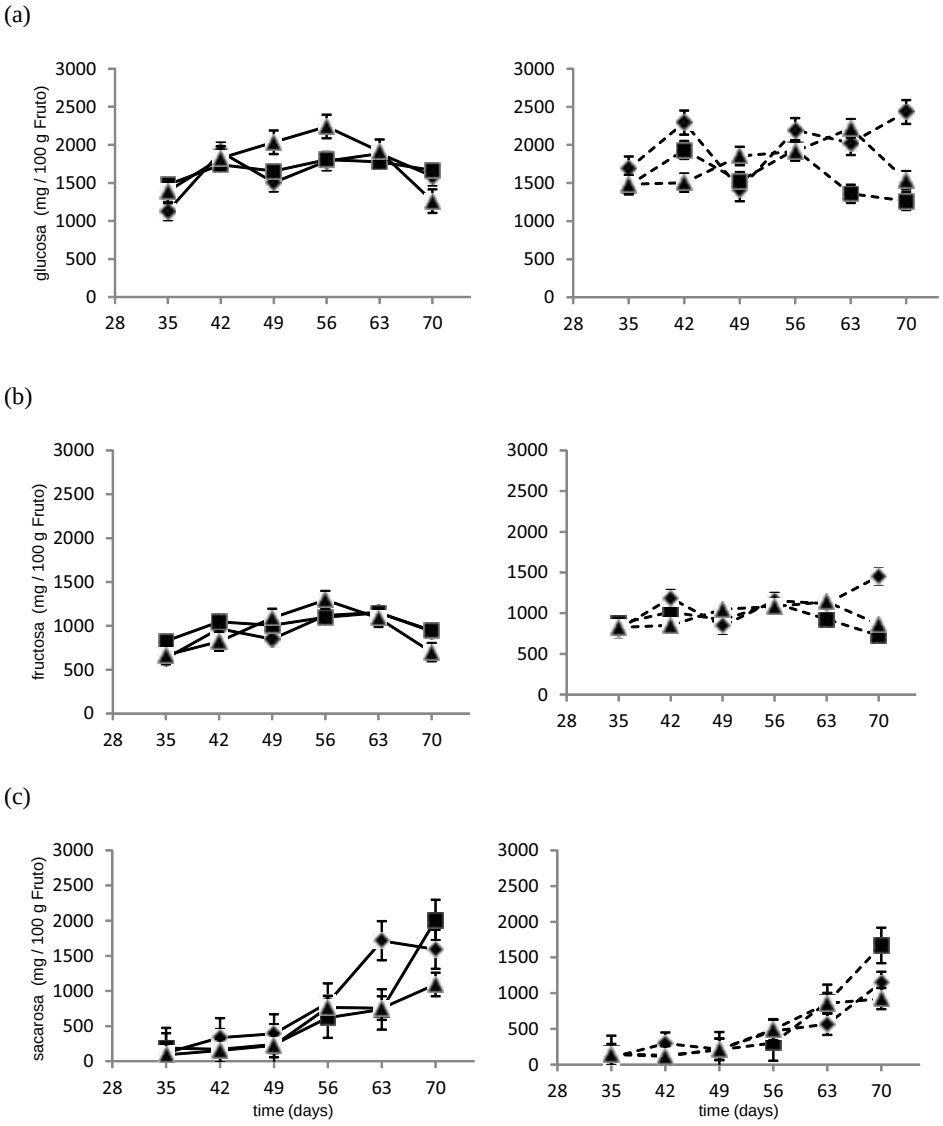


Figura 12. Cambios en la concentración de glucosa (a), fructosa (b) y sacarosa (c) en el morfotipo ovalado (▲) redondo pequeño (◆) y redondo grande (■) en vega de río (línea discontinua) y tierra firme (línea continua).

Bibliografía

Barrera, J. A., Hernández, M. S., Melgarejo, L. M., Martínez, O., & Fernández, J. P. (2008). Physiological behavior and quality traits during fruit growth and ripening of four Amazonic hot pepper accessions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *88*, 847 - 857.

Barry, C. S. (2009). Factors influencing the ripening and quality of fleshy fruits. In: L. Østergaard, *Annual Plant Reviews Volume 38: Fruit Development and Seed Dispersal*, vol. 38 (pp. 296-325): Wiley-Blackwell.

Casierra-Posada, F., Cardozo, M. C., & Cárdenas-Hernández, J. F. (2007). Análisis de crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero. *Agronomía colombiana*, *25*(2), 299 - 305.

Chong Pua, E., & David, M. R. (2010). Fruit development. In: E. Chong Pua, & M. R. David, *Plant developmental biology - biotechnological perspectives*, vol. 1 (pp. 301-314). New York: Springer.

Coombe, B. G. (1976). The development of fleshy fruits. *Annuak Reviews of Plant Physiology*, *27*, 507-528.

Fennema, F. (2000). *Food chemistry*. Ney York: Marcel Dekker Inc.

Hernández, M. S., Martínez, O., & Fernández-Trujillo, J. P. (2007). Behavior of arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) fruit quality traits during growth, development and ripening. *Scientia Horticulturae*, *111*(3), 220-227.

Portela, S. (1999). Fisiología y manejo de postcosecha del tamarillo (*Cyphomandra betacea*). *Avances en Horticultura*, *4* (1), 33-43.

Silva Filho, D. F., Andrade, J. S., Clement, C. R., Machado, F. M., & Hiroshi, N. (1999). Correlações fenotípicas, genéticas e ambientais entre descritores morfológicos e quimicos em frutos de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) da amazônia. *Acta Amazónica*, *29*(4), 503-511.

Sweetman, C., Deluc, L. G., Cramer, G. R., Ford, C. M., & Soole, K. L. (2009). Regulation of malate metabolism in grape berry and other developing fruits. *Phytochemistry*, *70*(11-12), 1329-1344.

Tadesse, T., Hewett, E. W., Nichols, M. A., & Fisher, K. J. (2002). Changes in physicochemical attributes of sweet pepper cv. Domino during fruit growth and development. *Scientia Horticulturae*, *93*(2), 91-103.

3. Ecofisiología y respuestas al ambiente de producción de cocona (*S. sessiliflorum*) en la Amazonia norte.

García A[1]., Barrera J[1]., Vargas G[1]., Melgarejo L.M[2]., Hernández M.S.[1], Quintero L.[1], Zapata, J.[1]

[1]Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, Sinchi
[2]Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia

INTRODUCCIÓN

La ecofisiología vegetal estudia las respuestas fisiológicas de las plantas frente a diferentes condiciones ambientales, desarrollando técnicas que permiten medir el micro medio ambiente de las plantas, las relaciones hídricas y los patrones de intercambio gaseoso.

Al estudiar las plantas en su ambiente, se deben tener en cuenta múltiples factores ambientales, a diferencia de los estudios de fisiología que se realizan en vivero, donde es posible controlar ciertas variables para evaluar una sola de estas en la planta. Es por esto que la ecofisiología se considera una ciencia de síntesis dónde participa no solo la planta sino su ecosistema incluyendo la atmósfera (temperatura, viento, radiación, precipitación, humedad), el suelo (textura, capacidad de intercambio catiónico, microorganismos, disponibilidad de nutrientes) y los organismo cercanos que generan competencia, simbiosis, cooperación o patogenicidad (Ackerly *et al.* 2000; Reigosa *et al.*, 2003).

Andrade, F.H. (2005) en sus aportes a la ecofisiología de cultivos, resalta la importancia que tiene el conocimiento de los factores que determinan el crecimiento y rendimiento de los cultivos para la producción agrícola, ya que orienta la elección de las prácticas de manejo más apropiadas, brinda información para un manejo agronómico eficiente y sustentable, guía al mejorador en la selección de genotipos de mayor potencial de rendimiento y más adaptados al ambiente y constituye el marco conceptual para modelos de simulación del crecimiento de los cultivos.

Para comprender el rendimiento o productividad de plantas anuales y perennes es importante el estudio integrado de la fotosíntesis, el crecimiento, la traslocación y el almacenamiento de asimilados. La capacidad fotosintética foliar, que se ha definido como la tasa fotosintética por unidad de área foliar, varía como resultado de la luz, la temperatura y la disponibilidad de agua, así como de la edad y de los aspectos genéticos. En el caso de árboles, la productividad es dependiente de la fotosíntesis y ésta puede estar influida por propiedades inherentes de la hoja y por prácticas culturales (Martín T. *et al*., 1997, citado por Solarte *et al*., 2010).

La Cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) es una especie nativa de la región Amazónica, con un gran potencial en términos de producción de frutos, de su valor nutritivo y de su aprovechamiento como alimento, medicamento y cosmético. Posee un alto rango de adaptación, ya que se cultiva en zonas con altitudes desde 0 hasta los 1500 m.s.n.m, temperaturas medias entre 18-30°C, precipitaciones de 1500 a 4500 mm por año, crece en suelos ácidos de baja fertilidad, como en suelos neutros y alcalinos de buena fertilidad, con textura desde arcillosa hasta arenosa. En este capítulo se analiza el efecto que tienen los factores ambientales sobre algunos aspectos fisiológicos de plantas de Cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) bajo dos condiciones fisiográficas: tierra firme y vega del rio, en la Amazonia Norte Colombiana, partiendo en primer lugar de un análisis de la diversidad genética encontrada en 12 accesiones de *S. sessiliflorum* procedentes de Caquetá y Guaviare.

Variabilidad genética de *S. sessiliflorum*.

En el dendrograma (figura 1) obtenido a partir del análisis de agrupamiento UPGMA de las distancias derivadas del coeficiente de similaridad de Jaccard, las ramificaciones inician a un nivel de similaridad aproximado de 0.05 por tal razón, es posible que estos materiales representen una amplia variabilidad genética.

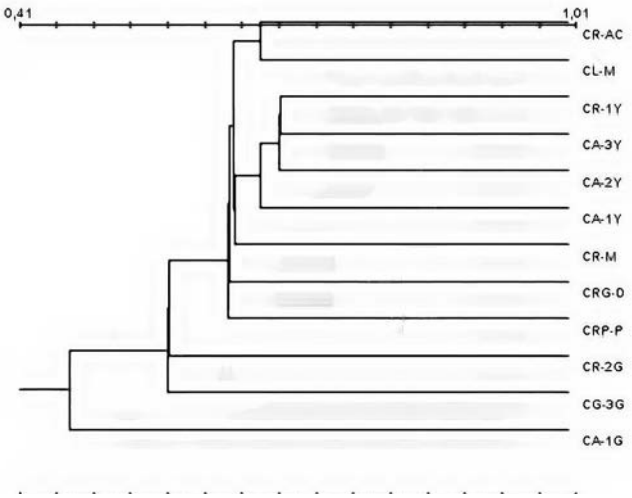


Figura 1. Dendrograma obtenido con el coeficiente de similaridad de Jarccard, utilizando datos ISSR de 12 accesiones de cocona (*S. sessiliflorum*).

Los ecotipos de Guaviare son los más alejados en el dendrograma, siendo el ecotipo Alargado de Guaviare (CA-1G, proveniente de la Colección de trabajo del Instituto Sinchil) el más alejado, de igual manera se observa en el análisis de coordenadas principales (PCoA) (figura 2), donde las tres accesiones de la colección que fisiográficamente se encuentran ubicadas en Tierra firme, son diferentes de las demás muestras incluidas en el estudio, sugiriendo que la colección del Instituto Sinchi cuenta con un acervo genético diferente al que está presente en los cultivos de cocona de los departamentos de Caquetá y Guaviare.

La clasificación por ecotipos realizada en cocona se ha basado en la variabilidad de la forma y el tamaño del fruto, el dendrograma (figura 1) no mostró distinción aparente entre los ecotipos, no se encontraron agrupamientos que correspondieran a las características fenotípicas del fruto. Sin embargo, se observa que los materiales colectados en la granja de Yesid Beltrán (Caquetá) se agrupan en su totalidad.

Por otro lado en el diagrama de coordenadas principales (figura 2) tres dimensiones (representando el 51.26% de la variación entre las accesiones analizadas) permiten observar que existe una correlación entre las agrupaciones generadas por los marcadores ISSR y la procedencia geográfica de las muestras, como ocurre con las accesiones de la Colección de trabajo del Instituto Sinchi, y las muestras colectadas en Florencia (Piedemonte-Caquetá).

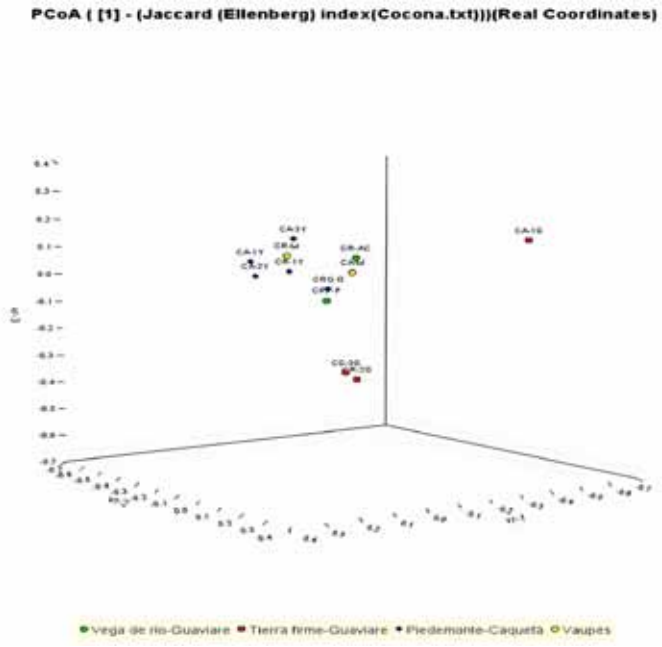


Figura 2. Diagrama de coordenadas principales de los materiales de ***Solanum sessiliflorum,*** diferenciados por origen geográfico.

Los marcadores moleculares ISSR se presentan como una herramienta útil para entender y estudiar, las relaciones dentro y entre diferentes cultivares en especies con poca o nula información genética (Isshiki, 2008) como el caso *S. sessiliflorum*, los altos resultados obtenidos de PIC y Porcentaje de amplificación de los 13 cebadores empleados en S. *sessiliflorum*, son propuestos como una alternativa para posteriores evaluaciones de la relaciones genéticas entre los materiales cultivados en las dos regiones del estudio y para evaluar su eficiencia o uso en cultivos.

A diferencia de las especies de carácter reproductivo autógamo donde unas sumatoria de genes puede ser conservado bajo un solo genotipo, las especies alogamas como cocona conservan su acervo genético en una estructura poblacional, en donde un gen o fragmento del genoma se distribuye en una parte de la población, por ejemplo la berenjena de la que solo el 6% de sus flores son dioicas es considerada autógama y por lo tanto su variabilidad se debe más a factores externos como los polinizadores .

Según Bernal, *et al*., (1998), las especies de la sección lasiocarpa (donde se encuentra S. sessiliflorum) son alógamas, la polinización cruzada y el temprano proceso de domesticación en el que se encuentra este fruto, podrían ser criterios para entender la alta variabilidad presente en esta especie.

No es clara la relación entre la clasificación fenotípica y los obtenidos a partir de los marcadores moleculares. A pesar, que las diferencias morfológicas en los cultivos han sido evidenciadas claramente respecto al tamaño y la forma del fruto (Pahlen, 1977 y Ortiz **et al.**, 2001), los cultivares con morfología similar no necesariamente tienen una relación evolutiva más estrecha exponen Tian *et al*., (2008). Silva (1993), afirma que la dimensión en los frutos es un carácter altamente heredable y existe una fuerte predominancia del progenitor femenino, esta característica, probablemente influya en la diferencia que existe

entre la uniformidad de los frutos y las diferencias genéticas de los cultivares de cocona. Pero los resultados de la variabilidad genética de estos, muestra que una la clasificación de los materiales cultivados por morfotipos se ha basado bajo criterios que no permiten una estimación clara de la variabilidad genética de estos materiales.

En el análisis de coordenadas principales (figura 2), se observa una clara separación entre las accesiones provenientes de la colección de trabajo del Instituto Sinchi (CA-1G, CR-2G y CG-3G) y el resto de materiales, donde CA-1G se encuentra separada del resto de agrupamientos. Se recomienda desarrollar un programa de recursos genéticos para la especie que incluya nuevas procedencias con el propósito de ampliar la base genética que se encuentra actualmente en el banco de germoplasma del Instituto Sinchi y conservar este recurso, debido a que cocona es una planta anual y es muy común la pérdida de estos materiales en los cultivos de la región.

Condiciones agroambientales de producción

(Véase tabla 1 en página siguiente)

Tabla 2. Caracterización de textura y pH de los suelos de las unidades fisiográficas de tierra firme y vega del río.

Localidad	Finca/Usuario	Lote	Clase textural	pH	Evaluación
Puerto Colombia (vega del río)	Pablo Ortiz	Alto	FArL	5,9	Medianamente ácido
Puerto Colombia (vega del río)	Pablo Ortiz	Medio	FL	5,8	Medianamente ácido
El Resbalón (tierra firme)	Nilson Moreno	Área de siembra Cocona	Ar	3,8	Extremadamente ácido
El Resbalón (tierra firme)	Silvio Mora	Área de siembra Cocona	ArL	4,3	Extremadamente ácido

Tabla 1. Resultados del análisis físico-químico de los suelos de las unidades fisiográficas de tierra firme y vega del río, realizado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Identificación de Campo	Granulometría (%)			Clase Textural	pH ¦ ¦ ¦	A.I (meq/100 g)	S . A . I %	Materia Orgánica	
	Arena	Limo	Arcilla					C.O %	N. Total %
Vega del Rio (alta)	11,6	60,3	28,1	FArL	5,9	–	–	0,58	0,08
Vega del Rio (media)	11,6	62,3	26,1	FL	5,8	–	–	0,48	0,06
Tierra Firme (Nilson)	24,6	14,3	61,1	Ar	3,8	8,0	89,8	2,0	0,21
Tierra Firme (Silvio)	11,2	44,4	44,4	ArL	4,3	3,0	61,5	1,5	0,14

Identificación de Campo		Elementos Mayores (meq/100 g)					S.B. %	Elementos Menores (ppm)					Fósforo (ppm)
	CIC	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	B.T		Mn	Fe	Zn	Cu	B	
Vega del Rio (alta)	7,5	4,1	0,9	0,2	1,1	6,3	82,9	22,6	94,1	0,8	5,1	ND	47,6
Vega del Rio (media)	6,8	3,8	1	0,16	0,01	4,9	72,4	23,5	115	0,68	5,2	ND	46,1
Tierra Firme (Nilson)	24,7	0,28	0,28	0,31	0,03	0,9	3,6	5,8	66,1	0,16	0,35	0,12	3,1
Tierra Firme (Silvio)	13,2	1,5	0,16	0,2	0,04	1,9	14,4	5,4	77,9	0,26	1,3	0,11	2,6

En los suelos de las áreas de producción de las dos localidades, se presentaron diferencias en los niveles de pH, donde las condiciones de acidez resultaron ser más extremas en la unidad fisiográfica de tierra firme (tabla 2). Estos resultados se pueden relacionar, con el hecho de que en tierra firme se presentó una mayor capacidad de intercambio catiónico (debido a los altos contenidos de arcilla y carbono orgánico), donde predominaron los cationes que generan acidez en el suelo (tabla 1).

En la localidad de vega del río las plantas presentaron un mayor crecimiento en cuanto a altura y diámetro basal (figura 3), debido a que en estos suelos se encontró una mayor disponibilidad de elementos que ayudan al crecimiento y la nutrición vegetal, como consecuencia del buen grado de fertilidad por acumulación de los limos en la época de inundación rápida que ocurre cada dos o tres años. El pH se calificó como medianamente ácido (tabla 2), lo que le confiere condiciones más favorables para el desarrollo del cultivo, ya que los suelos tienen una mejor estabilidad estructural.

En cuanto a la producción de la planta, se aprecia una diferencia entre sitios y morfotipos, observando un mejor rendimiento en los cultivos de vega del río (tabla 3), esto se le puede atribuir a los altos contenidos de fósforo que se presentaron en los lotes de siembra muestreados (tabla 1). El tiempo de cosecha se prolongó más en esta localidad, como producto de la humedad que conserva el suelo.

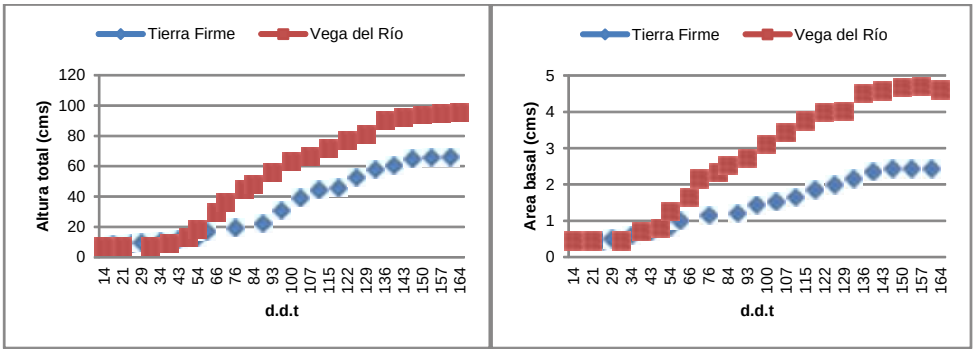


Figura 3. Distribución de la altura total y área basal de las plantas de Cocona (***S. sessiliflorum*** D.) durante el desarrollo del cultivo en condiciones de tierra firme y vega del río.

Tabla 3. Producción de morfotipos de Cocona (*S. sessiliflorum* D.) bajo condiciones de tierra firme y vega del río en el norte amazónico.

Morfotipo	Peso promedio del fruto (g)		N° frutos/planta		Producción/planta (kg de fruto)	
	Vega del Río	Tierra Firme	Vega del Río	Tierra Firme	Vega del Río	Tierra Firme
Cocona Alargada	73,10	58,80	55	34	4,43	2,20
Cocona Redonda pequeña	40,60	41,00	87	73	3,89	3,30
Cocona Gigante	205,40	216,40	25	6	5,66	1,43

Aunque la Cocona es una especie de ciclo medio con vida útil corta estimada en 12 meses (Gutiérrez *et al.*, 2005), en condiciones favorables de riego y fertilidad puede vivir hasta tres años (Silva Filho, 1998).

El establecimiento de los cultivos para las mediciones en campo se hizo con el inicio de la temporada de lluvias, teniendo en cuenta que el régimen de precipitaciones de la zona presenta un comportamiento monomodal con un pico alto durante los meses de junio y julio y un periodo de menor precipitación entre los meses de diciembre a febrero (figura 4).

Se ha observado que esta especie en el Guaviare es susceptible a estrés de época seca y a excedentes de agua por inundación, es decir, es una planta que requiere de un gran manejo en cuanto al subsidio de energía (agua) en tierra firme y de caballones en vega de rio, por ello es necesario definir los sistemas de cultivo, los modelos de siembra y los arreglos de suelos (drenajes) para poder obtener una producción permanente y estable durante al menos dos años (Vargas, 2003).

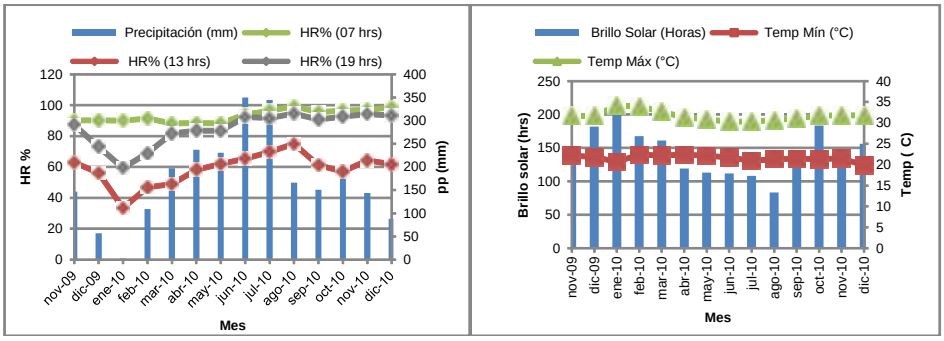


Figura 4. Tendencias en las variables climáticas en la Amazonia Norte Colombiana durante el periodo de estudio.

ASPECTOS FISIOLÓGICOS DE LOS MORFOTIPOS DE COCONA

Figura 5. Plantaciones de cocona en Tierra firme (izquierda) y vega del río (derecha) en el departamento del Guaviare.

De acuerdo con (Silva Filho, 1998), el área de la hoja de la Cocona (*S. sessiliflorum* D.) tiene un papel preponderante en la tasa fotosintética de la planta, surtiendo un efecto positivo sobre la producción de los frutos; en concordancia con esto, esta especie demostró una gran capacidad fotosintética bajo los ambientes fisiográficos que caracterizan al norte amazónico.

La respuesta de la fotosíntesis a la luz mostró un comportamiento similar en las unidades fisiográficas de tierra firme y vega del río, con registros máximos de 17,506 µmol $CO_2.m^{-2}s^{-1}$ y 19,023 µmol $CO_2 m^{-2}s^{-1}$ respectivamente. Medina et al, en el 2006, reportaron que el lulo (*S. quitoense)* bajo condiciones de plena exposición solar, presenta tasas de asimilación que no superan los 8 µmol $CO_2 m^{-2}s^{-1}$, considerándola como una especie de semipenumbra con ruta fotosintética C3, la cual se ha ido acondicionando a mayor intensidad lumínica por selección antrópica.

El punto de compensación por luz, en el cual el intercambio de gases es cero debido a que la respiración se equilibra con la fotosíntesis (la entrada y salida de CO_2 es la misma), es de 41,04 y 51,52 µmol fotones.$m^{-2}s^{-1}$ en tierra firme y vega del río respectivamente. Azcón-Bieto & Talón (2008) expresan, que el valor del punto de compensación luminoso en hojas de plantas de sol es de 20-30 µmol fotones.$m^{-2}s^{-1}$, mientras que las hojas de plantas de sombra presentan valores inferiores (1-10 µmol fotones.$m^{-2}s^{-1}$); en consecuencia, los valores reportados indican que las hojas de las plantas de Cocona están expuestas al sol permanente.

El rendimiento cuántico máximo estimado de la fotosíntesis expresado en µmol CO_2 µmol fotones^{-1} (φ CO_2), indica el número de fotones absorbidos requeridos para fijar una molécula de CO_2, en tierra firme es de 0,00374 y en vega del río es de 0,00244. En hojas de plantas C3 que no estén sometidas a factores de estrés, valores de φCO_2 del orden de 0.025-0.03 µmol.CO_2 µmol fotones^{-1} pueden ser observados (Nogués y Baker, 1995).

La respiración en oscuridad (con valores de PFD de 0) en tierra firme es de -3,9047 µmol $CO_2.m^{-2}s^{-1}$ y en vega del rio de -2,8512 µmol $CO_2 m^{-2}s^{-1}$.

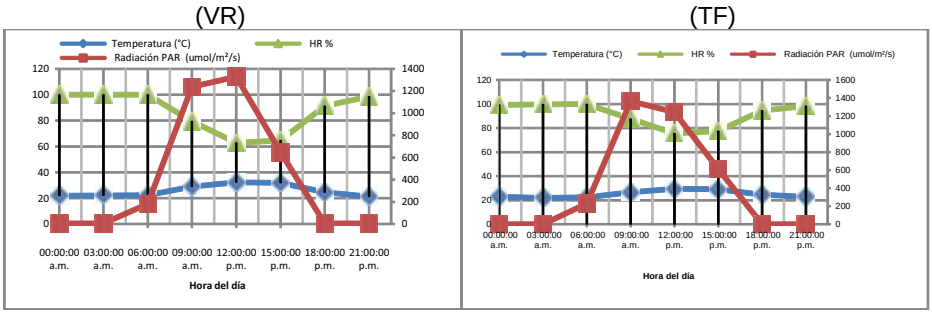
Tasa fotosintética

El complejo proceso de fotosíntesis, debe funcionar de forma integrada y eficiente en un medio en el que existe una enorme variabilidad natural de factores que afectan a la tasa de fotosíntesis, tales como la luz, la temperatura, la humedad del aire, la disponibilidad hídrica y de nutrientes minerales en el suelo, etc. La tasa de fotosíntesis de una hoja depende de más de 50 reacciones individuales, cada una de las cuales presenta su propia respuesta a cada variable ambiental. Esta tasa puede variar ampliamente en el curso de un día y, también, entre las diferentes estaciones del año, debido a variaciones naturales de factores ambientales como la luz y la temperatura (Azcón-Bieto & Talón, 2008).

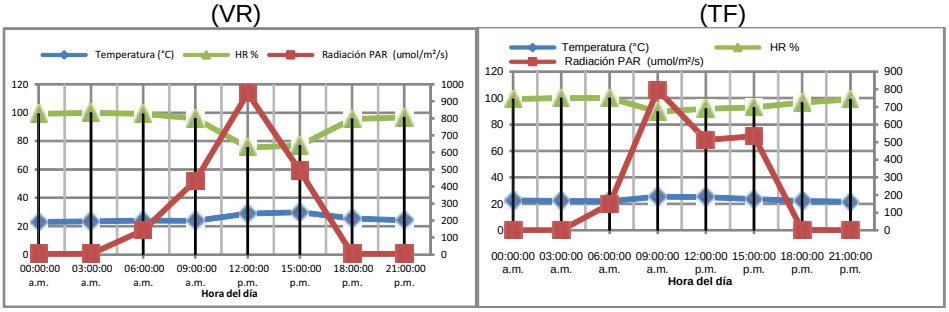
El curso diario de la tasa fotosintética de esta especie, presenta una disminución hacia el mediodía en los tres morfotipos bajo las dos condiciones de campo (tierra firme y vega del río). No se observaron diferencias significativas entre morfotipos pero sí entre localidades y ciclos fenológicos del cultivo que se definieron para este estudio (figura 7). Esto es consistente con la caracterización molecular que indica que no hay distancia genética entre los morfotipos cultivados en Guaviare, lo cual se ve reflejado en su tasa de asimilación. Las diferencias entre localidades y estados de evaluación, son producto del ambiente, irradiancia, humedad y temperatura que se dan en cada sitio, lo cual afecta la capacidad fotosintética de la planta (figura 6).

En la unidad fisiográfica de vega del río, las plantas demostraron una mayor capacidad fotosintética en los estados de floración y fruto verde (figura 7). De esta manera, las plantas en floración presentaron las tasas de asimilación más altas hacia las 6:00 de la mañana, las cuales disminuyeron considerablemente hacia al mediodía reportando los valores más bajos si se compara con los otros estados de esta localidad; esta respuesta se puede asociar con los altos niveles de irradiancia que se registraron entre las 9:00 y 12:00 horas (figura 6),

Floración



Fruto verde



Fruto maduro

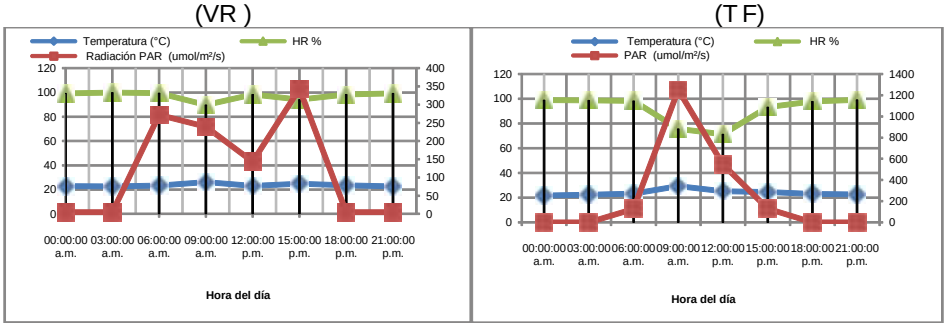


Figura 6. Registros de clima de la temperatura (°C), la humedad relativa (%) y la radiación fotosintéticamente activa PAR (µmol/.m^{-2}/.s^{-1}) durante las evaluaciones puntuales de fotosíntesis en Cocona (***Solanum sessiliflorum*** Dunal), en tres épocas definidas del ciclo fenológico del cultivo, en las unidades fisiográficas de vega del río (izquierda) y tierra firme (derecha).

lo que influyó en el descenso de la fotosíntesis hacia al medio día; en horas de la tarde, se apreció un incremento fotosintético frente a un descenso en la radiación entre las 12:00 y 3:00 pm. El periodo de mayor tasa fotosintética en plantas con fruto verde, se registró entre las 6:00 y las 9:00 de la mañana con fluctuaciones entre 10 y 6 µmol $CO_2.m^{-2}s^{-1}$ respectivamente; hacia el mediodía la tasa de asimilación desciende entre 2 y 3 µmol $CO_2.m^{-2}s^{-1}$, permaneciendo constante durante el resto del día.

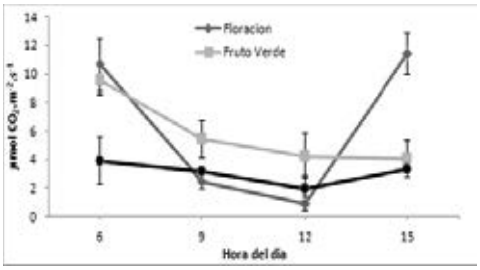
Las plantas con fruto maduro manifestaron una mayor actividad fotosintética en tierra firme que en vega del río (figura 7); esto se puede relacionar con el comportamiento diferencial que presentó la radiación PAR durante el transcurso del día bajo estas dos condiciones, en dónde los niveles fueron muy bajos en la localidad de vega del rio (figura 6). Haciendo una comparación entre sitios y estados de evaluación, las plantas con fruto verde en tierra firme manifestaron las tasas más bajas de asimilación (menores a 2,5 µmol $CO_2.m^{-2}s^{-1}$), predominando la actividad respiratoria en horas de la mañana y al medio día.

Tasa de transpiración

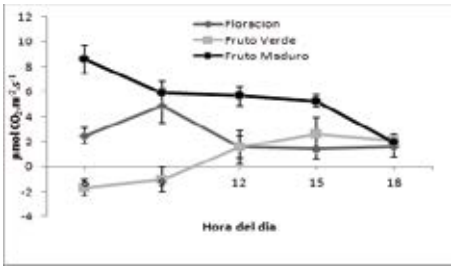
La tendencia en el curso diario de la transpiración difiere entre sitios y estados de evaluación. Es así, como en vega del río las mayores tasas de transpiración se presentaron hacia al medio día en los estados de fruto verde y maduro con un descenso en horas de la tarde, mientras que en la floración este fenómeno ocurrió en horas de la mañana disminuyendo hacia al medio e incrementándose hacia las 3:00 de la tarde. En tierra firme, en floración y fruto maduro, la transpiración fue mayor en horas de la mañana, disminuyendo progresivamente hacia al medio día y durante el resto de la tarde; las plantas con fruto verde registraron poca variación a lo largo del día (con tendencia a ser mayor al mediodía), presentando los valores más bajos entre las tres etapas fenológicas evaluadas y en comparación con la zona de vega (figura 8).

Morfotipo I (fruto alargado)

VR

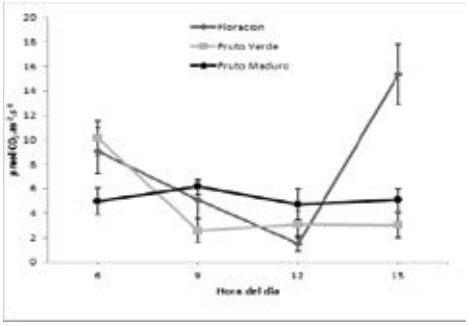


TF

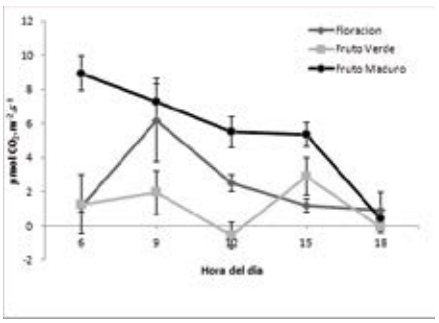


Morfotipo II (fruto redondo pequeño)

VR

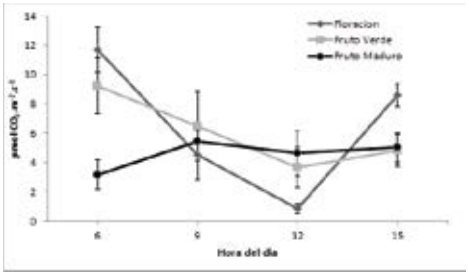


TF



Morfotipo III (fruto gigante)

VR



TF

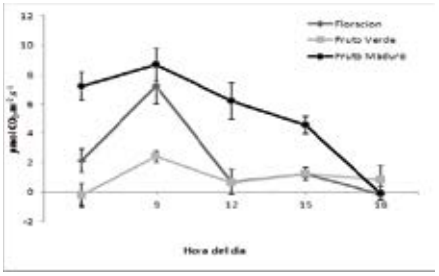


Figura 7. Curso diario de la tasa fotosintética de tres morfotipos de Cocona en condiciones de vega del río (VR) y tierra firme (TF) durante tres épocas definidas del ciclo fenológico del cultivo (floración, fruto verde y fruto maduro).

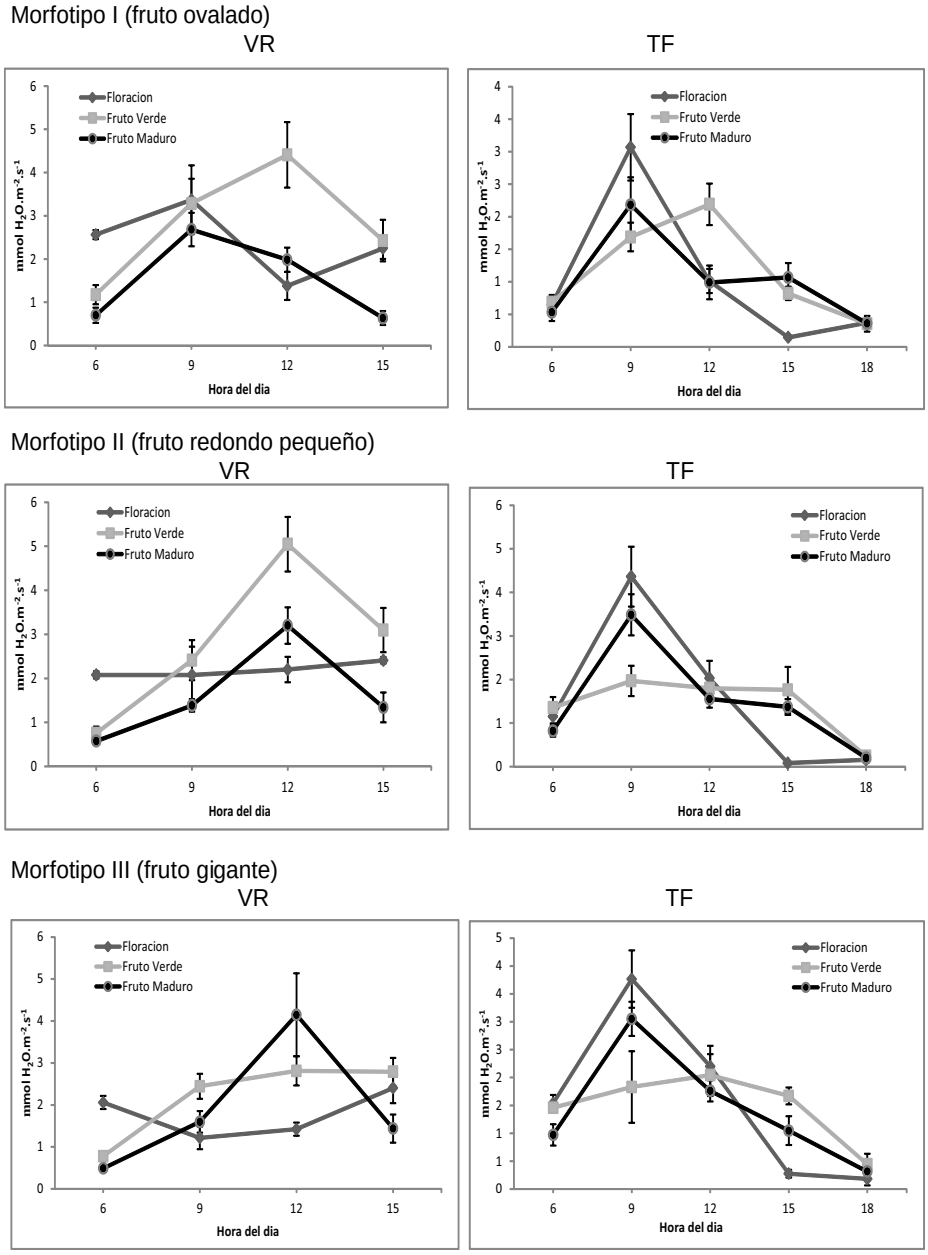


Figura 8. Curso diario de la transpiración de tres morfotipos de Cocona en condiciones de vega del río (VR) y tierra firme (TF) durante tres épocas definidas del ciclo fenológico del cultivo (floración, fruto verde y fruto maduro).

En tierra firme este parámetro se ve influenciado de una forma directa por la temperatura de la hoja (figura 9); lo que a su vez, fue relevante en la asimilación de carbono (figura 7), pues los picos de transpiración coincidieron con los incrementos fotosintéticos posteriores. Salisbury & Ross en 1994 exponen, que las temperaturas elevadas están relacionadas con una mayor transpiración, para el control de la temperatura interna; por lo tanto, al estar el estoma más abierto permite un incremento en el flujo de CO_2 y mayor tasa fotosintética.

El comportamiento de esta variable, indica que la humedad no es el factor clave que afecta la tasa de asimilación de esta especie bajo las dos condiciones, sino más bien se trata de un posible proceso de fotoinhibición que reduce la capacidad fotosintética en la zona de tierra firme. La temperatura de la hoja confirma este comportamiento al presentar diferencias significativas entre localidades (figura 9).

Conductancia estomática

El movimiento de apertura y cierre de estomas depende de factores como la luz, CO_2, estado hídrico de la hoja, humedad del ambiente, temperatura y otros, como edad de la hoja, nutrición y enfermedades (Jones, 1992). Las plantas al absober CO_2, inevitablemente, pierden agua a través de sus hojas. Esta pérdida de agua se produce principalmente a través de los estomas, los cuales presentan mecanismos para controlar el grado de apertura. Este control se atribuye a la conductancia estomática de la hoja, que es frecuentemente utilizada como un indicador de la deficiencia de agua (Mc Dermit, 1990).

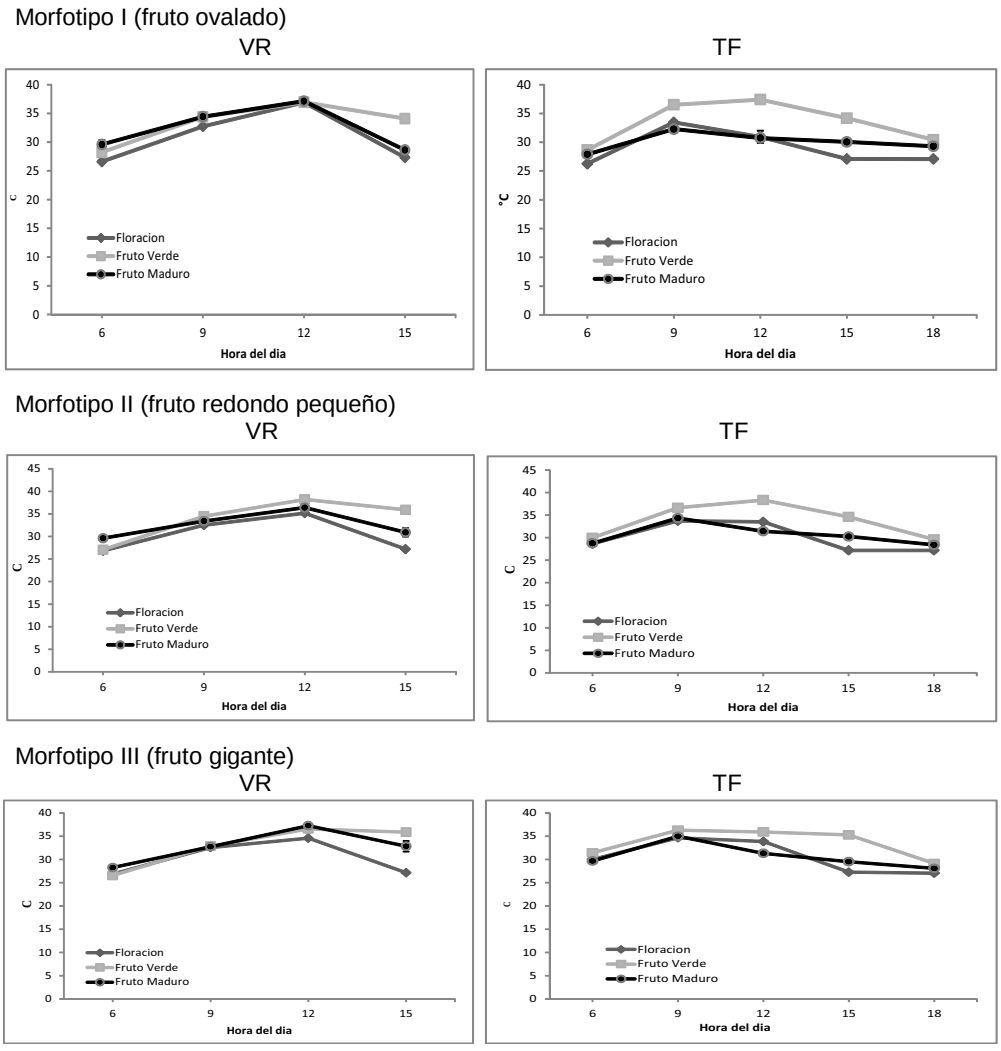
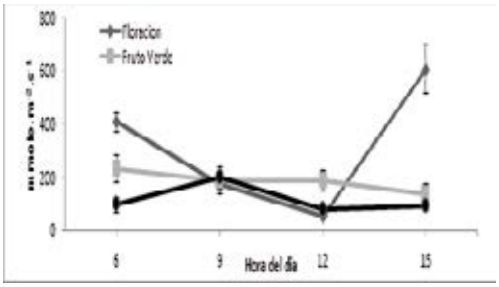


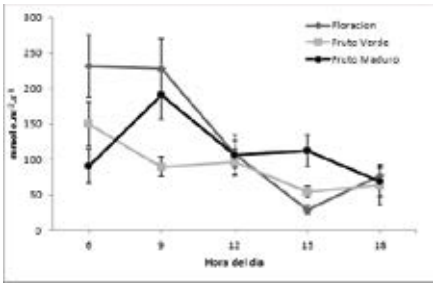
Figura 9. Curso diario de la temperatura de la hoja de tres morfotipos de Cocona en condiciones de vega del río (VR) y tierra firme (TF) durante tres épocas definidas del ciclo fenológico del cultivo (floración, fruto verde y fruto maduro).

Morfotipo I (fruto ovalado)

VR

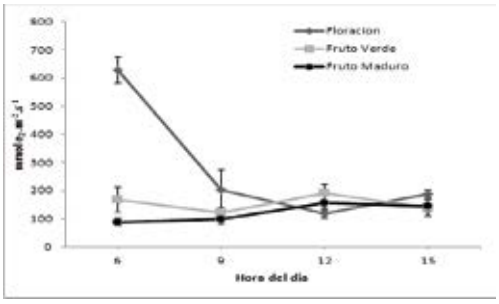


TF

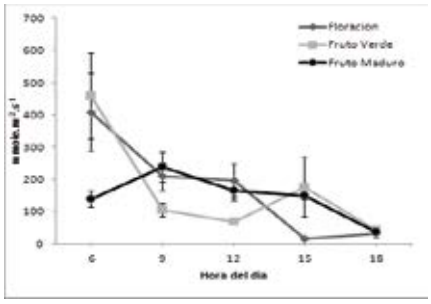


Morfotipo II (fruto redondo pequeño)

VR

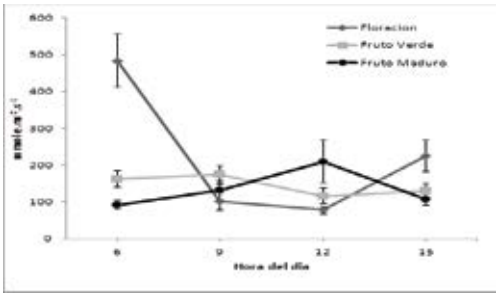


TF



Morfotipo III (fruto gigante)

VR



TF

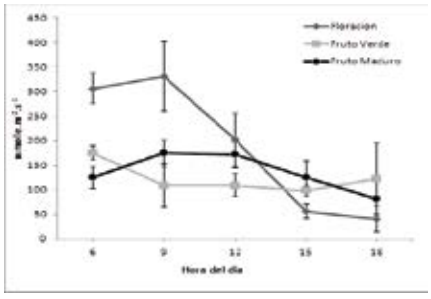


Figura 10. Curso diario de la conductancia estomática de tres morfotipos de Cocona en condiciones vega del río (VR) y tierra firme (TF) durante tres épocas definidas del ciclo fenológico del cultivo (floración, fruto verde y fruto maduro).

En el curso diario de la conductancia estomática se observaron diferencias significativas entre sitios y estados de evaluación. En la etapa de floración se manifestaron los valores más altos hacia

las 6:00 de la mañana, siendo mayor en la localidad de vega del rio (figura 10). Entre las 6:00 y las 9:00 de la mañana y hacia al medio día ocurre una disminución progresiva en la zona de vega, aumentando considerablemente hacia las 3:00 de la tarde; mientras que en tierra firme, este valor se mantiene constante hacia las 9:00 de la mañana, disminuyendo hacia al medio día y durante el transcurso de la tarde con tendencia al cierre estomático. Estos resultados se asocian directamente con la tasa fotosintética.

De acuerdo con Gholz *et al.*, (1990), la disponibilidad de agua afecta el crecimiento de las plantas mediante el control de la apertura de los estomas y, en consecuencia, la producción de biomasa. La disminución de la humedad del suelo reduce el potencial hídrico en las hojas y su conductancia estomática, promoviendo el cierre estomático. Este cierre bloquea el flujo de CO_2 a las hojas, afectando la acumulación de fotoasimilados, lo que puede reducir la productividad (Auricleia *et al.*, 2005).

Bibliografía

Solarte, M.E., Romero H.M. & Melgarejo L.M. 2010. Caracterización ecofisiológica de la Guayaba de la Hoya del Rio Suárez En: *Desarrollo de productos funcionales promisorios a partir de la Guayaba* (Psidium guajava L.) para el fortalecimiento de la cadena productiva. Universidad Nacional de Colombia. Corpoica. Vélez-Santander, p. 25-56.

Reigosa, M.J., Pedrol N. & Sánchez A. 2003. *La ecofisiología vegetal una ciencia de síntesis*. Thomson Ed. Spain Paraninfo S.A. Madrid, España.

Ackerly, D.D., Dudley S., Sultan S., Schmitt J., Coleman J.S., Linder R., Sandquist D., Geber M., Evans A., Dawson T. & Lechowicz M. 2000. The evolution of plant ecophysiological traits: recent advances and future directions. *Bioscience* **50**: 979–995.

Andrade, F.H. 2005. Nuestras contribuciones a la ecofisiología de cultivos. Archivos ublic. SAFV. www.safv.com.ar .

Vargas, G. 2003. Notas sobre frutas amazónicas. Informe técnico proyecto: "Implementación y valoración de modelos productivos sostenibles con base en arreglos agroforestales en el área de colonización del Guaviare". Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – SINCHI.

Silva Filho. 1998. Cocona (Solanum sessiliflorum Dunal): cultivo y utilización. Tratado de cooperación Amazónica secretaria pro-tempore. Caracas, Venezuela.

Nogués S y N R Baker (1995) Evaluation of the role of damage to photosystem II in the inhibition of CO2 assimilation in pea leaves on exposure to UV-B radiation. Plant, Cell Environ 18: 781-787.

Medina, C.I.; Martínez, E.; Lobo, M.; López, J.C. & Riaño, N. 2006. Comportamiento bioquímico y del intercambio gaseoso del lulo (*Solanum quitoense Lam.*) a plena exposición solar en el bosque húmedo montano bajo del oriente antioqueño colombiano. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín.Vol.59, No.1. p.3123-3146.

Salisbury, F. B. & Ross, C. W. 1994. Fisiología vegetal. México D.F.: Grupo Editorial Iberoamericana. 759p.

Mc DERMIT, D.K. 1990. Sources of error in the estimation of stomatal conductance and transpiration from porometer data. HortScience, Alexandria, v.25, n.12, p.1538-48.

Azcón-Bieto, J. & Talón, M. 2008. Fundamentos De Fisiología Vegetal (2ª Ed). Interamericana-McGraw-Hill, Madrid.

Gholz,. H.L.; Ewel, K.C.; Teskey, R.O. 1990. Water and forest productivity. Forest Ecological Management, Amsterdam, v.30, n.1, p.1-18.

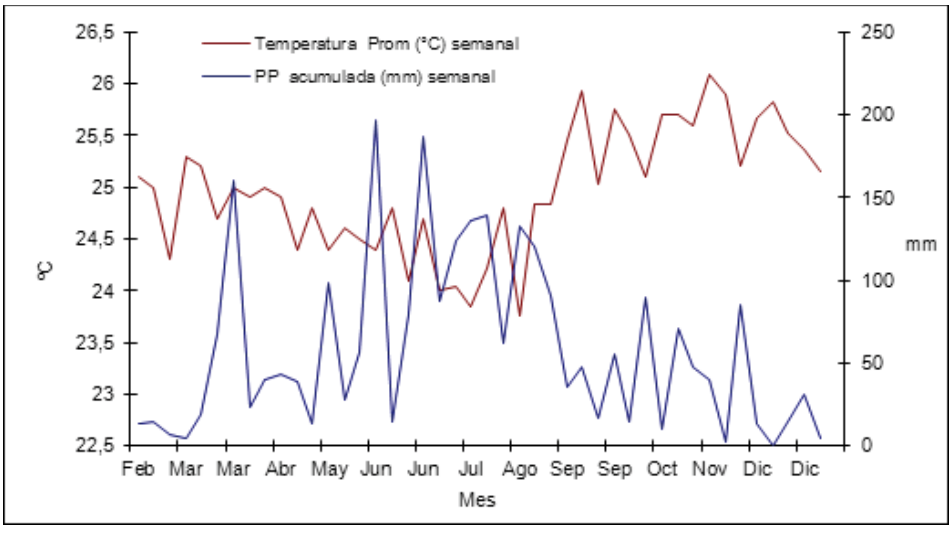
Jones, H.G. 1992. Plants and microclimate. 2nd ed. Cambridge: University Press, 428 p.

Auricleia S. Paiva; Edemo J. Fernandes; Teresinha J. D. Rodrigues; José E. P. Turco. 2005. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.25, n.1, p.161-169.

4. Fenología del cultivo de cocona en la Amazonia norte colombiana.

Barrera J[1]., García A[1]., Mesa P[1]., Vargas G[1].
[1]Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, Sinchi

La fenología estudia la ocurrencia de eventos biológicos repetitivos y su relación con cambios en el medio biótico o abiótico (Talora & Morellato, 1999). En cocona se ha observado que las plantas con mayor número de hojas, son las mismas que presentan mayor número de botones, aunque solo el 20% de estos llegan a antesis y fecundación, de esas flores el 50% se desarrollan en frutos.



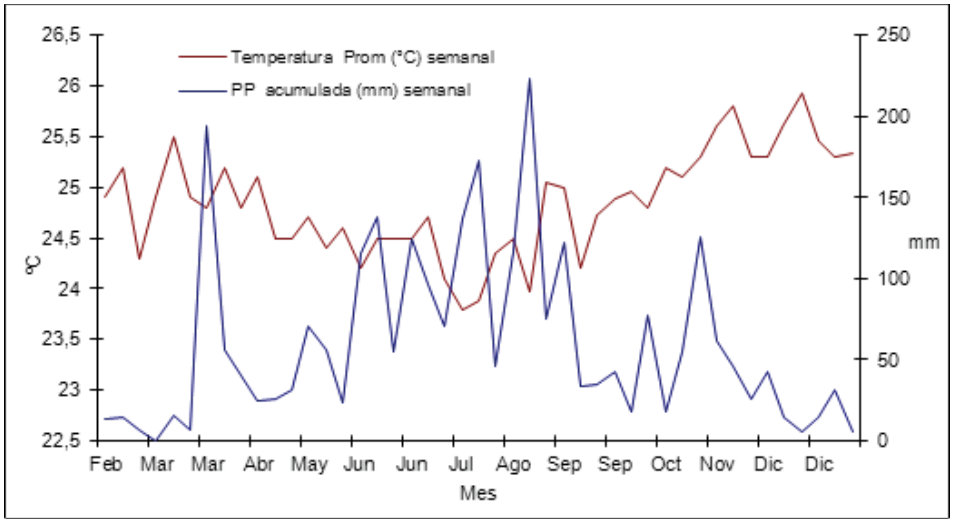
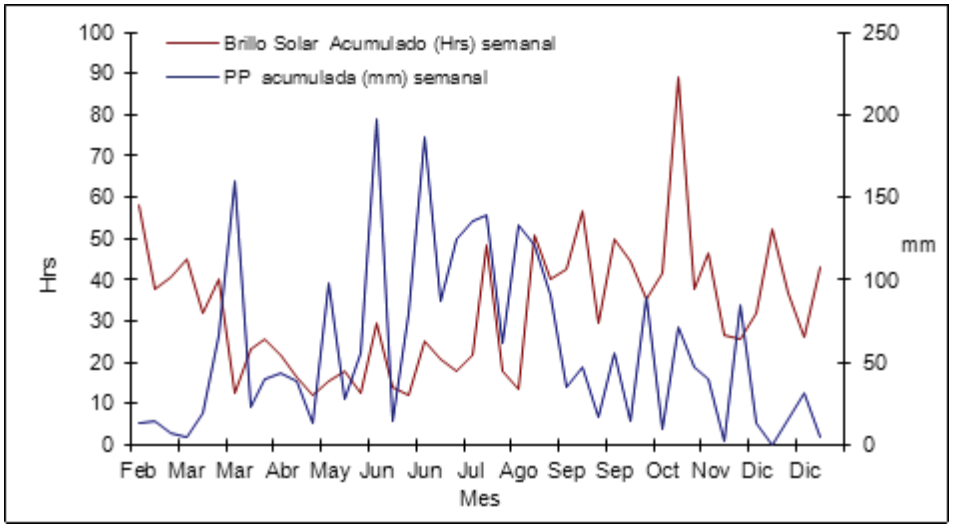


Figura 1. Comportamiento de las variables climáticas Temperatura promedio y precipitación durante el año 2009. Unidad de vega del río (arriba) y tierra firme (abajo)

Durante el año de evaluación del desempeño fenológico de la cocona se observa un comportamiento climático de la precipitación de tipo unimodal concentrando los mayores volúmenes de lluvias entre junio y septiembre, con dos picos de lluvias importantes en abril y noviembre. Las temperaturas mas bajas se registraron entre junio y julio y las más altas en noviembre y marzo.



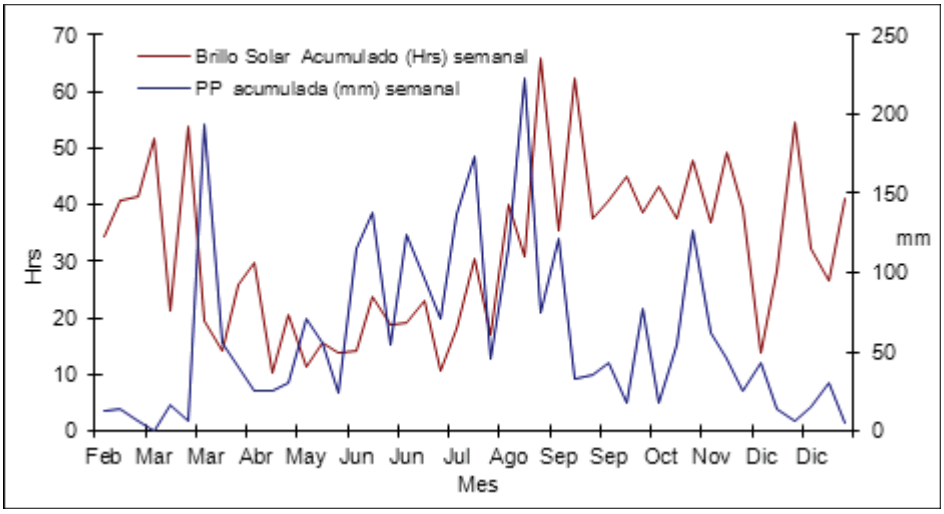


Figura 2. Comportamiento de las variables climáticas Brillo solar y precipitación durante el año 2009. Unidad de vega del río (arriba) y tierra firme (abajo)

El brillo solar registro durante este periodo sus valores más altos durante los meses de agosto a diciembre y enero a marzo, consistente con los niveles más bajos de precipitación y viceversa durante los picos de precipitación se registra el brillo solar más alto del año.

En la figura 3 se observa cómo la manifestación de los eventos asociados a la producción y maduración de hojas tienen una fuerte influencia del ambiente en el cual se desarrolla la planta. Las plantas de cocona se trasplantan a sitio definitivo con el inicio de la temporada de lluvias de mayo-junio. Durante el periodo subsiguiente correspondiente al segundo semestre del año, se observa la madurez de las hojas después de los 85 días de trasplante sin importar el morfotipo. También se nota que hay una marcada interacción entre los morfotipos y el ambiente sobre este fenómeno ya que los eventos se manifestaron de manera asincrónica dentro del mismo morfotipo pero en cada ambiente en particular. En tierra firme la madurez de las hojas se da luego de los 100 ddt. La brotación foliar tiene un pico máximo hacia los 140 días en vega del río y 160 días en tierra firme, siendo el morfotipo alargado el que registra mayor nivel de de brotación foliar en tierra firme, cuando ha iniciado un descenso

en el volumen de precipitación. Durante este periodo se registra el mayor nivel de brillo solar en la zona.

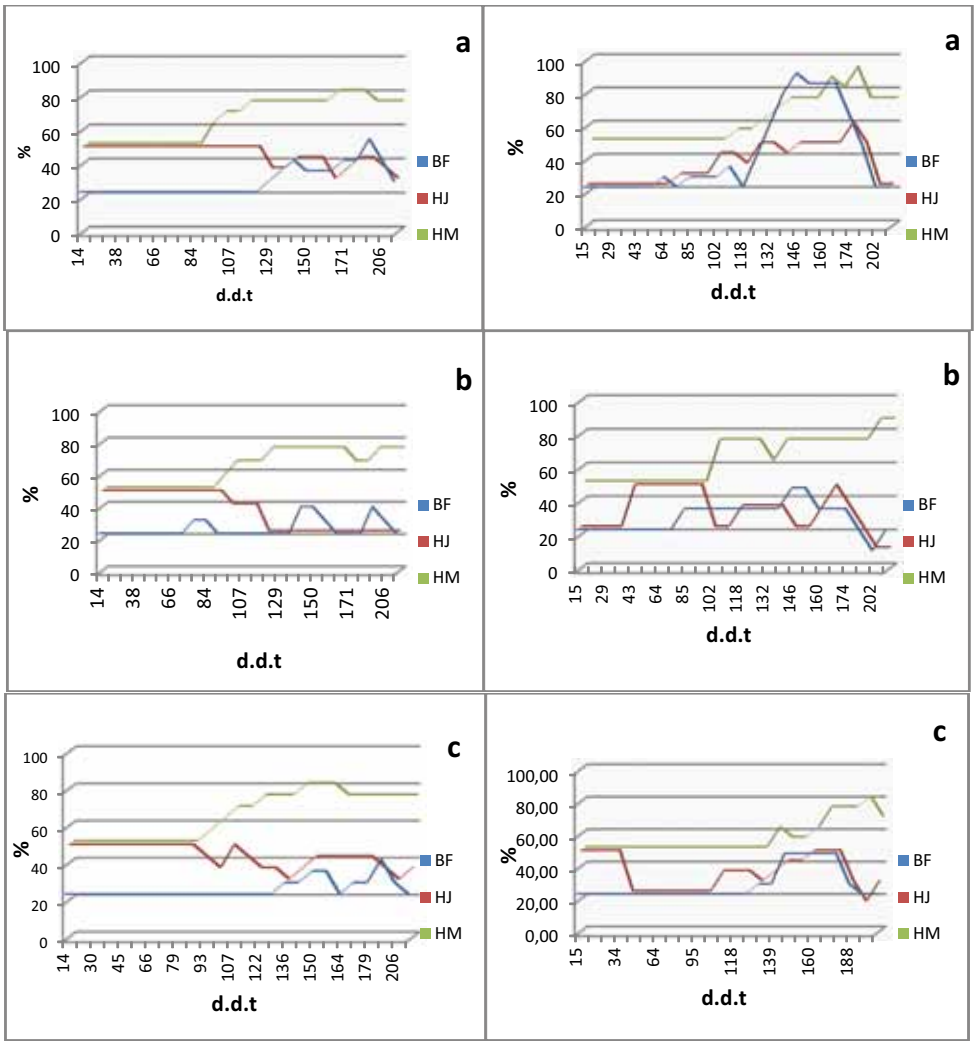


Figura 3. Manifestación de los estados fenológicos de Brotación Foliar (BF) Hoja Joven (HJ) y Hoja Madura (HM) de cocona alargada (a), redonda (b) y gigante (c), en Vega del Río (izquierda) y tierra firme (derecha) durante 2009.

Después de la aparición de las primeras estructuras reproductivas (a los 70 ddt en promedio para los tres morfotipos), la tasa de

aparición de hojas varía ampliamente entre sitios, siendo evidencia del estrés al que las plantas se ven sometidas en la unidad de tierra firme y que impide la aparición de hojas, hasta tanto las condiciones ambientales lo permiten. Este comportamiento se asocia

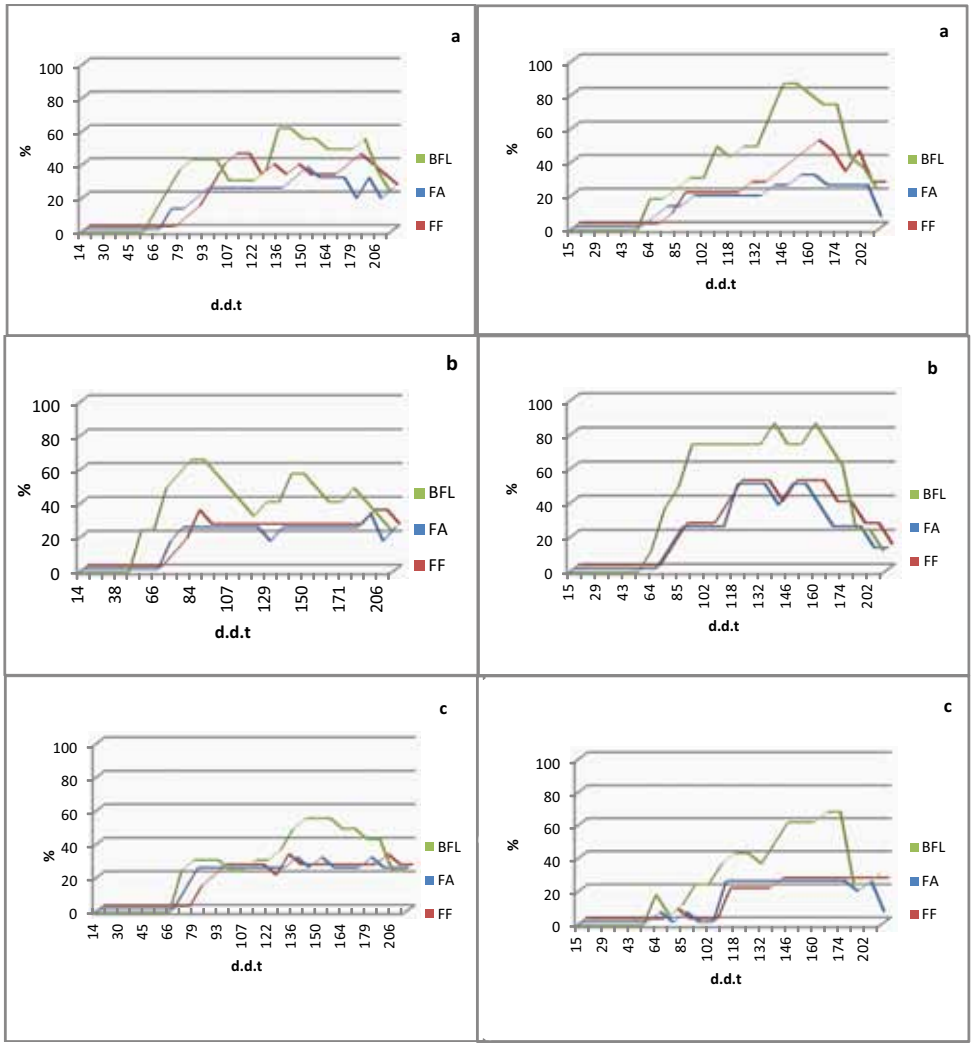


Figura 4. Manifestación de los estados fenológicos de Botón Floral (BFL) Flor abierta (FA) y Flor fecundada (FF) de cocona alargada(a), redonda (b) y gigante (c), en Vega del Río (izquierda) y tierra firme (derecha) durante 2009.

posiblemente a los eventos abióticos, en especial la época de inundación (desde finales de abril hasta mediados de octubre) que impactó sobre ciertas zonas del cultivo en función de la pendiente del terreno y la baja capacidad de drenaje del suelo.

Una aproximación en cuanto a la apertura floral, muestra que esta ocurre en menos de ocho días, debido a que semanalmente se evidencian flores abiertas provenientes de nuevos botones sin que se observen con anterioridad flores cerradas. Igualmente, la fecundación de las flores es aproximadamente cada ocho días, ya que cada semana cuando se realiza la evaluación se observan flores fecundadas, sin haber presentado flores abiertas la semana anterior. Adicionalmente, el 80% de las flores en los tres morfotipos son hermafroditas

En términos generales, el primer brote reproductivo de la planta, el racimo 1 del tallo principal, se presenta a los 66 ddt, una vez se han formado y desarrollado las cinco primeras hojas. La mayor producción de flores se da luego de 120 ddt en el morfotipo alargado, 70 días en el morfotipo redonda y 120 días en el morfotipo gigante. En los tres casos y en los dos ambientes el fenómeno de floración es coincidente con el mayor brillo solar en la zona, lo que evidencia la dependencia de la floración de la radiación disponible.

El estadio de botón floral (BFL) tiene una duración promedio de 60 días. En el estadio de BFL, el cojín ya se ha diferenciado, y se pueden apreciar estructuras independientes de la misma coloración, la flor se encuentra totalmente cubierta por los sépalos que están rodeando los pétalos. La duración de este estadio es similar en todos los morfotipos y ocurre desfasada en el tiempo. Una vez las estructuras reproductivas completan el estadio de “botón”, la maduración de estos se hace evidente, los sépalos inician su apertura gradualmente y se pueden distinguir con facilidad los pétalos de coloración blanca que están recubriendo las estructuras femeninas y masculinas de la flor. Este periodo se denominó Flor abierta (FA) y tiene una duración promedio

de 30 días. Una vez el botón maduro se abre completamente se da la antesis sobre la cual una vez se presente la fecundación se da paso al estadio de flor fecundada (FF) que se evidencia con los sépalos color café y el inicio del engrosamiento del ovario.

Una vez las estructuras reproductivas completan el estadio de "botón", la maduración de estos se hace evidente, los sépalos inician su apertura gradualmente y se pueden distinguir con facilidad los pétalos de coloración blanca que están recubriendo las estructuras femeninas y masculinas de la flor. Este periodo se denominó "botón maduro". Una vez el botón maduro se abre completamente, es evidente el paso al estadio de "flor", en el cual los sépalos se abren y sostienen los pétalos de color morado en el envés y blanco en el haz. Se puede distinguir igualmente, el ovario de coloración amarilla, el estigma verde con el filamento amarillo y las anteras de color amarillo. La flor permanece en este estadio alrededor de 44 ddt hasta que la fertilización se lleva a cabo y el fruto cuaja. La acumulación de materia seca sobre los racimos es muy homogénea (figura 5), hecho que posibilita la observación de la fase exponencial claramente y una mayor uniformidad de la acumulación de biomasa en los racimos con respecto a la de biomasa en las hojas y demás estructuras vegetativas, ello se explica por la prioridad que tienen las primeras sobre las segundas. La cocona alargada presenta menor traslape de los estados de fruto verde y maduro en relación a los otros dos morfotipos.

La fructificación en cocona en la Amazonia norte colombiana, ocurre cerca de 105 ddt en los morfotipos que se desarrollan en vega del rio y 115 ddt en los morfotipos que se desarrollan en tierra firme. Los picos de cuajamiento de frutos se dan a los 130 ddt en la vega del rio y a los 150 ddt en tierra firme. La producción de frutos maduros se ve afectada por la interacción del morfotipo con el ambiente donde se desarrolle. Asi por ejemplo los tres morfotipos en vega del rio presentan frutos maduros hacia los 130 ddt mientras que en tierra firme el morfotipo alargado manifiesta frutos maduros

a los 135 ddt, el morfotipo redondo hacia los 120 ddt y el morfotipo gigante hacia a los 160 ddt.

También un comportamiento asociado al ambiente en los frutos que logran maduración. Así los frutos del morfotipo alargada logran mayor porcentaje de frutos maduros en vega del río que en tierra firme, mientras que el morfotipo gigante logra mayor porcentaje de frutos maduros en tierra firme.

En plantas trasplantadas en el mes de junio se logran frutos maduros en el mes de agosto para la cocona alargada y redonda y en el mes de octubre para la cocona gigante, en la condición de vega del rio. En tierra firme se logran los primeros frutos maduros en el mes de septiembre-octubre para cocona alargada y redonda y en el mes de diciembre para cocona gigante. En todos los casos la producción de frutos inicia en los meses de mas alta temperatura y menor precipitación.

Finalmente los datos muestran que el morfotipo alargado en tierra firme logra mayor número de flores fecundadas, mientras que en La vega del río el mayor numero de flores fecundadas lo tiene el morfotipo redonda. El mayor cuajamiento lo tiene el morfotipo alargado en las dos condiciones, al igual que la mayor producción de frutos verdes. En cuanto a frutos maduros el mayor número lo tienen los tres morfotipos en la vega del río, siendo el de mayor producción en términos de numero de frutos el morfotipo alargado, seguido del morfotipo alargado y finalmente el morfotipo gigante. En tierra firme se mantiene la misma tendencia. Hay que tener presente que un mayor número de frutos no implica necesariamente mayor producción pues el peso promedio de la cocona gigante es dos y media veces el de la cocona alargada y hasta seis veces el de la cocona redonda.

Las mayores producciones logradas en la vega se explican por las condiciones de fertilidad y disponibilidad de agua de la vega del río, que promueven un mayor número de hojas, mejor sistema asimilatorio

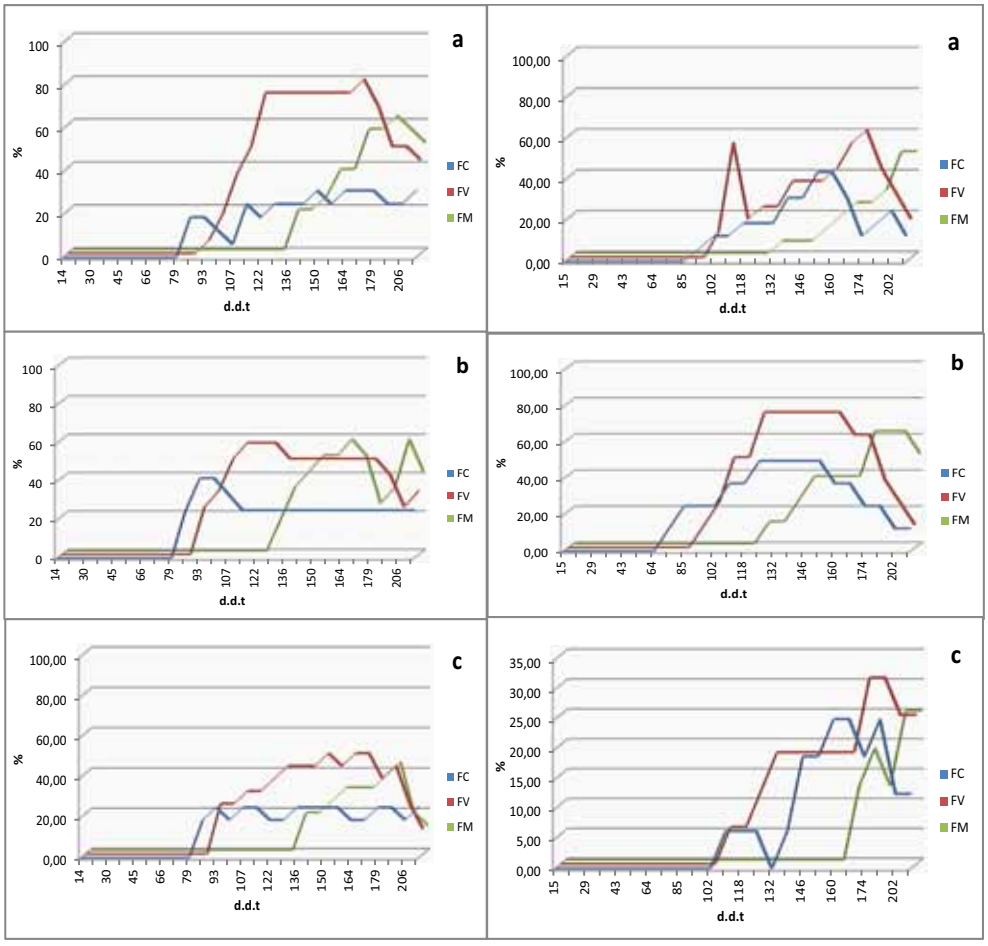


Figura 5. Manifestación de los estados fenológicos de Fruto cuajado (FC) Fruto Verde (FV) y Fruto Maduro (FM) de cocona alargada (a), redonda (b) y gigante (c), en vega del río (izquierda) y tierra firme (derecha) durante 2009.

y en consecuencia un mayor rendimiento. En la vega del río la mayor área foliar en términos de número de hojas maduras lo tiene la cocona redonda, seguida de la alargada y finalmente la gigante. En tierra firme la cocona alargada presenta mayor número de hojas maduras seguida de la cocona redonda y finalmente la cocona gigante. Los tres morfotipos, aunque de manera diferente, responden de forma eficiente al ambiente de producción y donde los recursos son más abundantes.

Bibliografía

Talora & Morellato 1999. Fenología de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil1 Revta brasil. Bot., São Paulo, V.23, n.1, p.13-26, mar. 2000

5. Fisiología, manejo poscosecha y valorización de subproductos de cocona en la Amazonia Norte.

Ruiz A., Camacho A. R., Muñoz F., Carrillo M.P., Barrera J., Hernández M.S., Fernández-Trujillo J.P.

La cocona presentó un comportamiento durante la postcosecha semejante al de otras especies de la familia como el tomate de árbol, cuya madurez óptima no se alcanza fuera de la planta. De la cocona se distinguen al menos tres variedades, desde las redondas hasta las ovaladas. En este estudio se consideraron tres ecotipos (Ovoide, Topiro y Redondo-pequeño). La longitud varió entre 4 y 12 cm, con diámetros ecuatoriales entre 3 y 6 cm, y pesos promedios de 250 g, que variaron de acuerdo con los ecotipos. La maduración de los ecotipos de cocona se caracterizó por cambio de coloración de la piel, del verde profundo brillante a amarillo y luego a color bermellón, caracterizado por color rojo oscuro intenso, que se encuentra acompañado por el ablandamiento del fruto (Flores, 1996; Hernández *et al*., 2004; Villachica, 1996). Como en la mayoría de los frutos tropicales la cocona se presentó como un fruto sensible a las bajas temperaturas y susceptible al daño por frío (DF) en cualquiera de los tres ecotipos.

Las temperaturas que se evaluaron para la conservación de los tres ecotipos fueron 12°C. o inferiores. Como en otra solanáceas de interés comercial (tomate de mesa, salsa o tomate de árbol), los frutos de cocona almacenados a temperaturas inferiores a 4°C mostraron DF.

5.1. Cambio de color, respiración y comportamiento climatérico durante la maduración

Los frutos de cocona cambiaron de color desde el ecuador hacia el ápice (patrón acropétalo). La maduración de los frutos de cocona, considerada desde el cambio de color, puede ser medida como el cambio del tono o ángulo Hue. Esta disminución fue menor conforme disminuye la temperatura de refrigeración por debajo de 12°C con independencia del ecotipo debido a la ralentización del proceso de maduración. Aunque no hubo un claro climaterio de respiración en frutos ovoides, ni pequeños los frutos presentaron moderados cambios de color durante la poscosecha, que tendrán que ser analizados con mayor profundidad posteriormente.

El ecotipo redondo-pequeño no presentó cambios apreciables de tono (figura 1A). En el ecotipo ovoide, el ángulo Hue disminuyó desde 56-60 ° hasta 53°. En Topiro el ángulo cambió desde 67-73° a 60° (figura 1B y 1C). El cambio se da como resultado de la degradación de la clorofila (pigmento responsible del color verde) y la sintesis de carotenos y antocianos, responsables del color naranja y rojo, respectivamente (Wills *et al*., 1999).

La respiración tipifica el comportamiento fisiológico de los frutos y permite su clasificación en general como climatericos, (aquellos que maduran rápidamente despues de recolectados) y no climatéricos. Los cambios de color guardaron relación con el comportamiento fisiológico El ecotipo redondo-pequeño mostró comportamiento no climatérico y el ecotipo más grande (Topiro) de tipo climatérico con altos niveles de tasa respiratoria. El ecotipo Ovoide mostró cambios de color después de recolectado (figura 1A) y la respiración aumentó al final del almacenamiento a 20°C (figura 2A), lo que indica que puede tener un comportamiento climatérico retrasado respecto a los otros ecotipos. Si comparamos la respiración entre los ecotipos, la

respiración más alta la presentó el ecotipo climatérico y más grande (Topiro) (figura 2B). Solo los frutos del ecotipo redondo-pequeño no presentaron comportamiento climatérico, ya que no maduraron tras la cosecha, ni presentaron incrementos de la respiración a ninguna temperatura de conservación o a 20°C cuando se ve la clara expresión de la maduración (figura 1C y 2C). No se detectó producción de etileno en los frutos de los ecotipos estudiados ni siquiera a 20°C. Este comportamiento fisiológico por tanto debe revisarse en el futuro mediante re-examen de la medida de la producción de etileno, así como tratamiento con productos que aceleran o retrasan la maduración (por ejemplo etileno o etrel y 1-MCP, respectivamente) (Wills *et al.*, 1999).

La respiración de los frutos de cocona disminuyó proporcionalmente, dependiendo de la temperatura a la cual se almacenaban, sin importar el ecotipo del que se trate (figura 2). Sin embargo, el aumento de la respiración a 3°C estuvo asociado al dañor por frio, como ocurre en otras frutas tropicales y subtropicales. En el caso de la cocona, sin embargo, la sensibilidad al frio fue relativamente baja.

5.2. Pérdida de peso y algunos desórdenes fisiológicos

En general, las pérdidas de peso se mantuvieron entre un 2 y un 5% en los tres ecotipos. A la temperatura de 12°C se redujo la pérdida de peso comparado con la conservación a 20°C (figura 3), lo que refuerza la recomendación del uso de esta temperatura para conservar esta fruta como en otras tropicales. En los frutos de Topiro, o en los frutos pequeños, se presentaron mayores pérdidas de peso, muy seguramente asociado este hecho o a su mayor cantidad de agua disponible para su transpiración, a diferencias en la ultraestructura del fruto o en la zona del cáliz con relación al peso total del fruto, o a una mayor intensidad respiratoria.

Entre los desórdenes fisiológicos que se asocian al almacenamiento de los frutos de cocona a baja temperatura se encontró la maduración irregular, picado superficial, cierta acidificación de la pulpa, ablandamiento excesivo de los tejidos y perdida de jugos intracelulares, como resultado de la pérdida de la selectividad de la membrana.

5.3. Cambios de calidad durante la maduración

Las características que se asocian a la calidad de los frutos son aquellas relacionadas con gusto y aroma principalmente. Con relación al gusto, se han evaluado la acidez y el dulzor mediante medida del pH, los sólidos solubles totales y la acidez titulable. El pH del fruto de cocona no varió durante el almacenamiento, pero los frutos se acidificaban ligeramente en todos los ecotipos y a todas las temperaturas (Tabla 1). Se encontró acidificación significativa a 3°C en Topiro y Pequeño redondo, la cual puede obedecer a una posible lesión por frio. La temperatura de 3°C es común en las fluctuaciones de ciertos frigoríficos domésticos y vitrinas de supermercados, no se puede recomendar para el almacenamiento continuo de la cocona, cualquiera que sea el ecotipo almacenado. En los frutos en los que se presentó la acidificación esta puede estar asociada a cambios en el ciclo de los ácidos tricarboxílicos debido al daño por frío (DF) (Wang, 1994). En otras frutas tropicales como la guayaba y el arazá, procesos similares han sido reportados (Ali y Lazan, 1997; Hernández *et al*., 2009).

El ácido predominante en la cocona es el ácido cítrico cualquiera sea el ecotipo almacenado. En la maduración del ecotipo ovoide, la acidez titulable (ATT) no cambió significativamente durante el almacenamiento a ninguna de las temperatura de refrigeración, o de maduración a 20°C. Tampoco fue significativa la disminución en los frutos de variedades Topiro y Pequeño redondo.

Los azúcares solubles determinados en la cocona fueron la sacarosa, la glucosa y la fructosa que mostraron un patrón clásico de disminución durante la maduración. Ello fue evidente en el ecotipo Ovoide, que se mantuvo a 3 o 12°C. Sin embargo en el ecotipo redondo pequeño la glucosa aumentó desde 700 hasta 2000 mg por 100 g peso fresco y de 400 a 750 g por 100 g de peso fresco, respectivamente (Tabla 1). De manera excepcional, los frutos de la variedad pequeña fueron los únicos que presentaron disminución del contenido de glucosa. Por su parte la sacarosa y la glucosa aumentaron en los ecotipos Topiro y Ovoide.

En resumen, la temperatura de 12°C se recomienda para el almacenamiento de de los frutos de cocona, tanto para frutos de mesa como para posterior procesamiento. Esta temperatura retrasa el proceso de ablandamiento y el cambio de color característico de la maduración así como el metabolismo de los azúcares y no tiene efecto de daño por frío. Por el contrario, la temperatura de 3°C no se recomienda porque se presentaron síntomas de daño por frío y acidificación de la pulpa después de 2 semanas de almacenamiento.

Como recomendaciones para futuros estudios se apuntan además de los aspectos reseñados anteriormente, la relación entre biosíntesis de azúcares y degradación de almidón, las bases genéticas entre ecotipos climatéricos y no climatéricos en cocona y su relación con factores ambientales y de cultivo, o las bases de la acidificación de la pulpa del fruto a bajas temperaturas de conservación. También es importante tecnológicamente hablando un estudio detallado de los efectos de la pérdida del cáliz en el fruto o técnicas para facilitar la recolección del mismo con el cáliz y su transporte para evitar daños mecánicos. Los pigmentos del fruto y su biosíntesis también merecerían atención especial en los ecotipos más atractivos de cara a su potencial atracción.

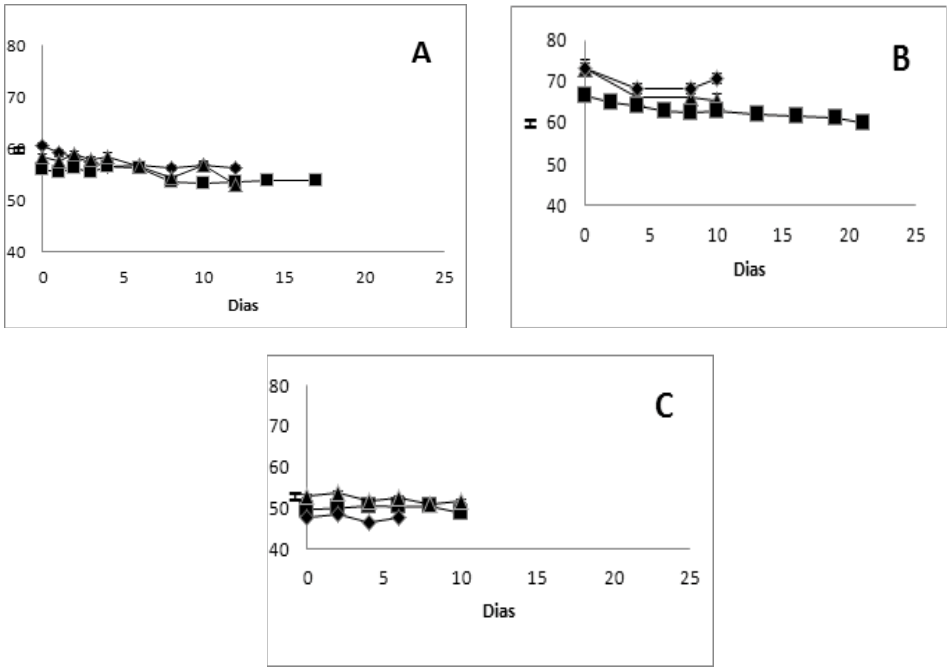


Figura 1. Cambios en el tono (ángulo Hue) en frutas de tres ecotipos of cocona alnacenados a tres temperaturas: 3°C (▲), 12°C (■) y 20°C (◆) (n=5). (A) Ovoide. (B) Topiro. (C) Redondo-pequeño.

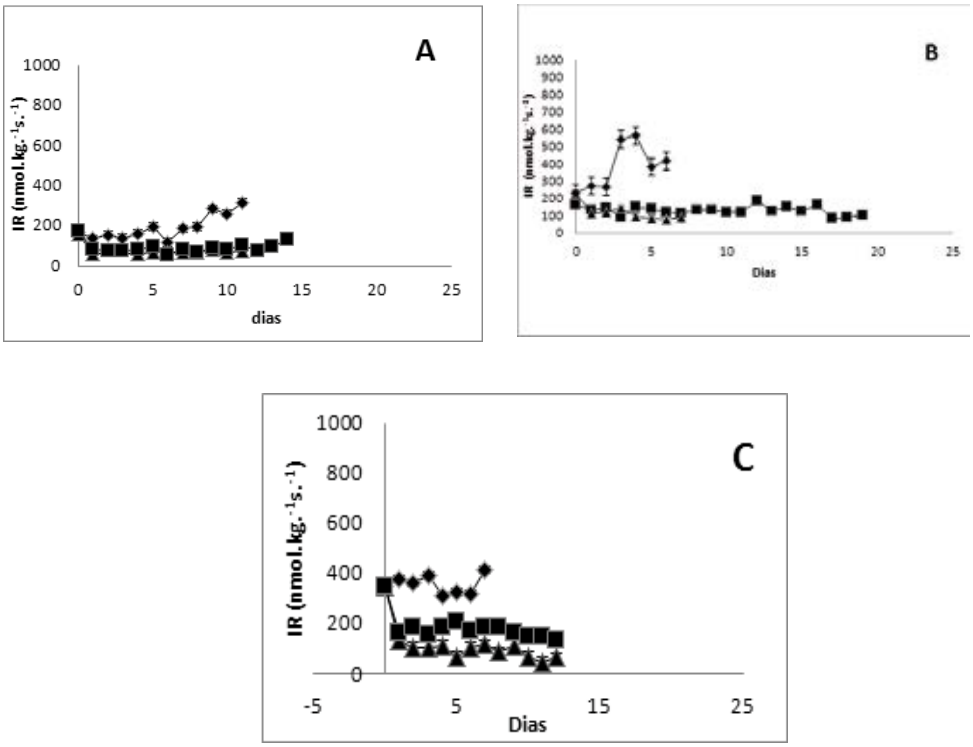


Figura 2. Intensidad respiratoria (media de 5 frutos individuales) de tres ecotipos de cocona almacenada a 3°C (▲),12°C(■) y 20°C (◆). (A) Ovoide. (B) Topiro. (C) Redondo-pequeño.

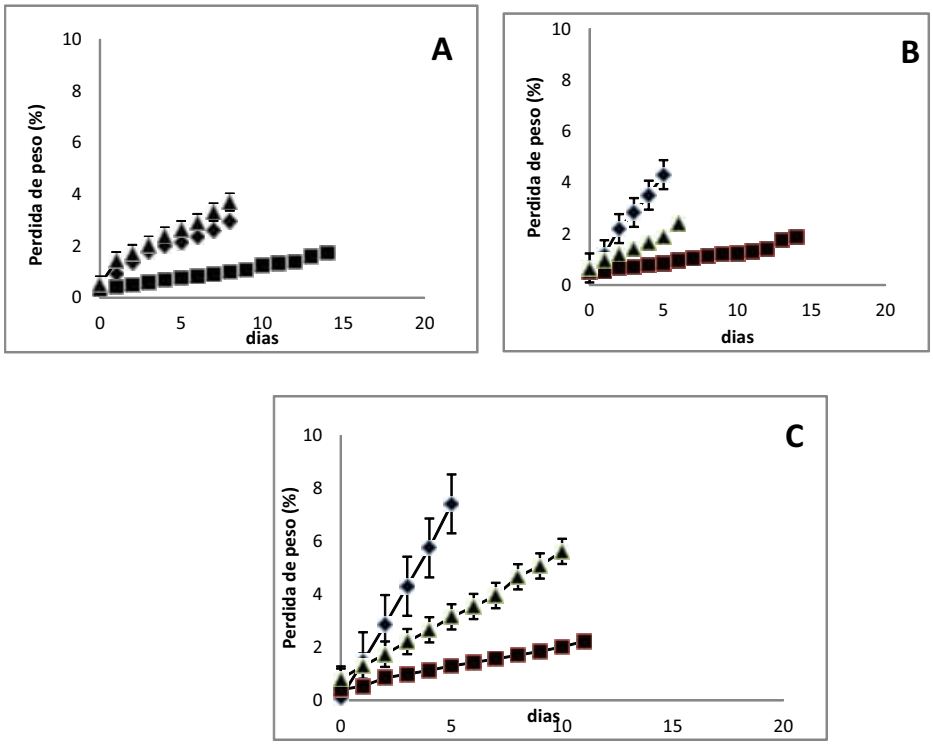


Figura 3. Pérdidas de peso medias (porcentaje de peso en base fresca, n=5 frutos individuales) de tres ecotipos de cocona almacenado at 3°C (▲), 12°C (◆) o 20°C (■).(A) Ovoide. (B) Topiro. (C) Redondo-pequeño.

Tabla 1. Atributos de calidad (n=5 frutos) en tres ecotipos de cocona (Ovoide, Topiro y Redondo pequeño) almacenados por 3 semanas a 3 or 12°C, o por 2 semanas 2 semanas a 20°C. Azúcares y ácidos organicos fueron medidos en g por 100 mg peso fresco.

Ecotipo	Ovoide				Topiro				Pequeño redondo				
Temperatura de conservación (°C)		3	12	20		3	12	20		3	12	20	
	Cosecha		Final		Cosecha		Final		Cosecha		Final		LSD (P=0.05)
pH (unidades)	3.36	3.49	3.37	3.54	3.70	3.44	3.42	3.46	4.14	3.84	3.77	4.20	0.09
(°Brix)	5.5	4.4	5.0	6.1	5.5	5.1	5.3	4.9	5.5	4.9	5.5	5.3	0.8
ATT (% ácido cítrico)	1.3	1.4	1.2	1.8	1.6	2.0	1.7	1.5	1. 8	2.0	1.7	1. 5	0.3
Ácido cítrico	1,764	870	1060	868	1,101	2,541	773	1140	1102	1,767	1,967	1,355	457
Ácido málico	155	113	65	74	88	148	75	88	111	155	251	205	51
Ácido oxálico	5.0	2.0	1.3	3.5	2.8	3.5	2.4	4.0	4.6	7.5	4.3	7.0	2.6
Ácido succínico	530	174	150	205	-	-	-	-	-	-	-	68	228
Sacarosa	542	303	195	365	572	142	195	333	409	393	431	675	167
Glucosa	1,322	558	514	770	697	978	732	1,664	497	698	378	653	366
Fructosa	788	419	337	436	388	646	554	1,003	313	561	460	540	318

5.4. Valorización de subproductos de la cocona

Los productos forestales no maderables (PFNM), grupo del que hacen parte los frutales amazónicos, han alcanzado reconocimiento en países como Brasil, Perú, Venezuela, Ecuador y por supuesto Colombia. Cada uno de ellos sitúa parte de sus territorios en la región amazónica, la cual se ha convertido en los últimos años, en una despensa de recursos naturales parte de ellos aún sin explorar. Haciendo parte de esta oferta, se encuentra la cocona, que se caracteriza principalmente por su precocidad de cultivo y alta producción (Silva, 2005), razón por la cual es comúnmente utilizada en la elaboración de jugos, néctares, mermeladas, entre otros productos (Torres, 2010). A nivel de Colombia, su comercialización se ha visto limitada a las regiones productoras, encontrando pocos nichos de mercado en las principales ciudades, debido quizás a su escasa diversificación.

Por esta razón se decidió investigar el potencial de la cocona para la obtención de pectinas, las cuales hacen parte de los insumos que utiliza principalmente la industria alimenticia, como agente gelificante, estabilizante y viscosante en diferentes bienes de consumo (Stephen *et al*., 2006; Ferreira, 2007). Las pectinas son compuestos presentes en la pared celular primaria de muchas plantas, responsables junto a otros biopolímeros como la celulosa, la hemicelulosa y la lignina, de otorgar firmeza a los frutos (Stephen *et al*. 2006 ; Badui, 2006; Ferreira, 2007). Estos compuestos se encuentran estrechamente relacionados con los procesos de maduración que se llevan a cabo al interior del fruto, provocando en estos, cambios en su estructura y composición (Stephen *et al*., 2006 ; Ferreira, 2007).

Se consideraron en la investigación algunos factores de procesamiento como los ecotipos, el estado de madurez, la parte del fruto utilizado y algunos parámetros de la extracción. En cuanto al ecotipo, se evaluaron los dos materiales que mayor oferta presentan

al momento de realizar la investigación que correspondieron a los ecotipos redondo pequeño y ecotipo ovoide. Respecto al estado de madurez, se analizaron los estados pintón y maduro, por ser los que mayor impacto generan al momento de realizar la recepción y selección de los frutos. Subsecuentemente, se consideraron las fracciones procedentes del despulpado del fruto, que para el caso fueron los residuos (corteza y semillas) y la pulpa. Por último, se contemplaron los métodos de extracción (ácido y con calgón), los niveles de dilución (1:1 y 1:2), las dosis del respectivo reactivo y el tiempo de extracción. Estos factores fueron evaluados considerando la calidad y cantidad de la pectina obtenida.

Como resultado de la investigación se pudieron establecer cuáles son los factores que determinaron los principales efectos sobre las características evaluadas en las pectinas. Los resultados se presentan a continuación:

5.4.1. Parte de la fruta: Este fue el principal factor que influyó sobre las características evaluadas, estableciendo a la corteza como el mejor sustrato para la obtención de pectinas, debido a que estos compuestos se localizan mayoritariamente en estas zonas para otorgar firmeza a los frutos. Estos resultados concuerdan con otras investigaciones (Kulkarni *et al.*, 2005, Koubala 2007), donde las mejores características se obtuvieron de sustratos como las cortezas y los residuos a los que usualmente no se les otorga ningún uso, pero que sin embargo poseen un gran potencial para la obtención de estos compuestos.

5.4.2. Ecotipo: No se pudo identificar diferencias entre ecotipos, debido probablemente a que la composición bromatológica de éstos no difiere en gran medida. Por tanto cualquiera de los dos materiales es útil para la obtención de pectinas.

5.4.3. Estado de madurez: Los sustratos evaluados difirieron significativamente en sus resultados, siendo el fruto maduro del cual se

obtuvieron los mejores valores de rendimiento, aunque el porcentaje de metoxilación también influye en la calidad y precio. Las pectinas de bajo metoxilo no tienen alto precio en el mercado, mientras que las de alto tienen un mejor precio Este comportamiento pudo originarse en los diferentes procesos de maduración que se llevan a cabo en el fruto; los cuales, favorecerían la formación de grupos éster metílicos al interior de las cadenas del ácido poligalacturónico y además, incrementarían la disponibilidad de pectina para ser extraída. Aunque la cantidad de sustancias pécticas en los frutos inmaduros es mayor, el proceso de degradación enzimática que ocurre en la maduración facilita la extracción de la pectina al hacerla más susceptible a la hidrólisis (Stepehen *et al*., 2006, D´Addosio *et al*. 2005 D´Addosio *et al*. 2005). Estos resultados concuerdan con lo observado en pasifloraceas como el maracuyá (D´Addosio *et al*. 2005). En futuros estudios se deberá cuantificar los tipos de pectinas y hacer una valoración económica de cuál es el estado de madurez más interesante según el grado de metoxilación, por ejemplo.

5.4.4. Método de extracción: Este factor tuvo una importancia significativa en el establecimiento óptimo de los resultados, particularmente debido a que el método ácido ofreció las mejores condiciones de extracción. Este resultado pudo deberse a que el método fue capaz de hidrolizar algunos compuestos insolubles de la pectina e incrementar la recuperación de éstas en el medio de extracción (Ferreira, 2007; Qiu, 2010; Liu, 2010). La fuerte acción del ácido clorhídrico permitió la despolimerización de los compuestos pécticos presentes en los sustratos susceptibles de extracción.

5.4.5. Dosis de reactivo: Considerando que fue el método ácido quién ofreció las mejores condiciones, esto convirtió al pH en un parámetro relevante al momento de definir los valores óptimos de operación. La investigación mostró que a medida que el pH de extracción se incrementó, el medio se tornó débil y no alcanzó a provocar la liberación de las pectinas, o bien, si el medio es muy agresivo, como es el caso de un pH bajo, esto ocasiona la degradación

de las pectinas presentes en el sustrato. Este suceso fijó el punto óptimo para el pH de extracción en 1.9. Comportamientos similares fueron observados en pasifloráceas como el maracuyá (Kulkarni 2010; Gaviria 2005).

5.4.6. Dilución: Una cantidad mayor de solvente parece favorecer la dispersión de las pectinas hacia el medio para que luego se logre separarlas. Con esta evidencia se consiguió fijar el nivel óptimo de dilución en 1:3 (w/v).

5.4.7. Tiempo de extracción: El tiempo de extracción para las pectinas de cocona es un factor decisivo, disminuye el rendimiento si se utilizan valores inferiores a 60 minutos y afecta la calidad de las pectinas si se utilizan valores superiores a 75 minutos. Esto se explica por el hecho de que se requiere un mínimo de tiempo para que se produzca la liberación de las pectinas presentes en el sustrato, pero igualmente, si el valor de este factor supera los rangos óptimos, esto ocasiona la degradación de las pectinas debido a la presencia de enzimas de tipo pectinmetilesterasa e hidrolíticas de actividad poligalacturonasa que actúan tras ellas. Considerando estas razones, se estableció un valor óptimo en 65 minutos.

Los resultados en la Tabla 2, muestran que la pectina obtenida tuvo un rendimiento total aproximado del 10% en base seca. Comparando los datos con la literatura se encuentra que éstos son inferiores a los encontrados con maracuyá (Gaviria y López 2005), guayaba (Buitrago, 2007), mango (Koubala, 2007), plátano (Vásquez, 2008) y manzana (Kumar y Chauhan, 2010), pero es superior a los encontrados en remolacha (Yapo, 2007).

En cuanto al peso equivalente, cuando se compararon los valores obtenidos con los observados en la literatura, se apreció que son superiores a los encontrados con maracuyá (Kulkarni y Vijayanand, 2010) y manzana (Kumar y Chahuan, 2010), pero inferiores a los encontrados con mango (Ferreira, 2007).

Tabla 2. Características de las pectinas obtenidas en planta piloto

Características	Pectina de Cocona
Rendimiento (% bs)	9.19±0.25
Peso equivalente (mg / meq)	1786.54±53.6
Acidez libre (meq carboxilos / g)	4.91±0.14
Contenido de metoxilo (%)	5.98±0.18
Grado de esterificación (%)	72.84±2.25
Contenido de Humedad (%)	10.27±0.31
Porcentaje de caída (%)	23.08±0.69
Tiempo de asentamiento (min)	24±2.5
Grados SAG	61.34±1.84
°Brix jalea	64.5±1.94
pH de jalea	3.16±0.08

(±) Desviación estándar, (N.G) No gelifico.

Si se comparan los valores de acidez libre de la Tabla 2 con los encontrados en la literatura, se encuentra que son inferiores a los encontrados en naranja (Ferreira, 2007), pero superiores a los encontrados en maracuyá (Gaviria y López, 2005) y guayaba (Buitrago, 2007).

Para el contenido de metóxilo se observa que los datos se ubican por encima de los encontrados con guayaba (Buitrago, 2007), remolacha (Yapo, 2007) y plátano (Vásquez, 2008), pero inferiores a los encontrados con manzana (Untiveros, 2003), maracuyá (Kulkarni y Vijayanand, 2010) (ver Tabla 2). Los valores del contenido de metóxilo no superaron el 6%, lo cual permitió catalogar a este tipo de pectinas como de bajo metóxilo.

Observando los valores para grado de esterificación (ver Tabla 2), pudo deducirse que estos valores son superiores a los encontrados

con maracuyá (Gaviria y López, 2005) o guayaba (Buitrago 2007), pero inferiores a los encontrados con mango y naranja (Ferreira, 2007). Es de notar que aunque las muestras evaluadas presentaron un bajo contenido de metóxilo, también presentaron un alto grado de esterificación, lo cual según la literatura consultada (Ferreira, 2007) pudo deberse a que la metodología analítica para la valoración del contenido de metóxilo no es específica y es indirecta, y podrían existir grupos carboxilo esterificados con otros grupos como etoxilo o formando amidas. Este hecho deberá ser comprobado en posteriores investigaciones.

Comparando los valores de humedad que se muestran en la Tabla 2, con los encontrados en maracuyá (Gaviria y López, 2005) y plátano (Vasquez, 2008), se observa que no existen diferencias marcadas entre ellos.

Evaluando las propiedades de gelificación (porcentaje de caída, tiempo de asentamiento y grados SAG), se puede deducir que las pectinas obtenidas son de gelificación lenta y poder gelificante para bajo contenido de sólidos.

Si se detallan los valores de °Brix y pH de las jaleas elaboradas para evaluar las propiedades de gelificación de las muestras, éstos se encuentran dentro de los rangos citados en la literatura (Ferreira, 2007).

Teniendo en cuenta los resultados anteriores se puede concluir que es posible la extracción de pectinas presentes en los frutos de cocona y particularmente de los residuos que se generan por su procesamiento; las cuales dadas sus características fisicoquímicas y propiedades gelificantes, le propician ámbitos muy diversos de aplicación como lo son su inclusión en alimentos dietéticos, por su bajo contenido de metoxilo (con adición de calcio para gelificar) o por el aporte nutricional como fibra dietaria.

Adicionalmente, el aprovechamiento de este tipo de residuos es positivo desde cualquier punto de vista, ya que puede generarle al procesador de este tipo de frutas, un valor agregado sobre materiales que normalmente desecha, a la industria de alimentos y farmacéutica; nuevos elementos para la creación e innovación en los productos que comercializa, a los consumidores; unas mejores propiedades nutricionales en los productos que ingieren y hacia el medio ambiente; un menor impacto por la disminución de los residuos que normalmente se generan desde las empresas procesadoras.

PROPUESTA DE NORMA TÉCNICA COLOMBIANA

FRUTAS FRESCAS
COCONA. ESPECIFICACIONES

FRUTAS FRESCAS.
COCONA. ESPECIFICACIONES.

1. OBJETO

Esta norma establece los requisitos del fruto de Cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) destinado al consumo humano o como materia prima para la transformación agroindustrial.

2. DEFINICIONES, CLASIFICACIONES Y CALIBRES

2.1. DEFINICIONES

Para efectos de la siguiente norma se consideran las siguientes definiciones:

2.1.1. Cocona

Fruto de forma variada (alargada, achatada o redonda). El fruto es verde cuando no está maduro, amarillo-anaranjado cuando está maduro y finalmente café-rojizo cuando ya no es apto para el consumo humano. Los frutos generalmente están cubiertos de pelos cortos y quebradizos que son fácilmente removidos al contacto.

2.1.2. Cáliz

Se compone de sépalos, que son antofilos estériles, generalmente verdes y de consistencia herbácea.

2.1.3. Antofilos

Es una hoja floral.

2.1.4. Pedúnculo

Tallo de unión del fruto a la planta.

2.1.5. Ápice

Parte inferior del fruto, opuesta al pedúnculo.

2.1.6. Calibre

Determinación de rangos de tamaños a partir de las medidas de peso, longitud y diámetro de los frutos. Para el caso de la cocona se establecen grupos homogéneos de la fruta de acuerdo al morfotipo visualmente diferenciables.

2.1.7. Madurez fisiológica

Estado en el que el fruto ha finalizado su proceso de desarrollo y se da inicio a los cambios fisicoquímicos para adquirir madurez de consumo.

2.1.8. Madurez de consumo

Estado en el que el fruto ha adquirido sus características de apariencia, consistencia, textura, sabor y aroma.

2.2. CLASIFICACIÓN

Independiente del calibre y del color la Cocona se clasifica en tres categorías:

2.2.1. Categoría extra

La cocona debe cumplir los requisitos generales definidos en el numeral 3.1, estar exento de todo defecto que demerite la calidad del fruto. Estos defectos no deben exceder el 5% del fruto. (ver figuras 1, 2 y 3).

Figura 1. Cocona Redondo gigante

Figura 2. Cocona redonda pequeño

Figura 3. Cocona alargada

Categoría I

La cocona debe cumplir los requisitos generales definidos en el numeral 3.1, se aceptan golpes de sol, heridas que hayan cicatrizado y falta de uniformidad en el color. Estos defectos no deben exceder el 10% del fruto. (Ver figuras 4 y 5)

Figura 4. Cocona redonda gigante

Figura 5. Cocona Alargada

2.2.2 Categoría II

La cocona debe cumplir los requisitos generales definidos en el numeral 3.1, y no deben cumplir con los requisitos de la categoría extra y categoría I; se aceptan magulladuras leves, deformaciones, y daños mecánicos que no comprometan la calidad interna del producto. (Ver figuras 6 y 7).

Figura 6. Cocona redonda gigante

Figura 7. Cocona alargada

2.3. CALIBRES

Se determina por el diámetro máximo de cada fruto, como se indica el numeral 5.1, de acuerdo con las siguientes tablas:

Tabla 1. Calibres de la Cocona redonda gigante

Diámetro mm	Calibre	Peso promedio g
>83	A	251
82 – 73	B	180
72 – 63	C	132
62 – 53	D	82
52 – 43	E	56
<42	F	37

Tabla 2. Calibres de la Cocona redonda pequeña

Diámetros mm	Calibre	Peso promedio g
>58	A	95
57 – 52	B	62
51 - 46	C	53
45 - 40	D	41
<41	E	26

Tabla 3. Calibres de la cocona alargada

Diámetro mm	Calibre	Peso promedio g
>83	A	81
82 – 75	B	74
76 – 67	C	64
66 – 59	D	56
<58	E	43

3. REQUISITOS Y TOLERANCIA

3.1. REQUISITOS GENERALES

Para la comercialización del fruto de la cocona deben estar sujetos a los requisitos y tolerancias permitidas, además deben tener las siguientes características físicas.

- Estar en estado madurez fisiológica
- Fruto entero
- Aspecto fresco y consistencia firme.
- Fruto sano, libre ataques de insectos y/o enfermedades que deterioren la calidad interna del fruto.

- Libre de humedad externa anormal, fisuras y daños mecánicos, causados en la etapa de cosecha y poscosecha (recolección, limpieza, selección, clasificación, adecuación, empaque, almacenamiento y transporte).

- Deben estar exentos de cualquier olor y/o sabor extraño (proveniente de otros productos, empaques o recipientes y/o agroquímicos con los cuales haya estado en contacto).

- Deben estar exentos de materiales extraños (tierra, polvo, agroquímicos y cuerpos extraños) visibles en el producto o en el empaque.

- El fruto debe presentar el cáliz pues su ausencia puede indicar envejecimiento o daños mecánicos.

Los residuos de plaguicidas no deben exceder los límites máximos establecidos en el Codex alimentarius o las exigencias del país de destino.

3.2. REQUISITOS DE MADUREZ

La madurez del fruto de cocona se aprecia visualmente por su color externo. Su estado se puede confirmar por medio de la determinación del ensayo de yodo, la consistencia, el contenido de pulpa, y el contenido de sólidos solubles totales.

La siguiente descripción relaciona los cambios de color con los diferentes estados de madurez (Véase las figuras 8, 9 y 10)

Estados de madurez de la cocona redonda gigante

COLOR 1: el fruto es de color verde intenso.

COLOR 2: el fruto es anaranjado con tonos verdes.

COLOR 3: el fruto es color naranja con visos marrones.

COLOR 4: el fruto es completamente marrón.

Estados de madurez de la cocona redonda pequeña

COLOR 1: el fruto es de color verde intenso.

COLOR 2: el fruto es amarillo.

COLOR 3: el fruto es color naranja.

COLOR 4: el fruto es completamente marrón.

Estados de madurez de la cocona alargada

COLOR 1: el fruto es de color verde intenso.

COLOR 2: el fruto es verde con visos amarillo.

COLOR 3: el fruto es color naranja con visos marrones.

COLOR 4: el fruto es completamente marrón

3.3. REQUISITOS ESPECÍFICOS

3.3.1. Ensayo de yodo

Este ensayo identifica la presencia de almidones en la fruta

mediante la reacción con la solución de yodo, dando como resultado una coloración oscura constante en todos los estados de maduración en la superficie de la pulpa.

1 2 3 4

Figura 8. Estados de madurez cocona redonda pequeña y ensayo de yodo.

1 2 3 4

Figura 9. Estados de madurez cocona redonda pequeña y ensayo de yodo.

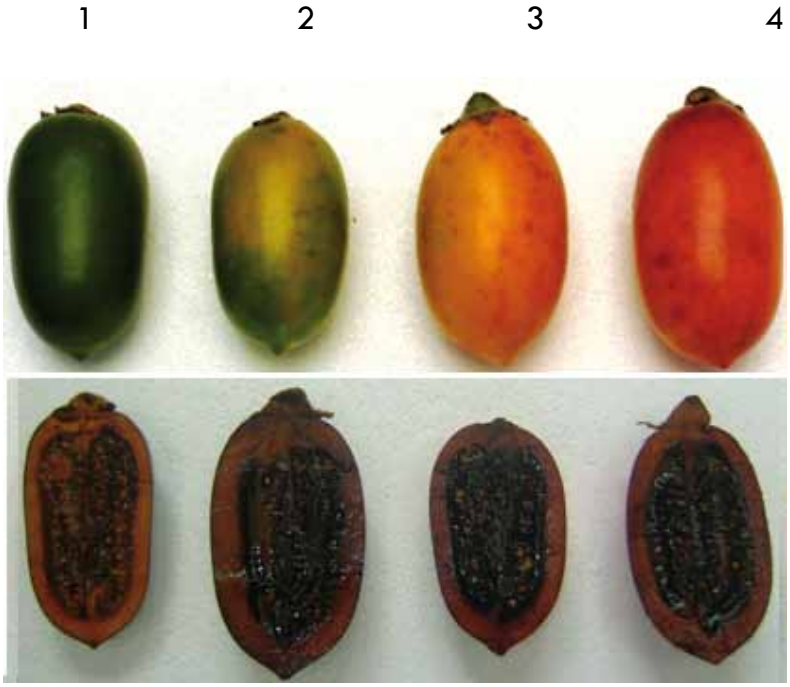


Figura 10. Estados de madurez de la cocona alargada y ensayo de yodo

3.3.2. Consistencia

El valor máximo determinado sobre la cáscara como se describe en el numeral 5.3, que presenta en estado de madurez fisiológica de la cocona redonda gigante, redonda pequeña y alargada es de 8, 5.9 y 6.1 kgf/cm^2, respectivamente (medidas con un penetrómetro Effegi Italia).

3.3.3. Contenido de pulpa

Los valores mínimos del contenido de pulpa en estado de madurez de consumo como se describe el numeral 5.4. son de 58%, 57% y 60% determinado en frutos de cocona redondo gigante, redondo pequeño y alargada.

3.3.4. Sólidos solubles totales

El valores mínimo de sólidos solubles totales en estado de consumo como se indica el numeral 5.5. son de 4, 4,5 y 4 °Brix determinado en frutos de cocona redondo gigante, redondo pequeño y alargado, respectivamente,

3.4. TOLERANCIAS

Se admiten tolerancias de calidad y calibre en cada unidad de empaque para los productos que no cumplan las categorías indicadas.

3.4.1. Tolerancias de calidad

3.4.1.1. Categoría extra: Se admiten hasta el 5% en número o en peso de los frutos que no correspondan a los requisitos de esta categoría, pero que cumplan con los requisitos de la Categoría I.

3.4.1.2. Categoría I: Se admiten hasta el 10% en número o en peso de los frutos que no correspondan a los requisitos de esta categoría, pero que cumplan con los requisitos de la categoría II.

3.4.1.3. Categoría II: Se admiten hasta el 10% en número o en peso de los frutos que no corresponden a esta categoría, ni los requisitos generales del numeral 3.1, con excepción de los productos con magulladuras severas, con heridas no cicatrizadas.

3.4.2. Tolerancias de calibre

Para todas las categorías se aceptan hasta el 10% en número o en peso de frutos que correspondan al calibre inmediatamente inferior o superior al señalado en el empaque.

4. TOMA DE MUESTRAS, CRITERioS DE ACEPTACIÓN O DE RECHAZO.

4.1. TOMA DE MUESTRAS

Para determinar las muestras destinadas a diámetros máximos, se debe consultar la siguiente tabla 4:

Tabla 4. Tamaño de la muestra

TAMAÑO DEL LOTE (Árboles, empaques o frutos)	TAMAÑO DE LA MUESTRA (Árboles, empaque o frutos)
Hasta 150	5
151 – 1200	20
1201-10000	32
10001-35000	50
35001- 50000	80
50001 y mas	125

NOTA: En el anexo A se contempla un ejemplo de aplicación de la tabla.

Para identificar los estados de madurez se realizaran análisis fisicoquímicos a las pulpas obtenidas a partir de cinco frutos por cada color, seleccionados en los tamaños más representativos del lote (NTC 756)

4.2. CRITERioS DE ACEPTACIÓN Y DE RECHAZO

Si la muestra evaluada no cumple con los requisitos especificados en esta norma, se debe rechazar el lote. En caso de discrepancia, se deben repetir los ensayos sobre la muestra reservada para tal fin. Cualquier resultado no satisfactorio debe ser motivo para rechazar el lote.

5. ENSAYOS

5.1. DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO

Se medirá el diámetro máximo de cada fruto con un calibrador y el resultado se expresa en mm.

5.2. ENSAYO DE YODO

5.2.1. Preparación de la solución

Se disuelve 12 g de yodo metálico (I2) y 24 g de yoduro de potasio (KI) en 500 ml de agua, luego se mezclan con 500 ml de agua y se agita. Se guardará la solución en un frasco oscuro y en un sitio protegido de la luz. Se debe renovar la solución cada tres meses.

5.2.2. Procedimiento

Se corta el fruto de Cocona longitudinalmente y se pone en contacto la pulpa con la solución de yodo – yoduro por inmersión, luego de 10 segundos se puede apreciar la tinción de la pulpa.

5.3. DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA

Se determina por medio de un penetrómetro manual o más avanzado con émbolo de tamaño apropiado y el resultado se expresará como Kgf/cm2

5.4. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE PULPA

Se obtiene de forma manual (separando la pulpa de la cáscara y

semillas) y se establecerá la relación del peso de la pulpa con respecto al peso total del fruto. El resultado se expresará en porcentaje %.

$$Contenido\ de\ pulpa = \frac{P\ Pulpa\ g}{P\ fruto\ g} x\ 100$$

5.5. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES

Se determina por el método refractométrico y se expresa en grados Brix (°Bx). Si el refractómetro no realiza la corrección de temperatura se debe corregir la lectura como indica el anexo B.

6. EMPAQUE Y ROTULADO

6.1. EMPAQUE

El contenido de cada unidad de empaque debe ser homogéneo y estar compuestos únicamente por frutos del mismo origen, categoría y calibre. La parte visible del contenido del empaque debe representativa del conjunto.

Los empaques deben estar limpios y compuestos por materiales que no causen alteraciones al producto. Se acepta el uso de etiquetas con indicaciones comerciales siempre que se utilicen materiales no tóxicos y que permiten ser reciclados. Para ilustrar los sistemas de empaques véanse las figuras 11 y 12.

Para el mercado interno se deben utilizar canastilla plásticas de fondo liso, con costados perforados en línea (figura 12). Las medidas externas son 600 mm x 400 mm x 180 mm ó 500 mm x 300 mm x

150 mm. (Submúltiplos de las estibas de 1200 mm x 800 mm ó 1200 mm x 1000 mm).

Figura 11. Empaque para mercado interno cocona redonda gigante

Figura 12. Empaque para mercado interno para cocona alargada

Para el mercado de exportación el producto puede presentar en empaques rígidos de carton corrugado. Las dimensiones externas de de la base del empaque deben ser 400 x 300 x 300 mm ó 300 mm x 200 mm (submúltiplos de las estibas de 1200 mm x 800 mm

0 1200 mm x 1000 mm). Debe además llevar separadores y/o una capa amortiguadora en la base.

6.2. ROTULADO

El rótulo debe llevar la siguiente información tanto para el mercado interno como para el externo:

- Identificación del productor, exportador o empacador (marca comercial, nombre, dirección o código).
- Nombre del producto: COCONA.
- País de origen o región productora.
- Características comerciales: categoría, calibre, peso neto y coloración en el momento del empaque.
- Fecha del empaque.
- Impresión con la simbología que indique el manejo adecuado del producto (véase NTC 2479).

7. APÉNDICE

7.1. NORMAS QUE SE DEBEN CONSULTAR

NTC 756: 1977. Frutas y verduras. Toma de muestras.
NTC 2479: 1988, Embalajes. Indicadores gráficos para el manejo de artículos.

ANEXO A

(Informativo)

EJEMPLO DE LA APLICACIÓN DE LA TABLA 2

Muestreo a nivel de huerto:

La densidad de siembra en un cultivo de cocona aún no se ha definido puesto que son cultivos silvestres característicos de la Amazonia, para cual se asume que se la densidad es de 150 a 1200 árboles por hectárea. Para determinar la muestra se escoge al azar 20 árboles y de cada árbol 5 frutos de acuerdo a los criterios del agricultor.

Muestreo de Cocona empacada:

Si el lote a evaluar tiene 100 canastillas, el tamaño de la muestra es de 5 escogidas al azar y de cada canastilla pesar todos los frutos.

ANEXO B

(Informativo)

Corrección de la lectura de °Bx por la temperatura, estandarizado a 20°C

° Bx	0	5	10	15	20
°C			Restar		
10	0,50	0,54	0,58	0,61	0,64
11	0,46	0,49	0,53	0,55	0,58
12	0,42	0,45	0,48	0,50	0,52
13	0,37	0,40	0,42	0,44	0,46
14	0,33	0,35	0,37	0,39	0,40
15	0,27	0,29	0,31	0,33	0,34
16	0,22	0,24	0,25	0,26	0,27
17	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21
18	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14
19	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07
°C			Sumar		
21	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07
22	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15
23	0,19	0,20	0,21	0,22	0,22
24	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30
25	0,33	0,35	0,36	0,37	0,38
26	0,40	0,42	0,43	0,44	0,45
27	0,41	0,50	0,52	0,53	0,54
28	0,56	0,57	0,60	0,61	0,62
29	0,64	0,66	0,68	0,69	0,71
30	0,72	0,74	0,77	0,78	0,80

BIBLIOGRAFÍA

Buitrago C.A. 2007. Extracción de pectina de guayaba (Psidium guajava) a escala de planta piloto. En Especialización en ciencia y tecnologia de alimentos. Universidad Nacional de Colombia: Bogotá.

Badui D.S. 2006. Química de los alimentos. Ed. Pearson, México.

D´Adossio, R.D., Páez, G., Marín, M., Mármol, Z., Ferrer, J. 2005. Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de parchita (Passiflora edulis f. flavicarpa Degener). Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Zulia 22: 240-249. http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/julio_septiembre2005/r_d'addosio.pdf

Ferreira A.S. 2007. Pectinas: Aislamiento, caracterización y producción a partir de frutas tropicales y de los residuos de su procesamiento industrial, ed. U.N.d. Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia - Proceditor Ltda.

Gaviria N.C., López, L.M. 2005. Extracción a escala laboratorio de la pectina del maracuya y escalado preliminar a planta piloto. En Departamento de Ingeniería de procesos. 2005, EAFIT: Medellín.

Hernández, M.S., Barrera, J.A., Páez, D., Oviedo, A., Romero, H. 2004. Aspectos biológicos y conservación de frutas promisorias de la amazonia colombiana. Instituto Amazónico de Investigaciones Cientificas: Sinchi. Bogotá, Colombia.

Hernández, M.S., Martínez, O., Fernández-Trujillo, J.P. 2007. Behavior of arazá fruit quality traits during growth, development and ripening. Scientia Horticulturae 111: 220-227.

Hernández, M.S., Barrera, J.A., Martínez, O., Fernández-Trujillo, J.P. 2009. Postharvest quality of arazá fruit during low temperature storage. LWT-Food Science and Technology 42: 879-884.

Kulkarni, S.G., Vijayanand, P. 2010. Effect of extraction conditions on the quality characteristics of pectin from passion fruit peel (Passiflora edulis f. flavicarpa L.). LWT - Food Science and Technology 43: 1026-1031.

Koubala, B.B., Kansci, G., Mbome, L.I., Crépeau, M.J., Thibault, J.F. Ralet, M.C. 2007. Effect of extraction conditions on some physicochemical characteristics of pectins from "Ameliorée" and "Mango" mango peels. Food Hydrocolloids 22: 1345-1351.

Kumar, A., Chauhan, G.S. 2010. Extraction and characterization of pectin from apple pomace and its evaluation as lipase (steapsin) inhibitor. Carbohydrate Polymers, 82:. 454-459.

Liu, L., Cao, J., Huang, J., Cai, Y., Yao, J. 2010. Extraction of pectins with different degrees of esterification from mulberry branch bark. Bioresource Technology 101: 3268-3273.

Qiu, L.-P., Zhao, G.-L., Wu, H., Jiang, L., Li, X.-F., Liu, J.-J.2010. Investigation of combined effects of independent variables on extraction of pectin from banana peel using response surface methodology. Carbohydrate Polymers 80: 326-331.

Silva Filho, D.F., Yuyama, L.K.O., Aguiar, J.P.L., Oliveira, M.C., Martins, L.H.P. 2005. Caracterização e avaliação do potencial agronômico e nutricional de etnovariedades de cubiu (Solanum sessiliflorum Dunal) da Amazônia. Acta Amazónica 35: 399-406.

Stephen, A.M., Phillips, G.O., Wiliams, y P.A. Food polysaccharides and their applications. 2006, London: Taylor & Francis.

Yapo, B.M., et al., Effect of extraction conditions on the yield, purity and surface properties of sugar beet pulp pectin extracts. Food Chemistry, 100: 1356-1364.

Torres Flores, V.I. 2010. Determinación del potencial nutritivo y funcional de guayaba (Psidium guajava L.), cocona (Solanum sessiliflorum Dunal) y camu camu (Myrciaria dubia Vaugh). En: Facultad de Ingenieria Química y Agroindustria. Escuela Politecnica Nacional: Quito.
http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1800/1/CD-2776.pdf

Untiveros, G.S. 2003. Obtención y caracterización de pectinas de alto y bajo metóxilo de la manzana variedad Pachacamac. Revista de la Sociedad Química del Perú 69 (3) 155-162.

Vasquez, R., Ruesga, L., D'Addosio, R., Páez, G., Marín, M. 2008. Extracción de pectina a partir de la cáscara de plátano (Musa AAB, subgrupo plátano) clon Hartón. . Revista de la. Facultad de Agronomía (LUZ) 25: 318-333.

Villachica, H. 1996. Frutas y Hortalizas promisorias de la Amazonia. FAO, GCP, RLA.

Wang, C.Y. 1994. Chilling injury of tropical horticultural commodities. HortScience 29:986-996.

Wills, R., McGlasson, B., Graham, D., Joyce D. 1999. Postharvest. An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. University of New South Wales Press Ltd, Australia.