

ARTÍCULO DE REVISIÓN

State of knowledge review on the productive function of lulo (*Solanum quitoense* Lam.) in ColombiaRevisión del estado del conocimiento sobre la función productiva del lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en ColombiaClara Inés Medina C.¹, Mario Lobo A.², Enrique Martínez B.³

ABSTRACT

Lulo (*Solanum quitoense* Lam.) is an important Andean fruit in Colombia, with a national supply deficit, which requires fruit importation from Ecuador to accomplish the consumption demand. Lulo cropping is done almost exclusively with farmer varieties, with just one improved cultivar released in the country. Cultivation is based on local knowledge, as well as technical recommendations without a research support in most of the cases, developed for specific areas and problems, which do not consider the production components as a whole. A search related to the state of the art of the lulo knowledge, was done to identify research key points, for the development of sustainable and efficient production systems, as well as for the support and development of post harvest management and processing procedures. In the current review, a relation of the knowledge related to the production components: genotype, environment and the interaction genotype X environment is included.

Keywords: Domestication, prebreeding, breeding, varieties, crop management, adaptation, ecophysiology.

RESUMEN

El lulo (*Solanum quitoense* Lam.) es un frutal andino importante en Colombia, con oferta deficitaria e importación desde Ecuador, para suplir la demanda nacional. La siembra se desarrolla casi exclusivamente con materiales locales, con existencia de un solo cultivar mejorado en el país. El cultivo se realiza con base en el conocimiento tradicional y recomendaciones técnicas; su sustento investigativo es escaso y en la mayoría de los casos apoya aspectos y problemas puntuales. Se estudió el estado actual de las investigaciones relacionadas con el conocimiento sobre esta especie, para su análisis y el diseño de procesos que apoyen el desarrollo de sistemas de producción sostenibles y eficientes de la misma, desde la óptica ambiental y productiva, como también actividades de valor agregado y poscosecha. En la revisión actual se presenta la información relacionada con los componentes de la función productiva: genotipo, ambiente e interacción genotipo X ambiente.

Palabras clave: domesticación, premejoramiento, mejoramiento, variedades, prácticas culturales, adaptación, ecofisiología.

INTRODUCCIÓN

EL LULO (*SOLANUM QUITOENSE* LAM.) es una planta de la familia Solanaceae, género *Solanum*, sección Lasiocarpa (Whalen *et al.*, 1981; Heiser y Anderson, 1999), que comprende entre 11 y 13 especies (Whalen *et al.*, 1981; Heiser; 1993, 2000; Bohs, 2004), de las cuales 8 se encuentran en Colombia (Whalen *et al.*, 1981; Lobo y Medina, 2000). El Centro primario de diversidad genética incluye Colombia, Ecuador y Perú (Heiser y Anderson, 1999; Lobo y Medina, 2000).

El lulo fue considerado especie promisoría para el área Andina hace más de 80 años (Popenoe, 1924), lo que fue reconfirmado por la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos de América (1975), y Lobo (2000) la agrupó en el conjunto de frutales andinos con potencial. El autor indicó que el desarrollo adquirido por éste se dio por la iniciativa de los productores, sin apoyo de la investigación y sin considerar los componentes de la función productiva.

Radicado: 20 de abril de 2008
Aprobado: 23 de junio de 2009

¹ Investigadora máster asociada, Grupo de Recursos Genéticos y Mejoramiento de Frutales Andinos, Corpoica, C.I. La Selva. cmedina@corpoica.org.co

² Investigador Ph.D. titular, Grupo de Recursos Genéticos y Mejoramiento de Frutales Andinos, Corpoica, C.I. La Selva; profesor asociado Universidad Nacional, Medellín. mlobo@corpoica.org.co

³ Profesor asociado, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. enmartin@unal.edu.co

Lobo (2000, 2007) señaló una serie de factores que favorecen y potencian la producción de este frutal, entre los que incluyó: a. variabilidad genética amplia del taxón y especies relacionadas en la zona Andina; b. nichos apropiados para su siembra; c. aceptación de las frutas por los consumidores; d. potencial agroindustrial y e. ser alternativa de reconversión de cultivos ilícitos.

En Colombia se siembran alrededor de 5.500 ha, con una proyección de crecimiento de 6.533 ha adicionales (Arias *et al.*, 2006). La oferta nacional es deficitaria con importaciones crecientes, desde el Ecuador, las que correspondieron a 21,7% del consumo nacional en el año 2000 (Torres, 2002). El 74% de las plantaciones de lulo, en Colombia, se realizan en esquemas de economía campesina (Ríos *et al.*, 2002), con vinculación de 670 jornales por hectárea para el lulo “de castilla” y 939 para el cultivar mejorado ‘La Selva’, según datos del 2001 (Morales *et al.*, 2002). El taxón fue incluido en el Plan Frutícola de Colombia, lo cual requiere desarrollar investigación en diversas áreas como producción limpia, manejo agronómico, problemas sanitarios, ecofisiología, procesos de valor agregado, poscosecha, oferta de material para la siembra y zonificación (Tafur, 2006).

Se presenta aquí una revisión de los estudios de lulo reportados en el país, relacionados con la función productiva: genotipo, ambiente y la interacción genotipo X ambiente, como punto de partida para la proyección de investigación orientada al desarrollo de sistemas productivos sostenibles y eficientes con la especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se buscó literatura científica y técnica en la Biblioteca Central de la Universidad Nacional de Colombia, por vía electrónica, con acceso a las sedes de ésta y a otros entes universitarios del país. Igualmente, se consultó la Biblioteca Agropecuaria de Colombia, BAC, C.I. Tibaitatá, Mosquera, Cundinamarca y la documentación existente en la Sala de Lectura del C.I. La Selva, de Corpoica, Rionegro, Antioquia; adicionalmente, se consiguieron documentos con investigadores que han realizado trabajos con el taxón, con revisión de la lista bibliográfica de los documentos, tesis y publicaciones consultadas, para obtener otros escritos.

Otra fuente de información consultada fueron las Memorias de los seminarios nacionales e internacionales sobre frutas de clima frío moderado, realizados por el Centro de Desarrollo Tecnológico Frutícola de Caldas.

Para su discusión, la bibliografía encontrada, de la cual un componente es literatura “gris”, se consolidó por área

temática con base en cada uno de los tres componentes de la función productiva: el genotipo, el ambiente y la interacción genotipo X ambiente (Lobo, 2000). El primero se refiere al material de siembra (Lobo *et al.*, 2002); el segundo, a los factores bióticos y abióticos de los agroecosistemas establecidos con la especie, incluyendo prácticas de manejo; y el tercero, a las respuestas de los genotipos a diversos ambientes de plantación, lo que se conoce como normas de reacción (Gianoli, 2004). Estos tres componentes determinan los atributos fenotípicos de los individuos, incluyendo la productividad y la calidad de las cosechas obtenidas (Lobo *et al.*, 2002).

Literatura encontrada

Se localizaron 112 tesis, en diversas áreas del conocimiento, que incluyen: fitopatología (16), entomología (2), fisiología de poscosecha (24), fisiología de semillas (4), ecofisiología (3), recursos genéticos (11), caracterización química y física (9), multiplicación (7), mercados (15), procesamiento de la fruta y agroindustria (9), requerimiento nutricionales y micorrizas (5), zonificación (1), arvenses (1), otros temas (5). Al respecto, la prioridad dada a la poscosecha también fue evidente en los artículos incluidos en los Seminarios sobre Frutales Andinos, entre los cuales se ubicaron 44 escritos sobre el tema en los 6 eventos realizados entre 1996 y 2005.

COMPONENTE GENOTÍPICO

Recursos genéticos relacionados con el lulo

Colecta y conservación

La selección y desarrollo de cultivares requiere variabilidad genética disponible; ésta permite identificar y utilizar atributos requeridos y ubicar adaptabilidad a las presiones selectivas (Simmonds, 1962), lo que indica la importancia de los polimorfismos heredables (Cooper *et al.*, 2001). Lo anterior corresponde a los “recursos genéticos” que comprenden materiales cultivados, arvenses y silvestres del taxón y especies relacionadas, con los cuales se conforma la base genética requerida para los procesos de premejoramiento y mejoramiento.

La disponibilidad del germoplasma, para apoyar el desarrollo de sistemas productivos, parte de acciones de colecta o introducción para la conformación de colecciones *ex situ* (Richards *et al.*, 2007), con material disponible para selección y utilización en programas de fitomejoramiento, aspecto cuya importancia fue enfatizada por Cooper y colaboradores (2001).

En Colombia se han llevado a cabo tres procesos sistemáticos de colecta de lulo y taxa relacionados, que cubrie-

ron los departamentos de Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Huila, Magdalena, Nariño, Norte de Santander, Putumayo, Quindío, Santander, Tolima y Valle del Cauca (López *et al.*, 1982, registros de pasaporte no publicados; Estrada *et al.*, 1986; Marín y Hernández, 1988) y otras recolecciones esporádicas. Parte del material obtenido se conserva a largo plazo como semilla en el Sistema de Bancos de Germoplasma de la Nación Colombiana para Alimentación y Agricultura, a cargo de Corpoica, al cual se han adicionado entradas obtenidas en diversas localidades e introducciones de otras zonas del mundo (Lobo *et al.*, 2002). El material en conservación comprende 77 accesiones de *S. quitoense*, 8 de *S. hirtum*, 17 de *S. pseudolulo*, 5 de *S. vestissimum*, 2 de *S. pectinatum*, 2 de *S. sessiliflorum*, 1 de *S. stramonifolium* y 2 de *S. ferox*, todos ellos de la sección *Lasiocarpa* (Lobo *et al.*, 2002).

Caracterización y evaluación

La utilización de los recursos genéticos requiere del conocimiento de éstos, en cuanto a sus atributos y composición genética (Medina *et al.*, 2006), con ello la variabilidad pasa de tener valor de existencia a valores de opción y utilización.

En el país se han realizado acciones de caracterización de la variabilidad (García y García, 1985; Benítez y Valencia, 1988; Marín y Hernández, 1988; Torres, 1992; Zapata, 1998; Sahaza y Henao, 2001; Giraldo y Gil, 2004; Fory, 2005; Fory *et al.*, 2004, 2005, 2008; Lobo *et al.*, 2007; Enciso-Rodríguez *et al.*, 2008). Un común denominador en la mayoría de los estudios ha sido el polimorfismo. Así, en la colección colombiana del taxón y especies relacionadas se detectó la presencia de 73,9% del total de estados de los descriptores cualitativos, con un promedio de 4,2 morfoalelos por variable (Lobo *et al.*, 2007).

Igualmente, los estudios moleculares revelaron polimorfismo significativo (Fory, 2005; Fory *et al.*, 2004, 2005, 2008; Enciso-Rodríguez *et al.*, 2008) y un estudio, realizado con marcadores AFLP (Fory, 2005, Fory *et al.*, 2008), comprobó una mayor variabilidad genética en híbridos interespecíficos *S. hirtum* X *S. quitoense*, con relación a los parentales, lo cual puntualiza el potencial de incremento de la base genética del lulo, por esta vía, para programas de mejoramiento. También se encontró variabilidad para la actividad de la enzima poligalacturonasa, relacionada con vida de poscosecha de los frutos (Giraldo y Gil, 2004).

De igual manera, se reportó resistencia a patógenos, los que incluyen el nematodo *Meloidogyne incognita* en materiales derivados de hibridación interespecífica entre *S. hirtum* y *S. quitoense*, al igual que en los clones que conforman el cultivar La Selva, (Navarro *et al.*, 1985; Bernal *et al.*, 1998), el hongo *Phytophthora infestans* en el silvestre

relacionado *S. hirtum* (Lobo *et al.*, 2002), con una investigación de resistencia, en marcha, al mismo microorganismo en la especie cultivada (Zapata *et al.*, 2009, datos no publicados) y *Fusarium oxysporum* (Tamayo *et al.*, 2002b). Los estudios relacionados dan valor de opción y utilización al material de la especie y taxones relacionados, de la colección colombiana.

Premejoramiento

Con lulo se han realizado actividades de premejoramiento en el país, relacionadas con domesticación y ampliación de la base genética del taxón (Lobo, 2004, 2006). Lobo (2004, 2006) realizó un proceso de domesticación, a partir de una hibridación interespecífica entre *Solanum hirtum* y *S. quitoense* hecha por el profesor Charles Heiser de la Universidad de Indiana, lo que produjo adaptación a plena exposición solar y condujo a la entrega del cv. La Selva, luego de retrocruzamientos hacia la especie cultivada (Bernal *et al.*, 1998). Lobo y colaboradores (2002) iniciaron un proceso de ampliación de la base genética del lulo a través de cruzamientos interespecíficos entre 5 demes de *Solanum hirtum* y 10 poblaciones de *S. quitoense*, con retrocruzamientos hacia el taxón cultivado.

Mejoramiento

Lobo y colaboradores (2002) reportaron el empleo del material mejorado 'La Selva' para seleccionar, luego de una generación de polinización abierta, una planta con rajamiento reducido de los frutos y mayor tamaño de éstos, conocido como el clon Jalisco, el cual se multiplicó para evaluación en el país (Lobo, 2007).

También, se reporta un proceso de mejoramiento participativo, con agricultores, llevado a cabo por el CIAT y Corpoica, en el norte del departamento del Cauca, con clonación de plantas seleccionadas por los productores y devolución a éstos del material, para su evaluación (Lobo, 2004).

Como puede colegirse, la oferta de materiales mejorados es escasa, con un solo cultivar desarrollado en el país y un proceso de creación de una base genética amplia para apoyar los esfuerzos de mejoramiento, el cual se ha canalizado a lulos para procesamiento. En el caso de fruta fresca, el trabajo participativo del departamento del Cauca sirve como modelo para otras áreas de Colombia. Para lo anterior, es importante contar con un arquetipo de planta para la actividad de selección de materiales. La única referencia es la propuesta hecha por Lobo (2000), quien incluyó entre los atributos a buscar: ausencia de espinas, hábito de crecimiento erecto, cuajamiento elevado de frutos y baja actividad de las enzimas poligalacturonasa y polifenoloxidasas en las bayas. Adicionalmente, el autor señaló que la arquitectura de la planta amerita un

estudio más detallado por parte de los fisiólogos y que se requiere conocer la herencia y heredabilidad de los atributos importantes de ésta, para su inclusión en programas de mejoramiento con la especie.

Materiales sembrados en el país

La siembra de lulo se realiza con materiales locales llamados comúnmente lulo de Castilla (Chacón *et al.*, 1996; Cabezas y Novoa, 2000; Franco *et al.*, 2002; Gómez *et al.*, 2004; Ríos *et al.*, 2004a, 2004b), nombre aplicado a poblaciones sin espinas en el Valle del Cauca en contraste con el apelativo lulo, dado en Antioquia, Caldas, Cundinamarca, Cauca, Nariño y Valle del Cauca, a los que sí las exhiben (Romero, 1961).

Las publicaciones sobre la especie no citan variedades específicas (Chacón *et al.*, 1996), con algunas excepciones. Así, Calvo (1972) reportó recomendaciones sobre la siembra de las variedades 'san martín', 'castilla', 'titiribí', 'llanero' y 'silvestre', sin indicar la zona de adaptación de éstos y, Comunagro (2003) incluyó como variedades adaptadas al Huila, los materiales 'liso', 'espinoso', 'la selva' y 'chonto morado', las que exhiben pulpa verde o "aguapaneluda" (amarillenta). Pastrana (1998) formuló como criterios para la selección de materiales para la siembra, la demanda del producto, con preferencia de aquellos ácidos, con pulpa verde, por su menor oxidación, en comparación con los de pulpa amarillenta.

El único material mejorado distribuido en el país es el cultivar La Selva, el que exhibe adaptación a plena exposición solar, períodos de cosecha prolongados, alta capacidad productiva, atributos adecuados para el procesamiento, oxidación menor de los jugos (Bernal *et al.*, 1998) y resistencia a *Meloidogyne incognita*, raza 2 (Bernal *et al.*, 1998) y a *Fusarium oxysporum* (Tamayo *et al.*, 2002b).

Oferta de material para la siembra: semillas sexuales y vegetativas

La siembra se realiza en el país por medio de semilla sexual de materiales locales (Lobo, 2004), producida y distribuida por agricultores sin normas de certificación alguna. Pastrana (1998) recomienda semillas de frutos seleccionados madurados en plantas sanas, sin síntomas de cáncer bacterial (*Corynebacterium* sp.).

En el caso del cv. La Selva, el material para la siembra es producido por laboratorios de cultivo de tejidos, en los cuales se debe hacer una mezcla balanceada de los tres clones componentes de éste. Para ello, Del Corral (1998) desarrolló un protocolo in vitro para este cultivar. Igualmente, Valencia y Fernández (1998), Betancourt (2003) y Lentini (2005) reportaron procedimientos para su multiplicación masiva.

Bernal y colaboradores (1996) y Franco y colaboradores (2002) informaron que la propagación del lulo también puede realizarse por medios vegetativos: chupones, estacas e injertos, con posibilidades de empleo de los taxa *Solanum torvum*, *S. umbellatum* y *S. marginatum* como patrones.

Investigaciones relacionadas con material para la siembra

Lobo (1988) presentó resultados de investigaciones diversas realizadas con semillas de lulo. El autor reportó relaciones positivas entre el peso de la simiente y el del fruto; 21 °C como temperatura óptima de germinación, mayor emergencia de embriones al extraer éstas por fermentación; presencia de latencia y tolerancia a su almacenamiento a bajas temperaturas. Cárdenas y colaboradores (2004) indicaron que no había diferencia en el grado de germinación en las semillas extraídas de bayas con 25% a 50% de desarrollo de pigmentos carotenoides en la cáscara y que ésta exhibía fotolatenencia, la cual se rompía con un régimen de temperatura fluctuante de 12 horas a 28 °C y 12 horas a 24 °C.

COMPONENTE AMBIENTAL

Ecología

Diversos escritos sin sustento investigativo señalan que el lulo es una planta con adaptación al bosque húmedo montano y montano bajo (Bernal *et al.*, 1996) y comportamiento satisfactorio en la zona marginal cafetera (Galvis y Herrera, 1999). También se ha señalado que es una planta de días cortos, que exhibe su mejor desarrollo en sitios sombreados, cerca a corrientes de agua (Bernal *et al.*, 1998), a temperaturas entre 15 °C y 24 °C, con un óptimo de 20 °C (Bernal *et al.*, 1996; Galvis y Herrera, 1999; Reina *et al.*, 1998; Tamayo *et al.*, 2002a; Franco *et al.*, 2002). Se afirma que requiere suelos húmedos, profundos y con buen drenaje (Ávila y Albornoz, 1971; Alzate, 1982; Meneses y Correa, 1992; Bernal *et al.*, 1996; Galvis y Herrera, 1999; Franco *et al.*, 2002).

Ambiente de siembra

La planta se siembra bajo sombrío, con socola del bosque, o a plena exposición solar; en este caso se presenta una reducción del período productivo, aspecto atribuido al incremento de la actividad fotosintética y al debilitamiento rápido de la planta, por ser originaria del sotobosque (Lobo, 1991; Bernal *et al.*, 1996). Eraso (1991) indicó como rango para la siembra del lulo altitudes entre 1600 y 2450 msnm y que por encima de la última cifra las plantas exhibían ramificación excesiva.

Prácticas de manejo del cultivo

La literatura sobre la especie recomienda distancias de siembra y da criterios para éstas, como son la topografía

del terreno, el manejo del cultivo y la humedad relativa del lugar, la cual debe ser baja (Pastrana, 1998; Revista El Agro, 1955; Ávila y Albornoz, 1971; Calvo, 1972; López, 1974; Bernal *et al.*, 1996; Tamayo *et al.*, 1999; Franco *et al.*, 2002); lo anterior no es el resultado de procesos de investigación, y tampoco se refiere a materiales específicos.

Con relación a la poda, Gómez y colaboradores (2005), en un trabajo realizado con el cv. La Selva en el cual se comparó la poda y no poda, reportaron diferencias en cuanto al número de hojas y flores y la acumulación de materia seca, entre ambos procedimientos, sin diferencias significativas en la productividad. Diversos tratadistas recomiendan realizar podas de formación y mantenimiento (Bernal *et al.*, 1996; Pastrana, 1998; Franco *et al.*, 2002), sin mencionar un sustento experimental.

También se ha indicado la necesidad del aporque en los cultivos de lulo, para evitar el volcamiento, en especial en la etapa de producción, con sugerencias sobre la frecuencia y época de la labor (Lobo *et al.*, 1983; Calvo, 1983; Bernal *et al.*, 1996), sin soporte de estudio alguno. Igualmente, existen escritos sobre el tutorado y el amarre de las plantas, durante la época de producción, con algunos aspectos a considerar para la realización de la labor (Franco *et al.*, 2002; Bernal *et al.*, 1998) y la mención específica de la importancia de la práctica en el cv. La Selva, por su tamaño y producción elevada (Franco *et al.*, 2002).

En el área de nutrición, los autores recalcan la importancia de la fertilización y su efecto en el rendimiento y la calidad de las bayas (Patiño *et al.*, 1986; Pastrana, 1998). Cano y colaboradores (2000), como resultado de experimentación, encontraron tamaños diversos de la fruta, relacionados con la época de aplicación de los nutrientes; Varela y colaboradores (2001), al evaluar el efecto de diversos nutrimentos en soluciones nutritivas, reportaron como orden de acumulación de éstos: $N > K > Ca > Mg > P$. Los autores informaron que la concentración alta de N conducía a rendimiento elevado y un área foliar mayor y que las dosis de K estaban relacionadas directamente con el desarrollo del follaje.

Otras investigaciones, en el tema precedente, fueron llevadas a cabo por parte de Cabezas y colaboradores (2002) en la Sabana de Bogotá, bajo cubierta plástica. Los autores elucidaron los síntomas causados por deficiencias de diversos nutrimentos, mediante la aplicación de la solución de Hoagland, con carencia de un nutrimento en cada tratamiento, en comparación con un testigo con todos ellos y otro absoluto. Los investigadores reportaron una susceptibilidad importante de la planta a las carencias de Mn, Mo y Cu y un efecto sinérgico de los elementos nutricionales, en la manifestación de síntomas de deficiencias.

Gordillo y Rengifo (2003) evaluaron en Versalles (Valle del Cauca) modalidades de fertilización, incluyendo hongos micorrizógenos, en el cv. La Selva, con reporte de respuestas positivas en cuanto al rendimiento y número de frutos por planta, al incrementar los niveles de aplicación. Franco y colaboradores (1998a) validaron con el mismo cultivar en Manizales (Caldas) el efecto de la fertilización foliar, en comparación con la edáfica y una combinación de ambas. Los autores indicaron una acción positiva con la aplicación mensual, complementaria, de los fertilizantes foliares, lo cual no es evidente según los datos y confiabilidad estadística presentados en el ensayo.

Autores diversos (López, 1974; Calvo, 1983; Meneses y Correa, 1992; Tamayo *et al.*, 1998, 1999, 2002a) confieren importancia a la aplicación de materia orgánica, por su efecto en la producción, con recomendaciones variables sobre dosis, épocas y sistemas de suministro, de acuerdo con la zona geográfica de establecimiento del cultivo. En el contexto, se han formulado recomendaciones sin diferenciar el tipo de materia orgánica; Así, Tamayo y colaboradores (2002a) aconsejaron aplicar las mismas cantidades de gallinaza, porquinaza o champiñonaza al cultivo.

La literatura sobre aplicación de fertilizantes indica diferentes dosis, balances de elementos y forma de aplicación (López, 1974; Calvo, 1983; Meneses y Correa, 1992; Bernal *et al.*, 1996; Leal, 1996; Tamayo *et al.*, 1998, 1999, 2002a; Franco *et al.*, 1998b; Ramírez, 1999; Cano *et al.*, 2000) sin sustentos de investigación en la mayoría de los casos. Al respecto, Bernal y colaboradores (1996) señalaron que las recomendaciones deben considerar las condiciones del suelo en cada sitio y el manejo que se le ha dado a éste previamente.

Otros escritos sobre fertilización aconsejan el encalamiento del suelo, a pH inferior a 5,2 (Franco *et al.*, 2002; Tamayo *et al.*, 2002a) y la aplicación, al momento de la siembra, de biopreparados como caldo supermagro con elementos menores, bocashi y hongos micorrizógenos (Tamayo *et al.*, 2002a).

El tema de arvenses y su control es común en las publicaciones sobre el cultivo del lulo. Gómez y colaboradores (2000) y Gómez y Torres (2001), producto de procesos de investigación con el cv. La Selva realizados en el Eje Cafetero, reportaron pérdidas hasta de 75% por el efecto de competencia con arvenses. Gómez y Torres (2001) indicaron que el número de bayas cosechadas por inflorescencia, el peso promedio de éstas y la productividad total fueron afectados por la presencia de arvenses. Al respecto, Franco y colaboradores (2002) señalaron, en estudios realizados en la misma zona, que la época crítica de competencia de los arvenses corresponde a la etapa de establecimiento hasta los 6 meses del cultivo.

Se ha reportado un número importante de plagas y enfermedades en la especie. Esto ha conllevado a una aplicación elevada de pesticidas, que pueden acumularse en los frutos (Tamayo *et al.*, 2002c) y dificultar la exportación de éstos (Morales *et al.*, 2002). La reseña incluye 11 insectos plaga: 5 del follaje, 2 de flores y 4 en el tallo (Franco *et al.*, 2004), a los que se adiciona, como plaga de la raíz, la “perla de tierra” *Eurhizococcus* spp. (Castrillón *et al.*, 1998). De los problemas anteriores, el más importante, según Muñoz y colaboradores (1991), es el pasador del fruto (*Neoleucinodes elegantalis*), insecto que ha sido estudiado en Colombia. Díaz (2009), en investigaciones realizadas con este insecto, encontró cuatro grupos del mismo, tres especies relacionadas no reportadas en el país, clasificó un taxón nuevo y definió hospedantes silvestres de la plaga, relacionados con el lulo.

Cabe señalar que desde hace varias décadas se han descrito controladores biológicos diversos de los insectos plaga (Sánchez, 1973; Corrales, 1996; Franco *et al.*, 2002), los cuales no se mencionan en la mayoría de publicaciones sobre el cultivo del lulo.

También, Almanza y colaboradores (2006) reportaron, como resultado de investigaciones, el efecto benéfico del abejorro *Bombus atratus*, el cual produjo un incremento en productividad de 38% en plantas polinizadas por éste.

En cuanto a problemas patológicos, se han descrito 12 enfermedades; 4 causadas por hongos, 4 por bacterias, 1 por fitoplasmas y 3 por nemátodos (Galvis y Herrera, 1999; Tamayo *et al.*, 2001a y 2002c; Tamayo, 2001b; Múnera, 2004), a las cuales se adicionó un potivirus, detectado con técnicas moleculares (Vaca *et al.*, 1999). Igualmente, se ha reportado la presencia de 6 patógenos en poscosecha, 5 hongos y 1 bacteria (Botero *et al.*, 1999; Tamayo *et al.*, 2002c); sobre estos últimos, no se encontraron en la literatura estudios para su prevención y control. A lo anterior se adiciona la presencia de problemas abióticos atribuidos a sobredosis de Zn y Cu (Pastrana, 1998) y deshojes severos (Tamayo *et al.*, 2001a).

La incidencia de patógenos se ha señalado como causal de la falta de incremento en el área sembrada con lulo en el país (Corrales *et al.*, 1999), pese a ser un cultivo rentable, lo que ha conducido a una agricultura trashumante con la especie (Lobo, 2000). Esto se deriva de la falta de protocolos de manejo integrado de las enfermedades, incluyendo el componente de resistencia genética, con referencias escasas al respecto, las que incluyen resistencias al nematodo *Meloidogyne incognita* raza 2 (Múnera, 2004; Tamayo *et al.*, 2002c) y a *Fusarium oxysporum* (Tamayo *et al.*, 2002c), ambas en el cv. La Selva (Tamayo *et al.*, 2001b).

COMPONENTE GENOTIPO X AMBIENTE

En este acápite se incluyen estudios del comportamiento de genotipos en ambientes diferentes y estudios de comportamiento fisiológico en lugares específicos. Esto último, es el primer paso para estudiar el comportamiento con relación a un conjunto de condiciones, debidamente categorizadas, para luego extender la investigación a diversos ambientes y de esta forma evaluar las normas de reacción relacionadas con adaptabilidad y plasticidad fenotípica; las que se definen como: la capacidad de un organismo de producir fenotipos diferentes en respuesta a cambios en el ambiente (Gianoli, 2004).

Adaptación de genotipos

Las únicas investigaciones ubicadas fueron los trabajos de adaptación del cv. La Selva, y procesos en marcha de evaluación que incluyen un material derivado de éste y clones provenientes de hibridación interespecífica. En el primer estudio se evaluó el comportamiento individual de los 3 clones que conforman el cv. La Selva, en 12 localidades entre los 1150 y 2300 msnm, de Antioquia, Caldas, Cundinamarca, Huila y Valle del Cauca, en comparación con testigos locales de lulo “castilla”. Los resultados de adaptación condujeron a la liberación del cultivar, integrado por una mezcla balanceada de los clones evaluados, con productividad elevada, períodos de cosecha prolongados, calidad de la fruta para procesamiento y adaptación amplia (Bernal *et al.*, 1998); esto último se atribuyó al aporte genético del parental silvestre *S. hirtum*, especie que según Whalen y colaboradores (1981) exhibe la mayor dispersión ecológica entre los taxones silvestres relacionados con el lulo.

Estudios ecofisiológicos

Se ha postulado que los intentos para establecer las zonas productivas del país, donde cada especie expresa mejor su potencial genético, generalmente no incluyen estudios ecofisiológicos básicos que permitan establecer una zonificación racional dirigida a lograr la máxima eficiencia en el uso de los recursos, proteger el suelo y el agua, y al desarrollo de una agricultura sostenible y competitiva (Fischer, 2000; Gómez *et al.*, 2005).

La investigación sobre parámetros fisiológicos del lulo es relativamente reciente y está relacionada con: efectos de la irradiación lumínica, desarrollo foliar y relación fuente-vertedero; área foliar; etapas fenológicas; altura y diámetro del tallo de la planta; crecimiento y desarrollo, y estudios bioquímicos y del intercambio gaseoso. Adicionalmente, hay otra serie de informaciones sobre el tema que carecen de respaldo de estudios o que no los citan.

En Boyacá, Velásquez y Robles (1991) evaluaron dos sistemas agroforestales con dos poblaciones de lulo con

y sin espinas sembradas, entre pino (*Pinus patula*) en los municipios de Almeida y Somondoco, y eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en Garagoa; y la siembra con malla polisombra de dos densidades en otro lugar de Almeida, con adición de testigos a plena exposición solar en todos los ensayos. La discusión de resultados tiene como falencia que se basó en comparaciones entre los sistemas de siembra, lo cual no tiene confiabilidad por estar ubicados en localidades diferentes.

En estudios realizados por Franco y colaboradores (1998) en Caldas y Aguirre y colaboradores (2006) en el Oriente Antioqueño reportaron una productividad mayor con el cv. La Selva, a plena exposición solar, en comparación con la siembra bajo sombrío. Lo anterior apoya la hipótesis planteada por Lobo (2002, 2004) que el proceso de hibridación interespecífica realizado con la especie silvestre *Solanum hirtum* para la obtención del cv. La Selva condujo a adaptación a plena exposición solar. Aguirre y colaboradores (2006) también comunicaron en su estudio un desarrollo morfológico mejor de las plantas del cv. La Selva entre 55% y 100% de irradiación, en comparación con materiales con y sin espinas, los cuales exhibieron desarrollo superior en niveles de irradiación de 55%, en el estudio llevado a cabo en Antioquia.

Cabezas y Novoa (2000) estudiaron el efecto de la remoción de hojas y frutos en la relación fuente demanda en lulo en el Valle de Tenza, Boyacá. Los autores señalaron que las plantas se podían defoliar hasta dos hojas por inflorescencia sin detrimento en la calidad y la producción y recomendaron dejar cuatro frutos por inflorescencia. Los experimentadores afirmaron que una hoja activa y sana puede ser responsable del llenado de hasta ocho frutos, conclusión que no es respaldada claramente por los resultados presentados.

Gordillo y Rengifo (2003), en una investigación llevada a cabo en Versalles (Valle del Cauca), desarrollaron ecuaciones de predicción para el área foliar, con base en el largo y ancho máximo de la hoja; los autores encontraron que el lulo 'La Selva' presentaba menor tamaño de las hojas y mayor número de éstas en comparación con el lulo 'Castilla', lo que se atribuyó a un efecto compensatorio del área foliar requerida para abastecer las necesidades de fotoasimilados.

Benítez y colaboradores (1998), como resultado de un estudio del desarrollo del área foliar en el Valle del Cauca, concluyeron que los periodos de renovación de las estructuras foliares del lulo son afectados por los cambios en el área foliar y que estos son producidos por variaciones en el número de láminas foliares y el tamaño de éstas. Los investigadores, señalaron que cada hoja pasa por un

periodo de elongación de la lámina, con modificaciones permanentes en el área foliar, lo que depende del estado fitosanitario de la planta, las cosechas anteriores y la disponibilidad de elementos nutritivos minerales presentes en la solución del suelo.

Medina (2003) realizó un estudio del desarrollo del dosel, en condiciones de plena exposición solar, con un material con espinas y otro sin espinas, en el Oriente Antioqueño; la investigadora encontró en ambas poblaciones un incremento activo de área foliar en el tercio superior de la planta, lo que atribuyó a la necesidad de una mayor superficie de absorción y distribución de la luz; igualmente, reportó una expansión activa de las láminas foliares en el estrato medio y diferencias, entre los dos materiales para el desarrollo del follaje, como un todo. La autora señaló que la población con espinas, con mayor adaptación a sombrío, no logró la máxima área foliar, en contraste con la sin espinas que exhibió un desarrollo ontogénico más acelerado por su mayor adaptación a condiciones de irradiación sin sombrío. Concluyó que el dosel del lulo presentaba un modelo dinámico de formación de follaje en el tercio superior, el cual -con el crecimiento del vegetal- pasa al tercio medio y luego al tercio inferior, en el que por efecto de la senescencia se caen las hojas. La investigadora indicó que la fotosíntesis máxima se produce en el tercio medio y que en las hojas del tercio inferior no se detecta esta actividad.

Con relación a los estudios del dosel, se ha indicado que el área foliar es un parámetro ampliamente utilizado en estudios de ecofisiología de cultivos (Coombs y Hall, 1982 citados por Astegiano *et al.*, 2001), y es un determinante de la fotosíntesis en poblaciones vegetales, por lo que su elucidación es fundamental para conocer el potencial de crecimiento (Barclay 1988). Al respecto, Cayón (2001) señaló que el crecimiento y desarrollo de un cultivo depende, fundamentalmente, del desarrollo progresivo de su área foliar, lo que le permite utilizar más eficientemente la energía solar en el proceso de fotosíntesis.

Hernández y Martínez (1993) realizaron un estudio fenológico en lulo en San Francisco, Cundinamarca; indicaron que el inicio de la fase reproductiva ocurrió a los 98 días después de la siembra, con la aparición del primer cojín reproductivo en la planta; el segundo cojín se presentó a los 14 días del primero y luego se produjeron cada 14 a 21 días. En el estudio se encontró que el desarrollo total del fruto dura alrededor de 126 días y que a partir de este momento se inicia el proceso de maduración, el que dura cerca de dos semanas, tiempo en el que las bayas adquieren los atributos requeridos para su consumo.

Medina y colaboradores (2004) encontraron, con poblaciones de lulo con y sin espinas en condiciones del Oriente

Antioqueño, que la fase reproductiva comenzó a los 100 días después del trasplante y finalizó con la cosecha de los frutos maduros. Afirman que la medida en tiempo de las etapas ontogénicas hay que referenciarla con el ambiente, el genotipo y las interacciones entre estos factores, por lo que es recomendable reportar éstas con base en variables fenológicas como unidades de calor, precipitación e irradiación acumuladas.

Hernández y Martínez (1993) estudiaron el crecimiento de las bayas de lulo en San Francisco, Cundinamarca y encontraron que el desarrollo de éstas se ajustó a modelos logarítmicos-polinomiales de cuarto grado ($R^2 = 0,98$), para los crecimientos longitudinal y transversal. Indicaron que durante la primera etapa del crecimiento del fruto se obtuvo la mayor velocidad de desarrollo, la cual se redujo posteriormente y una subsiguiente reactivación del crecimiento durante un corto tiempo.

La altura de la planta fue estudiada por Benítez y colaboradores (1998) en el Valle del Cauca y Medina (2003) en el Oriente Antioqueño, con materiales de lulo con y sin espinas variedades botánicas *septentrionale* y *quitoense* (sensu Whalen *et al.*, 1981), en condiciones de plena iluminación. Los autores encontraron que el material sin espinas tendía a ser más alto que el de con espinas. Al respecto, Lobo (2000) indicó que los genotipos con espinas, por ser más primitivos, se desarrollan mejor en condiciones de sombrío, por ser el hábitat en el que se encuentran en forma espontánea.

En relación con estudios de crecimiento y desarrollo, Medina y colaboradores (2004) en una experimentación realizada con dos materiales de las variedades botánicas *septentrionale* y *quitoense* (con y sin espinas) en condiciones de plena exposición solar, en el Oriente Antioqueño, señalaron que los patrones de crecimiento se ajustaron a modelos sigmoides, típicos de los seres vivos, con mayor ajuste por parte del ecotipo sin espinas, el cual tiene una mayor adaptación a condiciones de iluminación. En otra investigación realizada bajo malla polisombra en Cajicá, Cundinamarca, Cruz y colaboradores (2007) indicaron que el curso del crecimiento de las hojas, el tallo principal, los racimos, y la tasa de producción de hojas y de botones florales se ajustaban a modelos exponenciales y lineales.

Medina (2003) evaluó el desarrollo del tallo en ecotipos de las variedades botánicas *septentrionale* y *quitoense*, en Rionegro, Antioquia; la autora encontró un comportamiento sigmoidal para el curso del diámetro de tallo, registrado a 50 centímetros de suelo en los dos ecotipos, lo que la condujo a indicar que la planta busca establecer un sistema adecuado de soporte no sólo en altura, sino también en cuanto a envergadura del tallo, para evitar

volcamiento y sostener y exponer una superficie foliar adecuada para la captura de la luz y la realización del intercambio gaseoso (CO_2 , O_2 y vapor de H_2O).

Medina y colaboradores (2006) reportaron estudios bioquímicos en lulo, con dos ecotipos con espinas, CE, y sin espinas, SE, llevados a cabo en el Oriente Antioqueño. En ellos, el lulo CE presentó mayores contenidos de proteína total y actividad de Rubisco y PEPcarboxilasa, en comparación con el material SE. Los autores reportaron que los contenidos de clorofila a, b, total y la relación a/b fueron superiores en la época del trasplante, lo cual se atribuyó a que las plantas en esta etapa tienen un área fotosintética reducida, con una alta concentración del pigmento; los investigadores realizaron medidas puntales de fotosíntesis, con altos valores en la etapa vegetativa y una baja significativa de ésta en la etapa reproductiva; las tasas fotosintéticas encontradas permitieron concluir que el lulo es una planta del sotobosque, con comportamiento C3.

Casierra y colaboradores (2000), en condiciones protegidas, estudiaron la respuesta diferencial a diversas concentraciones de NaCl, lo cual los llevó a postular que el lulo exhibía una tolerancia moderada a la salinidad. Por su parte, Flórez y colaboradores (2008a, 2008b), en estudios llevados a cabo bajo invernadero, señalaron que el incremento en la concentración de NaCl disminuía el crecimiento, el área foliar y la acumulación de materia seca total en las plantas.

CONCLUSIONES

Tomando como referente la información presentada sobre área de siembra, proyección de crecimiento y demanda insatisfecha, lo que conduce a su importación desde Ecuador, se puede colegir que el lulo es una planta con importancia actual en Colombia, por lo cual ya no puede categorizarse como promisoría.

El desarrollo sostenible de la especie implica un soporte tecnológico con visión integral de la función productiva, con un modelo productivo que involucre la utilización de genotipos eficientes, con tolerancia a factores abióticos y bióticos y con un compromiso entre la adaptación general y la adaptación específica.

Es importante hacer un análisis de la información existente, para plantear un programa de investigación, con consideración integral de la función productiva, que corrija las falencias existentes y apoye el desarrollo sostenible de la producción de lulo.

La revisión realizada permite colegir la existencia de una literatura amplia sobre diversos tópicos de la función

productiva; en muchos casos corresponde a escritos sobre el cultivo de la especie, como resultado de la experiencia de los autores y de asistentes técnicos o de sus observaciones en las zonas de producción, sin respaldo de sustentos de investigación.

Un común denominador de la mayoría de los trabajos presentados es que no se ajustan al contexto de la función productiva. Así, no se reporta en forma clara el material específico para el cual se hace la recomendación, las condiciones ambientales en las cuales se realizó y la amplitud de estabilidad de las respuestas entre localidades diferentes.

Desde la óptica del componente genotípico, usualmente se siembran materiales de agricultor, por lo cual la solución de problemas bióticos y abióticos depende, en estos casos, casi exclusivamente del manejo del componente ambiental.

Se ha implementado un esfuerzo sistemático de oferta de materiales mejorados, lo cual partió de la entrega del cultivar La Selva, la conformación de una colección de la especie y taxones relacionados, con realización de procesos de valor agregado y el desarrollo de una base genética amplia.

Se han iniciado procesos de mejoramiento participativo, con comunidades locales de productores en el departamento del Cauca, modelo que es importante transferir a otras zonas del país.

Los materiales para la siembra provienen de canales informales: extracción local de semilla y venta de plántulas por parte de cultivadores y en el caso del cv. La Selva, de clonación de éste en laboratorios de cultivo de tejidos o multiplicación vegetativa por algunos productores, sin normas de certificación que aseguren la identidad genética y la calidad fisiológica y sanitaria de semilla o los propágulos a sembrar.

La selección del ambiente para la siembra se basa en las observaciones de los lugares en que se encuentran los

cultivos, sin respaldos ecofisiológicos ni consideración de la variabilidad genotípica en cuanto a la adaptación.

Las recomendaciones sobre prácticas culturales se derivan de los resultados obtenidos previamente, sin considerar el genotipo, su fisiología y la interacción de éste con el ambiente.

Hay un esfuerzo en investigación sobre fertilización, plagas y enfermedades del cultivo, el cual debe incluirse en un modelo de manejo integrado, considerando los tres componentes de la función productiva, aspecto igualmente válido para las otras prácticas culturales.

Con relación a la interacción genotipo ambiente, éste es un campo deficitario. Al respecto, son escasas las evaluaciones de materiales para recomendaciones del área de adaptación, con excepción del proceso realizado con el lulo 'La Selva' para su entrega, las evaluaciones de los materiales seleccionados en el norte del departamento del Cauca, con enfoque de mejoramiento participativo y las de clones derivados de hibridación interespecífica, en proceso.

Se ha incursionado en el campo de la fisiología y ecofisiología, aspecto básico para el diseño de sistemas productivos que consideran el sitio de investigación, categorizado en sus componentes ambientales, la respuesta al manejo de las prácticas culturales, la plasticidad fenotípica y la adaptación de los materiales de siembra.

Es importante, tomando en consideración que el lulo es una planta de sotobosque, el desarrollo de investigación sobre sistemas de producción agroforestales sostenibles y ambientalmente sanos.

La información recabada, complementada con un análisis crítico es valiosa para el planteamiento de un programa de investigación sobre el lulo, referente a la función productiva. Esto debe complementarse con estudios de poscosecha y el procesamiento, enmarcado lo anterior en una visión de agricultura sostenible y en las necesidades de toda la cadena producción-mercadeo-procesamiento-consumo.

REFERENCIAS

- Aguirre JJ, Jaramillo S, Martínez E, Lobo M, Medina C. 2006. Incidencia de la radiación lumínica en el desarrollo vegetativo y reproductivo del lulo (*Solanum quitoense* Lam.). En: Memorias VI Seminario Internacional de Frutas Tropicales, Manizales, p. 1-20.
- Almanza MT, Rodríguez M, Chavarro N, Cure J, Wittmann D. 2006. Efecto de la polinización con abejorros nativos (*Bombus atratus*) en el cultivo del lulo (*Solanum quitoense* Lam.). En: Memorias Primer Congreso Colombiano de Horticultura, Bogotá, p. 47-66.
- Alzate B. 1982. El cultivo del lulo (*Solanum quitoense* L.) en Colombia. En: Memorias Primera Conferencia Internacional de naranjilla o lulo. Quito, Ecuador, pp. 46-51.
- Arias F, Tamara L, Arbeláez F. 2006. Apuesta exportadora agropecuaria 2006-2020. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, República de Colombia, Bogotá, 119 p.
- Astegiano ED, Favaro JC, Bouzo CA. 2001. Estimación del área foliar en distintos cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) utilizando medidas foliares lineales. Investigación Agrícola: Producción y Protección Vegetal 16(2):249-256.
- Ávila RH, Albornoz E. 1971. El cultivo de lulo o naranjilla. Carta Agraria No. 248. sp.
- Barclay HJ. 1988. Conversion of total leaf area to projected leaf area in lodgepole pine and Douglas-fir. Tree Physiology 18:185-193.
- Benítez A, Valencia J. 1988. Caracterización fenotípica de algunas introducciones del banco de germoplasma de lulo (tesis Ingeniería Agronómica). Universidad Nacional, Palmira, Colombia, 114 p.
- Bernal J, Córdoba O, Franco G, Londoño M. 1996. El cultivo del lulo (*Solanum quitoense* Lam.) En: Memorias Primer Seminario Frutales de Clima Frío Moderado, Manizales, p 43-52.
- Bernal J, Lobo M, Londoño M. 1998. Documento de presentación del material Lulo 'La Selva'. Corpoica, Rionegro, Antioquia, Colombia, 77 p.
- Betancourt M. 2003. Propagación in vitro del lulo 'La Selva' (*Solanum quitoense* Lam. X *Solanum hirtum*). Boletín Investigaciones de Unisar 1(2):27-28.
- Bohs L. 2004. A chloroplast DNA Phylogeny of *Solanum* Section Lasiocarpa. Economic Botany 29:177-187.
- Botero MJ, Franco G, Castaño J, Ramírez MC. 1999. Principales enfermedades en postcosecha asociadas a cultivos de lulo, manzano, mora y tomate de árbol. Sena, Corpoica, Universidad de Caldas, Manizales, 69 p.
- Cabezas M, Novoa D. 2000. Efecto de la remoción de hojas y frutos en la relación fuente demanda en lulo (*Solanum quitoense* Lam.). En: Memorias III Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado, Medellín, p. 69-75.
- Cabezas M, Botía T, Medina LM. 2002. Determinación de síntomas de deficiencia inducida de nutrientes en lulo (*Solanum quitoense* Lam.). En: Memorias IV Seminario Nacional de Frutales de Clima Frío Moderado, Medellín, p. 176-181.
- Calvo D. 1972. El lulo y su cultivo. Revista Esso Agrícola 18(2):16-20.
- Calvo O. 1983. Otros cultivos: el lulo y su cultivo. El Cacaotero Colombiano (23):57-62.
- Cano DM, Muriel AM, Tamayo A, Bernal J, Hincapié M, Londoño M. 2000. Efecto del nitrógeno y el potasio en la calidad de los frutos de lulo 'La Selva' (*Solanum quitoense* x *Solanum hirtum*) En: Memorias III Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado, Manizales, p. 236-269.
- Cárdenas W, Zuluaga ML, Lobo M. 2004. Latencia en semillas de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (*Solanum betaceum*) Cav. Sendt) como aspecto básico para la conservación y el monitoreo de viabilidad de las colecciones. Plant Genetic Resources Newsletter 139:31-41.
- Casierra F, Ebert G, Ludders P. 2000. Efecto de la salinidad por cloruro de sodio sobre el balance de nutrientes en plantas de lulo (*Solanum quitoense* Lam.). Agronomía Colombiana 17:85-90.
- Castrillón C, Urrea CF, Guevara N, Rodríguez JE. 1998. Reacción de diferentes clones de lulo al ataque de perla de tierra (*Eurhizococcus* spp.) en zona de clima frío moderado del departamento de Caldas. En: Memorias II Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado, Manizales, p.153-160.
- Cayón G. 2001. Evolución de la fotosíntesis, transpiración y clorofila durante el desarrollo de la hoja de plátano (*Musa AAB* Simmonds). Infomusa 10(1):12-15.
- Chacón CA, Cardona MC, Ariza J. 1996. Caracterización físico-química de tres híbridos de lulo y lulo de castilla, producido bajo sol y sombra. En: Memorias Primer Seminario Frutales de Clima Frío Moderado, Manizales, p 81-87.
- Comunagro. 2003. El cultivo del lulo bien manejado nos saca adelante. Pronatta, 21 p.
- Cooper HD, Spillane C, Hodgkin T. 2001. Broadening the Genetic Base of Crops: An Overview. En: Cooper HD, Spillane C, Hodgkin T (eds.) Broadening the Genetic Base of Crop Production. Wallingford, New York, CABI Publishing, p 1-23.
- Corrales SP. 1996. Reconocimiento, identificación y efecto parasítico de los nematodos asociados con el cultivo del lulo *Solanum quitoense* Lam., en el departamento del Valle del Cauca (tesis Ingeniería Agronómica). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, 88 p.
- Corrales SP, Varón F, Becerra N. 1999. Reconocimiento de nematodos y efecto de *Meloidogyne* spp. en el cultivo del lulo *Solanum quitoense* Lam. Acta Agronómica 49(3/4):43-47.
- Cruz P, Acosta K, Cure JR, Rodríguez D. 2007. Desarrollo y fenología del lulo (*Solanum quitoense* var. *septentrionale*) bajo polisombra desde siembra hasta primera fructificación. Agronomía Colombiana 25(2):288-298.
- Del Corral AM. 1998. Propagación in vitro del lulo 'La Selva'. En: Memorias del Segundo Seminario de frutales de Clima Frío Moderado, Manizales, p 179-181.
- Díaz A. 2009. Caracterización morfológica de poblaciones de perforados del fruto *Neoleucidnodes elegantalis* (Genée) (Leptidoptera: Crambidae) asociadas a especies solanáceas cultivadas y silvestres en Colombia (tesis de maestría en Ciencias Agrarias, Área de énfasis Entomología). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 223 p.
- Enciso-Rodríguez F, Martínez R, Lobo M, Barrero LS. 2009. Genetic variation of the Solanaceae fruited species lulo and tree tomato revealed by Conserved Ortholog (COS II) markers. Genet. Mol. Biol. (Submitted).
- Eraso B. 1991. Ecological effects on the physiology of the lulo, *Solanum quitoense*. En: Hawkes JG, Lester RN, Nee M, Estrada N (eds.). Solanaceae III: Taxonomy, chemistry, evolution. Royal Botanical Gardens Kew and Linnean Society of London. Londres, p. 451-453.
- Estrada EI, García HE, García M. 1986. Colección y establecimiento de un banco de germoplasma en lulo *Solanum quitoense* Lam., y especies relacionadas en el suroccidente colombiano. En: Memorias III Seminario de Cultivos Promisorios, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, sp.
- Fischer G. 2000. Ecofisiología de frutales de clima frío moderado. En: Memorias III Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado, Manizales, p. 51-59.

- Flórez SL, Miranda D, Chaves B. 2008a. Dinámica de nutrientes en la fase vegetativa del cultivo del lulo (*Solanum quitoense* Lam.), en respuesta a salinidad con NaCl. *Agronomía Colombiana* 26(2):205-216.
- Flórez SL, Miranda D, Chaves B, Fisher G, Madnitskiy S. 2008b. Growth of lulo (*Solanum quitoense* Lam.) plants affected by salinity and substrate. *Rev Bras Frutic, Jaboticabal* 30(2):402-408.
- Fory P. 2005. Caracterización y análisis molecular de la diversidad genética de la colección colombiana de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y seis especies relacionadas de la sección *Lasiocarpa* (tesis de maestría en Ciencias). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, 78 p.
- Fory P, Sánchez I, Bohórquez A, Medina CI, Lobo M. 2004. Caracterización molecular de la colección colombiana de lulo (*Solanum quitoense* Lam.). En: *Memorias V Seminario Nacional e Internacional de Frutales, Manizales*, p. 443.
- Fory P, Sánchez I, Bohórquez A, Medina CI, Lobo M. 2005. Caracterización y análisis molecular de la diversidad genética de la colección de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y especies relacionadas de la sección *Lasiocarpa*. En: *Memorias IX Congreso de la Asociación Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos, Palmira*, p. 119.
- Fory P, Sánchez I, Bohórquez A, Ramírez H, Medina CI, Lobo M. 2009. Genetic variability of a Colombian collection of Lulo (*Solanum quitoense* Lam.) and related species of section *Lasiocarpa*. *Plant Genet. Resources Newsl.* (Submitted).
- Franco G, Ríos JL, Rodríguez JE, Guevara N, Morales J. 1998a. Evaluación del lulo 'La Selva' bajo condiciones de clima medio y diferentes dosis de fertilizante foliar. En: *Memorias II Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado, Manizales*, p. 185-189.
- Franco G, Ríos JL, Rodríguez JE, Guevara N, Morales J. 1998b. Evaluación de clones de lulo bajo dos sistemas de producción. En: *Memorias II Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado, Manizales*, p. 12-14.
- Franco G, Bernal J, Gallego JL, Rodríguez JE, Guevara N, Giraldo M, Londoño M. 2002. Generalidades del cultivo del lulo. En: Giraldo MJ y Franco G (eds.) *El cultivo del lulo*. Asohofrucol, Corpoica, Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola. 97 p.
- Franco G, Ríos G, Botero MJ, Romero M, Pérez JC, Gallego JL, Morales JE, Echeverri D. 2004. Identificación y especialización de plagas asociadas al cultivo del lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en el eje cafetero. En: *Memorias V Seminario Nacional e Internacional de Frutales, Manizales*, p. 19-27.
- Galvis JA, Herrera A. 1999. El lulo (*Solanum quitoense* Lam.) manejo postcosecha. Convenio SENA - Universidad Nacional - Instituto Colombiano de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA. Publicaciones Sena.
- García EH, García MA. 1985. Colección y establecimiento de un banco de germoplasma en lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y especies relacionadas en el suroccidente colombiano (tesis de Ingeniería Agronómica). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, 100 p.
- Gianoli E. 2004. Plasticidad fenotípica adaptativa en plantas. En: Cabrera HM (ed.) *Fisiología ecológica en plantas. Mecanismos y respuestas a estrés en los ecosistemas*. Departamento de Botánica, Universidad de Concepción, Chile, p. 13-25.
- Giraldo BE, Gil M. 2004. Cuantificación de la vida de almacenamiento de los frutos de *Solanum quitoense* Lam., y su relación con la actividad de la enzima poligalacturonasa (tesis de Ingeniería Agronómica). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 22 p.
- Gómez L. 1997. Enfermedades del cultivo del lulo en Tolima y Huila: Guía de reconocimiento y control. Corpoica, Nataima, Boletín Técnico, 36 p.
- Gómez LM, Torres WA. 2001. Estudio de competencia entre las arvenses y el cultivo del lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en la vereda Malteria, municipio de Manizales (Caldas) (tesis de Ingeniería Agronómica). Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Agronomía.
- Gómez C, Franco G, Gallego JL. 2005. Análisis de crecimiento de lulo 'La Selva' (*Solanum quitoense* Lam.), en condiciones del departamento de Caldas. *Revista Comalfi* 32(1):43-51.
- Gómez LM, Torres WA, Franco G, Cayón DG, Gallego JL. 2000. Estudio de competencia entre las arvenses y el cultivo de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en la zona de Manizales, Caldas. En: *III Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado, Manizales*, p. 285-289.
- Gómez CR, Rojas JM, Aristizábal GE, Peñuela AE, Chaparro MC, López A, Naranjo JM, 2004. Caracterización y normalización del lulo de castilla (*Solanum quitoense* Lam.). En: *Memorias V Seminario Nacional e Internacional de Frutales, Manizales*, p. 161-168.
- Gordillo OA, Rengifo JA. 2003. Caracterización fenotípica de cultivares de lulo (tesis de Ingeniería Agronómica). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, 127 p.
- Heiser CB. 1993. The naranjilla (*Solanum quitoense*), the cocona (*Solanum sessiliflorum*) and their Hybrid. En: Gustafson JP *et al.* (eds.) *Gene Conservation and Exploitation*. Plenum Press, Nueva York, p. 29-34.
- Heiser CB. 2000. The naranjilla *Solanum quitoense* and relatives after 38 years. *Plants and People. Society for Economic Botany Newsletter* 14:4-5.
- Heiser CB, Anderson G. 1999. "New Solanums" En: Janick J (ed.) *Perspectives on New Crops and New Uses*. ASHS Press, Alexandria, Virginia, USA, pp. 379-384.
- Hernández MS, Martínez O. 1993. Modelos de crecimiento para el fruto del lulo (*Solanum quitoense* Lam.). *Agricultura Tropical* 30(3):87-90.
- Leal A. 1996. El cultivo del lulo. *Asociación de Ingenieros Agrónomos del Valle -Asiava-* 53:1-8.
- Lentini Z. 2005. Informe del proyecto: Evaluación y transferencia a pequeños agricultores de métodos eficientes para la propagación in vitro. CIAT Transformación Genética. Meta 2. Biotecnología de Frutas.
- Lobo M. 1988. Investigaciones con semilla de lulo (*Solanum quitoense*). *Semillas* 13(2):17-20.
- Lobo M. 1991. Perspectivas de siembra del lulo o naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira. *Boletín Técnico* 2(2):125-130.
- Lobo M. 2000. Papel de la variabilidad genética en el desarrollo de los frutales andinos como alternativa productiva. En: *Memorias III Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado, Manizales*, p. 27-36.
- Lobo M. 2004. Recursos genéticos de especies frutales. En: *Memorias VIII Congreso Venezolano de Fruticultura*. Maracaibo, Venezuela, p. 1-13.
- Lobo M. 2007. Recursos genéticos y mejoramiento de frutales andinos. Una visión conceptual. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.* 7(2):40-54.
- Lobo M, Medina C. 2000. Lulo (*Solanum quitoense* Lam.). En: *Caracterização de Frutas Nativas da América Latina. Série Frutas Nativas. Edição Comemorativa do 30º aniversário da Sociedade Brasileira de Fruticultura*, p. 41-43.
- Lobo M, Girard E, Jaramillo J, Jaramillo G. 1983. El cultivo del lulo naranjilla. *ICA-informa* 17(2):10-21.
- Lobo M, Medina C, Delgado O, Zuluaga ML, Cardona M, Osorio A. 2002. Recursos genéticos de frutales andinos en el sistema de bancos de germoplasma del Estado colombiano. En: *Memorias IV Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado, CDTF, Medellín*, p. 43-54.

- Lobo M, Medina CI, Delgado AO, Bermeo A. 2007. Variabilidad morfológica de la colección colombiana de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y especies relacionadas de la sección *Lasiocarpa*. Rev. Fac. Agr. Medellín 60(2):3939-3864.
- López A. 1974. El cultivo de la naranjilla. Revista Esso Agrícola (Colombia), 120(3):20-28.
- Marín R, Hernández M. 1988. Colección, descripción preliminar y montaje de un banco de germoplasma de materiales de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y especies relacionadas (tesis Ingeniería Agronómica), Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 45 p.
- Medina CI. 2003. Estudio de algunos aspectos fisiológicos del lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en el bosque húmedo montano bajo del oriente antioqueño (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencias Agronómicas, Medellín, 249 p.
- Medina CI, Lobo M, Martínez E, Riaños N. 2004. Estudios fisiológicos del lulo en el bosque húmedo montano bajo del oriente antioqueño. I. Crecimiento y desarrollo. En: Memorias V Seminario Nacional e Internacional de Frutales, Manizales, p. 455.
- Medina CI, Martínez E, Lobo M, López JC, Riaños NM. 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. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 59(1):3123-3146.
- Meneses A, Correa J. 1992. El cultivo del lulo o naranjilla. Secretaría de Agricultura, departamento de Antioquia, 40 p.
- Morales JE, López FJ, Pérez JC, Ríos G, Echeverry DI, Murillo MA. 2002. Evaluación agronómica del cultivo del lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en la región central cafetera de Colombia. En: Memorias IV Seminario Nacional de Frutales de Clima Frío Moderado, Medellín, p. 319-325.
- Múnera GE. 2004. Algunas investigaciones realizadas por Corpoica sobre nematodos asociados con lulo, tomate de árbol y granadilla, quinquenio 1998-2003. En: Memorias V Seminario Nacional e Internacional de Frutales, Manizales, p. 194-207.
- Muñoz E, Serrano A, Pulido JJ, De la Cruz L. 1991. Ciclo de vida, hábitos y enemigos naturales de *Neoleucinodes elegantalis*, pasador del fruto del lulo en el Valle del Cauca. Acta Agronómica, Palmira, p. 99-104.
- National Academy of Sciences. 1975. Underexploited Tropical Plants with Economic Value. Washington, p. 62-72.
- Navarro R, Tamayo PJ, Lobo M. 1985. Resistencia genética a *Meloidogyne incognita* en lulo. Ascolfi Informa 11(4):32-33.
- Pastrana E. 1998. Manejo post-cosecha y comercialización de lulo (*Solanum quitoense* Lam.). Serie de paquetes de capacitación sobre manejo post-cosecha de frutas y hortalizas No. 11. Programa Nacional del Sena de capacitación en manejo post-cosecha y comercialización de frutas y hortalizas, Convenio SENA - Reino Unido, Armenia, 396 p.
- Patiño H, Nordhorst C, Pardo L, Figueroa P, Collazos H, Jordan A, Van Beem J. 1986. Experiencias preliminares en el desarrollo de líneas de investigación y posibilidades para el manejo agroecológico del cultivo del lulo (*Solanum quitoense* Lam.). En: Memorias III Seminario de Cultivos Promisorios, Medellín, sp.
- Popenoe W. 1924. Economic fruit-bearing plants of Ecuador. Contributions U.S. National Herbarium 24(5):101-134.
- Ramírez G. 1999. Manual de agricultura orgánica. 4a. ed. Buga, Valle del Cauca, Colombia, Agricultura orgánica. Litobuga Impresores, 151 p.
- Reina CE, Araújo CA, Manrique I. 1998. Manejo de postcosecha y evaluación de la calidad del lulo (*Solanum quitoense* Lam.) que se comercializa en la ciudad de Neiva (tesis de Ingeniería Agrícola) Universidad Sur Colombia, Neiva, 128 p.
- Revista Agropecuaria El Agro. 1955. La naranjilla. 2(4):18-22, Quito.
- Richards CM, Antolin MF, Reilley A, Poole J, Walters C. 2007. Capturing genetic diversity of wild populations for *ex situ* conservation: Texas wild rice (*Zizania texana*) as a model. Genet Resour Crop Evol 54:837-848.
- Ríos G, Rodríguez JL, Franco G. 2002. Características socioeconómicas de los productores de lulo. En: Giraldo MJ, Franco G (eds.) El cultivo del lulo. Manual Técnico. Asohofrucol, Corpoica, Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola, 97 p.
- Ríos G, Romero M, Botero MJ, Franco G, Pérez JC, Morales JE, Gallego JL, Echeverri DI. 2004a. Zonificación, caracterización y tipificación de los sistemas de producción de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en el eje cafetero. En: Memorias V Seminario Nacional e Internacional de Frutales, Manizales, p. 1-8.
- Ríos G, Romero M, Botero MJ, Franco G, Pérez JC, Morales JE, Gallego JL, Echeverri DI. 2004b. Zonificación, caracterización y tipificación de los sistemas de producción de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en el eje cafetero. Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu. 5(1):22-30.
- Romero CR. 1961. Frutas silvestres de Colombia. Vol 1. San Juan Eudes, Usaquén, Cundinamarca, 342 p.
- Romero CR. 1969. Frutas silvestres de Colombia. Vol II. Editorial Andes, Bogotá, 384 p.
- Sahaza D, Henao M. 2001. Evaluación y caracterización morfológica del lulo (*Solanum quitoense* Lam.) (tesis de Ingeniería Agronómica). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Medellín, 57 p.
- Sánchez G. 1973. Las plagas del lulo y su control. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Boletín Técnico No. 25. 26 p.
- Simmonds NW. 1962. Variability in Crops Plant: Its Use and Conservation. Biological Reviews 37:422-465.
- Tafur R. 2006. Propuesta frutícola para Colombia y su impacto en la actividad económica nacional, regional y departamental. En: Memorias Primer Congreso Colombiano de Horticultura, Bogotá, p. 47-66.
- Tamayo A, Hincapié M, Bernal J, Londoño M. 1998. Abonamiento orgánico y químico en el clon de lulo 'La Selva' a plena exposición solar en un andisol del oriente antioqueño. En: Memorias II Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado, Manizales, p. 161-165.
- Tamayo A, Bernal JA, Hincapié M, Londoño M. 1999. Frutales de clima frío moderado. Cartilla divulgativa Corpoica-Sena. C.I. La Selva, Rionegro, Antioquia, 8 p.
- Tamayo A, Cardona JH, Franco G, Bernal J. 2002a. Nutrición y fertilización del lulo. En: Giraldo MJ, Franco G (eds.) El cultivo del lulo. Manual Técnico. Asohofrucol, Corpoica, Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola, 97 p.
- Tamayo PJ, Navarro R, De La Rotta C. 2001a. Enfermedades del cultivo del lulo en Colombia: Guía de diagnóstico y Control. Boletín Técnico 9. Corpoica, Regional 4. Rionegro, Antioquia, 48 p.
- Tamayo PJ, Zapata JL, Bernal JA. 2001b. Conozca y controle el tizón o gota del lulo. Plegable de Divulgación 12. Corpoica, regional 4.
- Tamayo P, Becerra D, Giraldo B. 2002b. Resistencia genética del lulo 'La Selva' a *Fusarium oxysporum* En: Memorias IV Seminario Nacional de Frutales de Clima Frío Moderado, Medellín, p. 171-175.
- Tamayo P, Franco G, Botero MJ. 2002c. Plagas del cultivo del lulo y su manejo. En: El cultivo del lulo. Giraldo MJ, Franco G (eds.) Manual Técnico. Asohofrucol, Corpoica, Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola, 97 p.
- Torres ER. 1992. Caracterización preliminar de 124 introducciones de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y especies relacionadas en Chocontá, Cundinamarca (tesis de Ingeniería Agronómica). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 91 p.

- Torres A. 2002. Inteligencia de mercados para lulo, mora y uchuva. En: Memorias IV Seminario Nacional de Frutales de clima Frío Moderado, Medellín, p. 326-331.
- Vaca J, Torres I, Peñaranda J, Aristizábal F. 1999. Identificación de potivirus presentes en plantas de lulo. Revista Colombiana de Biotecnología 2(2):9-14.
- Valencia OL, Fernández RJ. 1998. Ajuste de protocolo para medios de cultivo de frutales de clima frío, mora (*Rubus glaucus*), lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) En: Memorias II seminario de frutales de clima frío moderado. Manizales, p. 171-177.
- Varela JC, Velásquez JC, Mejía MS. 2001. Respuesta fisiológica del lulo (*Solanum quitoense* Lam.) a diferentes concentraciones de N, P, K, Ca y Mg en la solución nutritiva. Acta Agronómica 51(1/2):53-59.
- Velásquez MO, Robles H. 1991. Modelo de sistema agroforestal de lulo (*Solanum quitoense*) asociado con *Pinus patula*, *Eucalyptus globulus* y bajo malla polisombra (tesis de Ingeniería Forestal). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, 170 p.
- Whalen MD, Costich DE, Heiser CB. 1981. Taxonomy of *Solanum* section *lasiocarpa*. Gentes Herbarium 12(2):41-129.
- Zapata J. 1998. Caracterización morfológica y evaluación de lulo (*Solanum sessiliflorum* Dunal) en el departamento del Caquetá (tesis de Ingeniería Agronómica). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Agronomía, Medellín, 145 p.