

**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO, LA MORFOLOGÍA
FLORAL Y EL FRUTO DE CHILACUÁN (*Vasconcellea
cundinamarcensis* B.)**

**EVALUATION OF GROWTH AND THE FLORAL MORPHOLOGY
AND THE FRUIT OF CHILACUÁN
(*Vasconcellea cundinamarcensis* B.)**

Stefani David Meza¹, Karen Viviana Osorio Guerrero¹, Tulio César Lagos Burbano²

Fecha de recepción: 15 de marzo 2010

Fecha de Aceptación: 30 de octubre 2010

RESUMEN

Este trabajo se realizó bajo condiciones del altiplano de Pasto-Colombia, en el jardín de conservación de Chilacuán *V. cundinamarcensis* localizado en la Granja Experimental Botana a 2800 msnm. Los objetivos se enfocaron en la descripción y análisis de algunas etapas del desarrollo de la flor y el fruto, así como en la evaluación de aspectos relacionados con el crecimiento y la morfología de los mismos. Se seleccionaron 300 botones florales femeninos y masculinos menores a 8 mm, como etapa cero. Las variables de crecimiento fueron largo de cáliz, diámetro del cáliz, largo de corola, diámetro de corola, largo del pistilo, diámetro del pistilo, largo del ovario, diámetro del ovario, largo del filamento y el estilo, largo y ancho de las anteras, largo y diámetro ecuatorial del fruto. Estas fueron evaluadas cada 15 días y

¹ Egresado de Ingeniería Agroforestal. E-mail:tefadavid26@hotmail.com
Egresado de Ingeniería Agroforestal. E-mail:karenvivianaosorio@gmail.com

² Ph.D. Profesor Asociado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Presidente de Tesis.
E-mail: tclagosb@udenar.edu.co

hasta los 210 días, momento en el cual los frutos alcanzaron su máxima maduración (11°Brix). Igualmente, se estudió la viabilidad del polen y la receptividad del pistilo en las diferentes etapas de evaluación. A partir del estado cero (8 mm), el pistilo es receptivo a los 30 días y el grano de polen es viable a los 45 días. También se registró el crecimiento del fruto y el comportamiento de las variables contenido de pulpa/fruto, semillas/fruto, rendimiento de los jugos, dureza y color de los frutos maduros. El crecimiento de las variables cuantitativas se ajustaron al modelo cuadrático de la forma $y = \beta_1x + \beta_2x^2$.

Palabras clave: Papaya de montaña, desarrollo, receptividad, viabilidad, flor, fruto.

ABSTRACT

This work was performed under conditions of the Altiplano de Pasto, Colombia, in the garden conservation of Chilacuán *V. cundinamarcensis*, located at the Experimental Farm Botana at 2800 masl. The objectives focused on the description and analysis of some stages of flower development and fruit, as well as evaluation of aspects related to growth and morphology of these. We selected 300 male and female flower buds less than 8 mm, as phase zero. The growth variables were length of calyx, calyx diameter, and length of corolla, diameter of corolla, length of the pistil, diameter of pistil, length of ovary, ovarian diameter, length of the filament and style, length and width of anthers, length and equatorial diameter fruit. These were-evaluated every 15 days to 210 days, at which time the fruits reached their peak maturity (11 °Brix). Likewise, the viability of pollen and pistil receptivity in various stages of testing was studying. From zero state (8 mm), the pistil is receptive at 30 days and the pollen grain is viable at 45 days. Also record the fruit growth and behavior of the variable content of pulp/fruit, seeds/fruit, juice yield, hardness and color of the ripe fruit. The growth of quantitative variables were adjusted to a quadratic model of the form $y = \beta_1x + \beta_2x^2$.

Key words: mountain papaya, development, receptivity, viability, flower, fruit.

INTRODUCCIÓN

El Chilacuán *V. cundinamarcensis*, es un frutal Andino, de gran importancia que se encuentra de forma espontanea en campo abierto, en lugares sombreados y húmedos dentro del bosque y en hábitats antrópicos como jardines, huertos caseros y bordes de carreteras, Jiménez, *et al.* (1998). Es una de las especies con más amplia

distribución, siendo el género *Vasconcellea* el de mayor importancia por el número de especies que en ella se registran y porque se pueden encontrar una gran diversidad de las mismas a lo largo de América Latina. (Reyes, 1999).

Ecuador y Colombia son los centros de origen de la mayoría de especies del género *Vasconcellea*. Los estudios realizados en estas regiones

permiten mejorar el conocimiento de la diversidad existente entre y dentro de las mismas, e identificar aquellos materiales que pueden ser fuentes de genes importantes para mejoramiento o premejoramiento. (Badillo, 1993).

Cadavid, *et al.* (2002) afirma que en Colombia existe alto potencial para la explotación de la papaya de altura o Chilacuán como cultivo comercial, similar al de otros países como Chile donde es un cultivo de exportación. La NRC, (1989), indica que el potencial de *V. cundinamarcensis* está dada por los siguientes usos: 1) como fruta fresca comestible, aromáticas y de alta calidad; 2) como fuente de papaína, enzima proteolítica usada en industrias farmacéuticas, cerveceras y otros, y 3) como material genético para mejoramiento de la papaya (aprovechamiento de genes de resistencia existentes a diferentes virus).

Son escasos los estudios sobre aspectos morfológicos y de crecimiento de *V. cundinamarcensis*. Sin embargo, se conocen estudios de importancia internacional especialmente los realizados por (Badillo, 1971, 1993) quien describió las principales características de esta especie. Por su parte Scheldeman, *et al.* (1993) estudiaron la distribución, diversidad y ecología en los cultivos de papaya de altura (*Vasconcellea spp*) y papaya común (*Carica papaya L.*) en el trópico y suptrópico Americano, encontrando que Sur América y especialmente Colombia, cuenta con la mayor diversidad de especies del género *Vasconcellea*. Según Caetano, *et al.* (2003) en Colombia se han registrado diez especies de *Vasconcellea*, siendo un tema de interés para realizar investigaciones en diferentes campos que aporten información de importancia para el conocimiento de la especie.

Villegas, *et al.* (2002) realizaron una caracterización morfológica del banco de germoplasma de Caricáceas de altura en Corpoica C.I La Selva, estableciendo la variabilidad morfológica cualitativa y cuantitativa de la colección, como paso inicial para el conocimiento de la diversidad genética de esta taxa. Otros estudios de importancia para la especie son el de Sandoval, *et al.* (2006) quienes encontraron diferencias entre las estructuras palinológicas de *Carica* y *Vasconcellea*.

En la región Andina Nariñense *V. cundinamarcensis* tiene un gran potencial agronómico e industrial, sin que se tenga conocimiento sobre su viabilidad, génesis y desarrollo floral. La falta de esta información resulta en un gran obstáculo para potenciar la importancia y el uso de esta especie a nivel comercial e investigativo. Muñoz y Portilla, (2005) caracterizaron morfológicamente 140 introducciones de Chilacuán (*V. cundinamarcensis*) en el Altiplano de Pasto, con base en variables cuantitativas y cualitativas.

Teniendo en cuenta la importancia que puede adquirir este cultivo a nivel nacional por contener un alto potencial económico como fruta de exportación, los estudios relacionados con el crecimiento y la morfología permitirán conocer aspectos importantes para desarrollar estrategias de conservación, de identificación de materiales de interés para el mejoramiento genético y que puedan posteriormente ser aprovechados para mejorar cultivos comerciales como la papaya (*Carica papaya L.*).

Con este trabajo se pretende contribuir al conocimiento del Chilacuán (*V. cundinamarcensis*), describiendo y analizando algunas etapas del desarrollo de la flor y el fruto y evaluar aspectos relacionados con su crecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó en el jardín de conservación de introducciones de *V. cundinamarcensis* hecha por Muñoz y Portilla, (2005), que se encuentra sembrada en la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño, ubicada en el Altiplano de Pasto, a 2800 msnm en las coordenadas geográficas 01°09'12" LN y 77°18'31" LW, con temperatura promedio de 12,6 °C, 900 horas sol/año, precipitación pluvial de 820 mm/año y humedad relativa del 79% (IDEAM, 2005). La fase de laboratorio se llevó a cabo en el laboratorio de Tejidos vegetales de la Universidad de Nariño, sede Torobajo en el municipio de Pasto.

Siguiendo la metodología utilizada por Paredes, *et al.* (2005) se realizó la evaluación del crecimiento y la morfología de la flor y el fruto de *V. cundinamarcensis*. Se marcaron 300 botones florales menores a 8 mm de longitud, tamaño considerado como el estado inicial o cero. Cada 15 días y a partir del estado cero, se tomaron 10 botones florales (dos lecturas mensuales), con los cuales se realizó la descripción morfológica y la evaluación de los diferentes estados de crecimiento hasta la maduración del fruto.

Con la utilización de un calibrador de precisión y el uso del microscopio y estereoscopio de luz, se hizo la descripción morfológica; además, se tomaron medidas en flores femeninas, masculinas y frutos maduros, utilizando las siguientes variables: largo de cáliz (LC), diámetro del cáliz (DC), largo de corola (LCO), diámetro de corola (DCO), largo del pistilo (LP), diámetro del pistilo (DP), largo del ovario (LO) diámetro del ovario (DO), largo del filamento (LF) y el

estilo (LES), largo y ancho de las anteras (LA y DA) y largo y diámetro ecuatorial del fruto (LF y DF).

Las variables mencionadas anteriormente, se analizaron teniendo en cuenta las medidas de dispersión y de tendencia central, Igualmente, se realizó un análisis de correlación simple de Pearson y se evaluaron los modelos de crecimiento lineal y cuadrático.

Para estudiar la biología floral, por cada etapa de evaluación (cada 15 días) se fijaron 20 botones florales en solución Farmer fresca (3 de etanol: 1 de ácido acético glacial) por 24 horas a temperatura ambiente, posteriormente se cambió en Farmer fresco y se almacenó a 4 °C hasta su utilización (Singh, 1993).

Con el fin de establecer la viabilidad del polen, por cada periodo de evaluación (0 hasta 75 días), se tomaron 10 anteras con las cuales se siguió la metodología de (Caraballo, 2001). Las anteras fueron procesadas con la ayuda de agujas de disección y fijadas posteriormente en placas con dos gotas de acetocarmín al 1%, para luego observarse bajo el microscopio de luz marca Axiostar Plus®, donde se hizo el conteo de los granos de polen viables, que son aquellos que se tiñen de color rojo.

La receptividad del pistilo se evaluó en cada una de etapas de evaluación, de acuerdo a la metodología propuesta por (Caetano, *et al.*, 2006). Se aplicaron dos gotas de peróxido de hidrógeno sobre el estigma del pistilo en 10 primordios florales. Cuando el peróxido forma burbujas sobre el estigma, se considera que el pistilo se encuentra receptivo.

Para la estimación de los grados Brix ($^{\circ}$ Brix), se exprimió el fruto en un beaker de 50 ml y sobre el vidrio de un refractómetro portátil, donde se aplicó una gota del líquido. Posteriormente, se observó a contraluz el resultado de $^{\circ}$ Brix para cada fruto en una escala graduada de 0 a 32 $^{\circ}$ Brix. Para las demás variables como cantidad de pulpa por fruto (P) y rendimiento de los jugos (R), se extrajo la pulpa y se pesó en una balanza de precisión, luego se licuó y se midió el contenido de jugo en una probeta de 1000 ml.

Para el peso de semillas/fruto (PS) y el número de semillas/ fruto (SF), éstas se retiraron del fruto, se lavaron con agua corriente y se secaron a temperatura ambiente por cuatro días. Inmediatamente, se procedió a pesarlas y contarlas. La dureza del fruto (D) se determinó, introduciendo un penetrómetro portátil BERTUZZI en los frutos maduros, obteniendo el resultado expresado en PSI. Finalmente, se determinó el color de los frutos de utilizando la tabla de color de Munsell.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los modelos de crecimiento de *V. cundinamarcensis* para largo del cáliz (LC), diámetro del cáliz (DC), largo de corola (LCO), diámetro de corola (DCO), largo del filamento (LF), largo de la antera (LA) y diámetro de la antera (DA), en flores masculinas. Se encontró que el modelo cuadrático $y = \beta_1 x + \beta_2 x^2$ es el que mejor explica el crecimiento de cada una de estas estructuras, con coeficientes de determinación que varían entre el 80% y el 98%.

Según Rojas y Rovalo, (1985) el crecimiento en diámetro y largo se presenta en algunos modelos de crecimiento de las plantas, donde se pueden distinguir tres etapas: crecimiento lento en los primeros estados de formación, rápido crecimiento con mayor elongación y en las últimas etapas un crecimiento lento que es muy notable en algunos de ellos.

Tabla 1. Modelo de crecimiento en flores masculinas de *V. cundinamarcensis* B, para el largo del cáliz (LC), diámetro del cáliz (DC), largo de corola (LCO), diámetro de corola (DCO), largo del filamento (LF), largo de la antera (LA) y diámetro de la antera (DA)

Variable	Modelo Cuadrático $y = \beta_1 x + \beta_2 x^2$	R ²	CV	Media
LC	0,19x-0,0019x ²	0,83	50,76	4,09
DC	0,12x-0,0012x ²	0,83	51,25	2,71
LCO	0,41x-0,0017x ²	0,93	35,42	13,51
DCO	0,15x-0,0014x ²	0,87	45,15	3,47
LF	0,18x-0,0014x ²	0,95	29,06	4,23
LA	0,11x-0,00042x ²	0,93	34,71	3,79
DA	0,054x+0,00014x ²	0,96	27,37	2,54

R² = Coeficiente de determinación

CV = Coeficiente de variación (%)

En la Tabla 2 se indican los modelos de crecimiento en flores femeninas de *V. cundinamarcensis* para el LC, DC, LCO, DCO, LP, DP, LO, DO y LES. Los coeficientes de determinación de las variables mencionadas variaron entre 0,81 hasta 0,98. El LCO y LO fueron las variables mejor explicadas por el modelo con coeficientes de determinación ($R^2=0,98$).

Paredes, *et al.* (2005) encontraron que el crecimiento de las variables morfológicas en flores hermafroditas de *Physalis peruviana* L., respondían a un modelo cúbico sigmoideo de la forma $Y = \beta_0 + \beta_1d + \beta_2d^2 + \beta_3d^3$, diferente al encontrado en flores de *V. cundinamarcensis*, donde el crecimiento de los verticilos se ajusta a un modelo cuadrático (Tabla 2).

De la misma forma que en las flores masculinas y flores femeninas, el modelo cuadrático explica el crecimiento de algunas variables evaluadas en el fruto de *V. cundinamarcensis* (Tabla 3). Las

variables largo del fruto (LF), diámetro del fruto (DF) y Peso (PF), se asociaron de forma altamente significativa con coeficientes de determinación iguales a ($R^2=0,99$).

El mayor crecimiento durante los primeros 15 días de desarrollo a partir del estado cero (8 mm) se presentó en las variables LC, LCO y LF con valores que varían entre (0 y 5,77 mm). A los 45 días, la LF y el LCO fueron los de mayor incremento (5,27 y 15,01 mm). Estas variables presentaron un crecimiento finalmente decreciente a los 60 días, el DCO y el LF presentan su máximo crecimiento (3,97 y 5,76 mm), mientras que el LCO, el LA y el DA alcanzan su máximo crecimiento a los 75 días, siendo el LCO y el LA las variables que presentaron los máximos incrementos durante todo el ciclo de evaluación (21,2 y 5,89 mm).

Todas las variables morfológicas alcanzan la mayor velocidad de crecimiento a los 15 días de

Tabla 2. Modelo de crecimiento en flores femeninas de *V. cundinamarcensis* B, para el largo del cáliz (LC), diámetro del cáliz (DC), largo de corola (LCO), diámetro de corola (DCO), largo del pistilo (LP), diámetro del pistilo (DP), largo del ovario (LO), diámetro del ovario (DO) y largo del estilo (LES)

Variable	Modelo Cuadrático $y = a_1x + a_2x^2$	R^2	CV	Media
LC	$0,30x - 0,0028x^2$	0,93	34,31	6,38
DC	$0,13x - 0,00094x^2$	0,86	48,13	3,32
LCO	$0,81x - 0,0006x^2$	0,98	19,01	18,18
DCO	$0,25x - 0,0034x^2$	0,81	62,57	3,00
LP	$0,29x - 0,0026x^2$	0,94	31,93	6,02
DP	$0,051x - 0,00017x^2$	0,96	26,29	1,69
LO	$0,025x + 0,0034x^2$	0,98	23,36	8,31
DO	$0,035x + 0,00042x^2$	0,93	36,98	2,44
LES	$0,0034x + 0,00053x^2$	0,87	54,9	1,42

R^2 = Coeficiente de determinación
CV = Coeficiente de variación (%)

Tabla 3. Modelo de crecimiento para largo del fruto (LF), diámetro del fruto (DF) y Peso del fruto (PF) de *V. cundinamarcensis* B.

Variable	Modelo cuadrático $y = \beta_1x + \beta_2x^2$	r^2	CV	Media
LF	$0,056x - 0,000059x^2$	0,99	6,99	6,87
DF	$0,019x + 0,000067x^2$	0,99	5,47	4,44
PF	$0,033x + 0,0036x^2$	0,99	10,16	92,63

R^2 = Coeficiente de determinación

CV = Coeficiente de Variación (%)

evaluación, la cual varía entre 0,08 y 0,26 mm/día. A partir de los 30 días y hasta el final de la evaluación se presenta una disminución de la velocidad de crecimiento de las variables LC, DC, LCO, DCO, LF y LA, a excepción del DA que va aumentando su velocidad de crecimiento hasta los 75 días, donde alcanza la máxima velocidad (0,08 mm/día).

Las variables DC, DP, LO, DO y LES, alcanzan su máximo crecimiento a los 75 días (4,46 y 21 mm), a diferencia del DCO que tiene su máximo desarrollo a los 30 días (4,44 mm) y LC, LCO y LP que lo tienen a los 60 días (7,92 y 27 mm). Durante todo el ciclo de desarrollo, la LCO presentó el mayor incremento (27 mm).

Con relación a la velocidad de crecimiento de los verticilos de las flores femeninas, la LCO fue la variable que presentó el mayor valor con 0,79 mm/día, alcanzando la máxima velocidad de crecimientos a los 15 días desde el estado cero. Igual comportamiento se observó en las variables LC, DC, DCO, LP y DP con velocidades que oscilan entre 0,05 y 0,22 mm/día. La máxima velocidad de crecimiento de las variables LO, DO y LES, se alcanza a los 75 días. El DP fue la variable que menos velocidad

de crecimiento presentó durante todo el ciclo (0,05 mm/día), valor que permanece estable desde los 15 días.

Las variables evaluadas indican un crecimiento gradual desde el estado inicial de formación del fruto (90 días) hasta su maduración (210 días). El peso de fruto alcanza las variaciones más significativas en crecimiento a partir de los 165 días de formación hasta los 210 días, con un crecimiento máximo de 165,69 mm a un ritmo de crecimiento de 1,55 mm/día. Los rangos de crecimiento de las variables LF y DF están entre 2,25 y 9,16 mm, a velocidades de crecimiento no mayores a 0,06 mm/día.

En la Tabla 4 se observa el análisis de correlación de Pearson (r) para las diferentes estructuras de las flores masculinas de *V. cundinamarcensis*, correspondientes a los periodos comprendidos entre los cero a 75 días de desarrollo.

El LC está correlacionado con DC ($r=0,99^{**}$), DCO ($r=0,99^{**}$) y LF ($r=0,94^*$), es decir que a medida que crece el LC, tanto DC, el DCO como el LF aumentan de tamaño. Así mismo, el LC no presenta correlación significativa con las demás variables, las cuales crecen de forma

TABLA 4. Correlación de Pearson para el largo de cáliz (LC), diámetro de cáliz (DC), largo de corola (LCO), diámetro de corola (DCO), largo de filamento (LF), largo de la antera (LA) y diámetro de la antera (DA) de flores masculinas de *V. cundinamarcensis* B.

Variable	LC	DC	LCO	DCO	LF	LA	DA
LC	1	0,99**	0,83	0,99**	0,94*	0,82	0,72
DC		1	0,83	0,99**	0,94*	0,82	0,72
LCO			1	0,89*	0,97*	0,99**	0,98*
DCO				1	0,98*	0,89*	0,80
LF					1	0,96*	0,91*
LA						1	0,99**
DA							1

*, ** = Correlaciones significativas y altamente significativas, respectivamente.

independiente al crecimiento del LC. El DC crece proporcionalmente con el DCO ($r=0,99^{**}$) y LF ($r=0,94^{**}$), ya que los pétalos al incrementar su tamaño dan espacio para permitir el desarrollo del filamento, para el correcto desarrollo de las estructuras comprometidas en la reproducción. El LCO está altamente correlacionado de forma positiva con la LA, el DCO, LF y DA, ya que en el momento de la formación del androceo, los pétalos de la flor tienen que expandirse para iniciar el proceso de apertura.

En ninguna de las variables morfológicas de las flores masculinas de *V. cundinamarcensis*, se presentaron correlaciones negativas, lo cual quiere decir que todas las estructuras florales incrementan su tamaño en igual proporción respecto al crecimiento de las demás durante todo el ciclo de desarrollo hasta los 75 días de evaluación a partir del estado inicial.

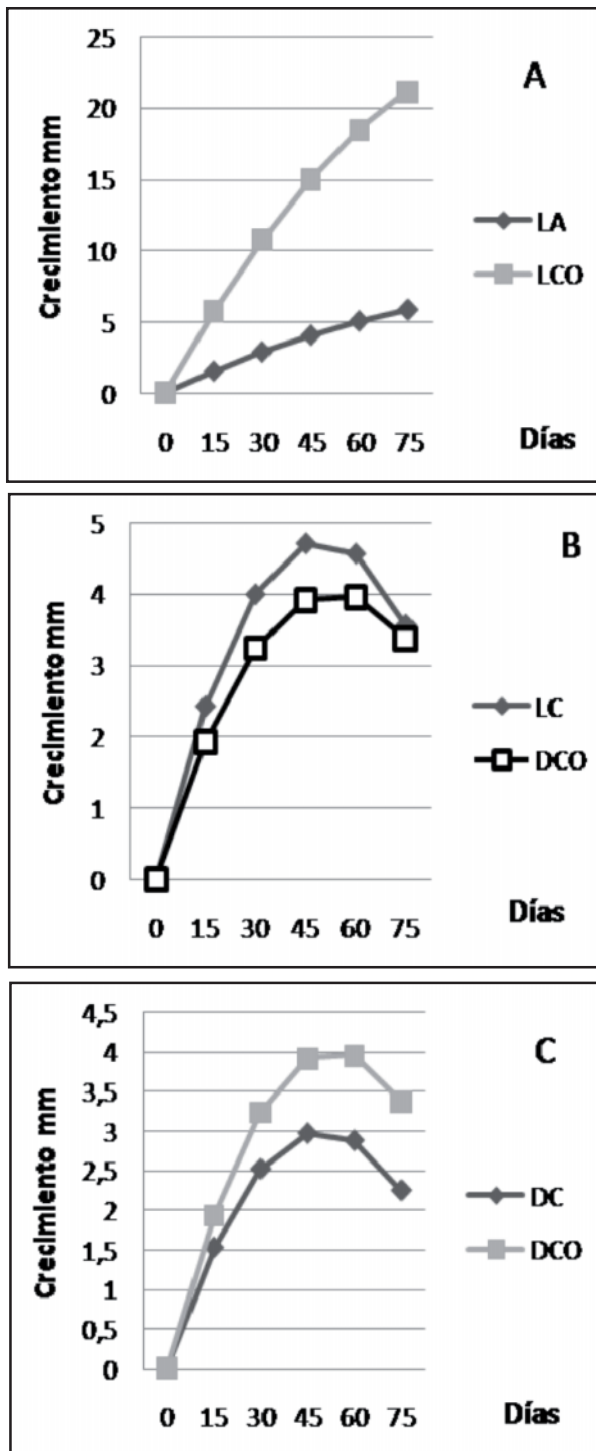
En las curvas de crecimiento que se muestran en la Figura 1, se pueden distinguir las principales etapas de desarrollo de las variables que resultaron altamente correlacionadas. En la primera eta-

pa de desarrollo (entre el estado cero y los 15 días de desarrollo) el LC obtuvo un incremento de crecimiento de 2,42 mm y el DC 1,53mm. Obtuvieron incrementos de crecimiento promedio de 3,21 y 2,03 mm, respectivamente, alcanzando en esta etapa, la máxima velocidad de crecimiento.

En los primeros días de formación estas estructuras crecen conforme al crecimiento longitudinal de la flor hasta los 45 días, momento donde se inicia la apertura de la misma. Después de este momento el cáliz tiende a disminuir su crecimiento con la caída de los pétalos, dando paso a la formación del fruto. La corola en los estados tempranos encierra a los demás verticilos florales, creciendo en promedio 11,87 mm/día de forma vertical y 2,74 mm/día en el eje horizontal. Este proceso es de forma rápida para darles cabida a las demás estructuras de acuerdo a la variación de su desarrollo.

El DCO alcanza su máximo crecimiento a los 45 días, a diferencia de la LCO que solo lo hace hasta los 75 días. El DCO crece hasta la apertura de la flor, donde los estambres quedan libres

Figura 1. Curvas de crecimiento para el cáliz, la corola y la antera en flores masculinas de *V. cundinamarcensis*, A) Largo antera (LA) y largo de la corola (LCO); B) Largo cáliz (LC) y diámetro de corola (DCO) y C) Diámetro de cáliz y diámetro de corola (DCO)



para expulsar los granos de polen. A partir de este momento se presenta un descenso en el incremento y en la velocidad de crecimiento, aunque sigue creciendo en longitud hasta desprenderse de la flor cuando alcanza su punto máximo de crecimiento.

El análisis de correlación (Tabla 5) muestra que la LC está relacionada significativamente con la LP ($r=0,99^{**}$), el DC ($r=0,96^*$) y la LCO ($r=0,97^*$). A medida que se presenta un aumento en el largo del cáliz (LC), las variables LP, DC y LCO presentan un incremento similar en su tamaño.

El DC presenta un crecimiento positivo con relación a las variables LCO ($r=0,99^{**}$), LP ($r=0,98^{**}$) y DP ($r=0,97^*$), esto se debe a que la flor amplía su diámetro para dar paso al desarrollo de las estructuras que conforman el gineceo. El pistilo se prepara para recibir el grano de polen y formar el nuevo fruto. El DCO no está correlacionado con el crecimiento de ninguna de las variables morfológicas de la flor femenina.

En la Figura 2 se muestran las curvas de crecimiento de las variables correlacionadas como son el DC y LC, LCO, LO y DO, LP y LES de las flores femeninas de Chilacuán. El crecimiento en longitud del cáliz es muy similar al del pistilo. Ambas estructuras alcanzan su máximo crecimiento a los 60 días (8,04 y 7,92 mm), presentándose un descenso posterior hasta la finalización del ciclo de desarrollo evaluado. El diámetro del cáliz crece en menor proporción (4,46 mm) respecto al crecimiento máximo en longitud de la corola (27 mm).

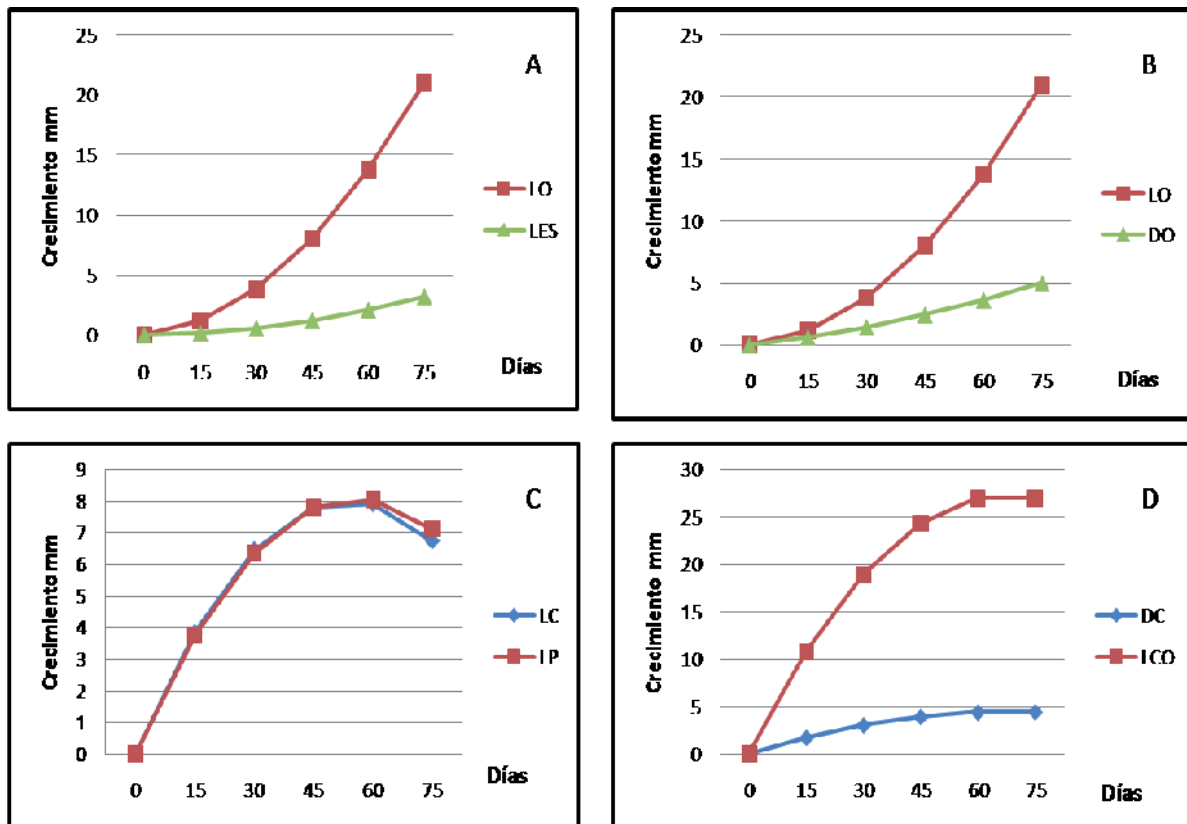
La LCO (Figura 2D) tiende a crecer de forma más rápida para darle protección a los órganos internos. A los 60 días alcanza su máximo crecimiento y el ovario está completamente

Tabla 5. Correlación de Pearson (r) para crecimiento en flores femeninas de *V. cundinamarcensis* B, para el largo de cáliz (LC), diámetro de cáliz (DC), largo de corola (LCO), diámetro de corola (DCO), largo de pistilo (LP), diámetro de pistilo (DP), largo del ovario (LO), diámetro del ovario (DO) y diámetro del estigma la antera (DA).

Variable	LC	DC	LCO	DCO	LP	DP	LO	DO	LES
LC	1	0,96*	0,97*	0,50	0,99**	0,88	0,65	0,74	0,65
DC		1	0,99**	0,26	0,98*	0,97*	0,83	0,89	0,83
LCO			1	0,28	0,98*	0,97*	0,82	0,88	0,82
DCO				1	0,45	0,03	-0,32	-0,20	-0,32
LP					1	0,90	0,70	0,78	0,69
DP						1	0,94*	0,97*	0,93*
LO							1	0,99**	0,99**
DO								1	0,99**
LES									1

*, ** = correlaciones significativas y altamente significativas, respectivamente.

Figura 2. Curvas de crecimiento para el ovario, el cáliz, la corola, el pistilo y el estilo, en flores femeninas de *V. cundinamarcensis* B, A) Largo del ovario (LO) y largo del estilo (LES); B) Largo del ovario (LO) y diámetro del ovario (DO); C) Largo cáliz (LC) y largo de pistilo (LP) y D) Diámetro de cáliz y largo de corola (LCO).



desarrollado. La flor se abre para que el estigma quede libre para recibir el grano de polen y a partir de este momento se presenta un descenso en el incremento y en la velocidad de crecimiento hasta la caída de los pétalos por la formación de los primeros frutos.

El comportamiento del crecimiento del LES y el DO son muy similares respecto al crecimiento del LO (Figura 3A y B). Estas variables presentan un crecimiento inicial lento alcanzando su máximo desarrollo a los 75 días a partir del estado cero. La mayor velocidad de crecimiento de estas variables se presenta antes de la apertura floral entre los 15 y 30 días, pero su crecimiento sigue constante hasta el final de la evaluación.

Parés, *et al.* (2004) obtuvieron una tendencia similar en el desarrollo de flores de *Carica papaya*, reportando que los máximos crecimientos están asociados con los momentos previos a la apertura de la flor y que el número de días transcurridos para esto eran 35 días para la flor femenina y 30 días para la flor masculina.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se observa una similitud en los tiempos de crecimiento ya que la mayoría se presentan a los 45 días desde el estado cero.

Todas las correlaciones de las variables relacionadas con el fruto de *V. cundinamarzensis*, son significativas y corresponden al periodo de desarrollo entre los 90 días hasta los 210 días de desarrollo, cuando alcanza su punto de madurez con 11°Brix (Tabla 6).

La LF está altamente correlacionado con el DF y P ($r=0,99^{**}$); así mismo, el DF presenta estrecha relación con la variable P ($r=0,99^{**}$).

Tabla 6. Correlación de Pesaron (r) el crecimiento del fruto para las variables largo de fruto (LF), diámetro de fruto (DF) y peso del fruto (PF) de *V. cundinamarzensis* B.

Variable	LF	DF	PF
LF	1	0,99**	0,99**
DF		1	0,99**
PF			1

** = correlaciones altamente significativas

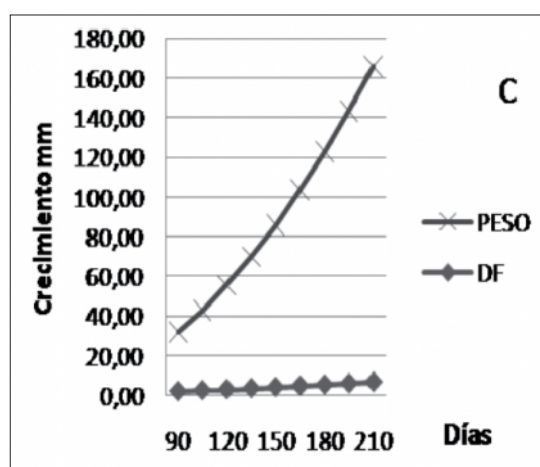
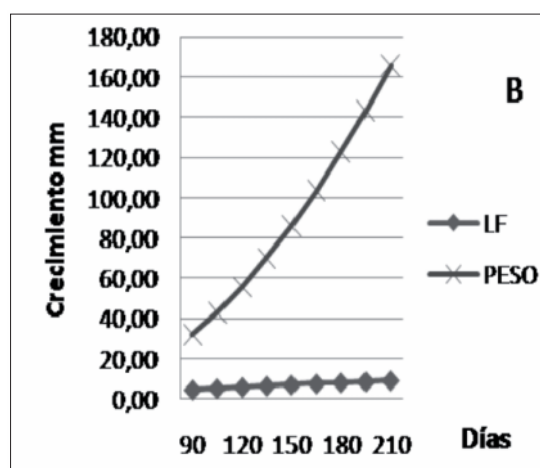
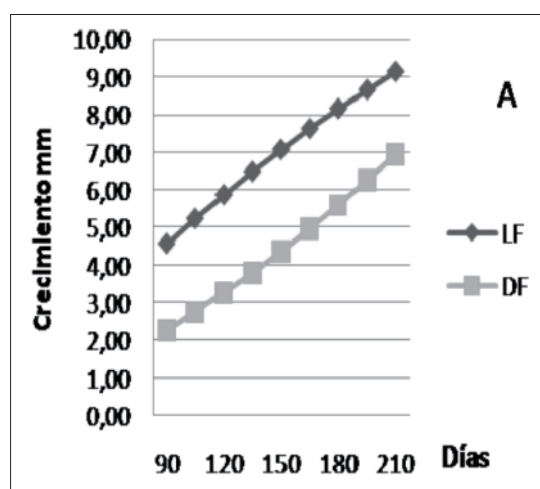
Estas correlaciones indican que a medida que el fruto va creciendo en longitud, también crece diametralmente. De acuerdo con su desarrollo normal, va aumentando la cantidad de pulpa, razón por la cual se incrementa su peso.

En la Figura 3 se presentan las curvas de crecimiento para las diferentes variables del fruto de Chilacuán. Se observa que el crecimiento es homogéneo para la LF y el DF, (Figura 3A), mientras el PF crece en mayor proporción y de forma independiente al crecimiento de las demás variables (Figura 3B y 3C).

Muñoz y Portilla (2005) encontraron que el PF era una de las características más significativas y de agrupación, junto a otras características morfológicas relacionadas con el fruto y la semilla de *V. cundinamarzensis*. El PF es una de las variables que muestra alta variabilidad genética y fenotípica.

Pinzón, *et al.* (2007) encontraron que en *Passiflora edulis*, se presentan diámetros y longitudes pequeñas, que se incrementan hasta periodos más avanzados y que después permanece constante, Este caso es diferente al encontrado en el fruto de *V. cundinamarzensis*, para las variables de longitud y diámetro, en su etapa de desarrollo.

Figura 3. Curvas de crecimiento para:
 A) Largo de fruto (LF) y diámetro de fruto (DF); B)
 largo del fruto (LF) y peso del fruto (PF);
 C) diámetro del fruto (DF) y peso del fruto (PF)
 de *V. cundinamarcensis* B.



Los cambios morfológicos registrados en este estudio, son muy similares a los descritos por (Fischer, 1989) en sus estudios de la biología floral de Uchuva (*Physalis peruviana* L.), donde el desarrollo en tamaño y peso tiene un rápido crecimiento durante los primeros 10 días después del cuajamiento de los frutos. Estos mismo ocurre con el cáliz, el cual llega a duplicar su tamaño, al final de la floración. Mientras el fruto aumenta constantemente su tamaño, el cáliz termina su expansión y siempre es más largo que ancho. El fruto tiende a crecer más en longitud después del cuajamiento, contrario a lo que sucede en su madurez, cuando crece más en diámetro.

El polen viable a los 75 días, alcanza una viabilidad que va desde el 92% hasta del 98%. Lo cual indica que existe la posibilidad de realizar polinización asistida para programas de mejoramiento durante todo el tiempo de desarrollo de la flor y de tener frutos durante todo el ciclo de producción.

Parés, *et al.* (2004) encontraron en flores de Papaya (*Carica papaya*) porcentajes de viabilidad del polen que oscila entre 82% al 87%. Según los autores este puede variar por características genéticas de la especie, además de las condiciones climáticas imperantes en cada región donde se realicen las evaluaciones.

La receptividad del ovario se presenta antes de que ocurra la antesis, fijándose la época en que el pistilo se encuentra receptivo (Caetano, *et al.*, 2006).

La madurez del fruto constituye la última fase del proceso reproductivo y se caracteriza por la presencia de profundos cambios físicos

y químicos en las estructuras. Después de la fertilización del óvulo, el ovario comienza a aumentar rápidamente de tamaño. Este incremento va acompañado de cambios de color, peso, contenido de humedad, olor, sabor, textura y consistencia, así como, del incremento de carbohidratos, ácidos orgánicos, minerales y compuestos nitrogenados Lutte, *et al.* (1993).

En el caso del fruto de *V. cundinamarcensis*, se registraron cambios visibles en el peso, tamaño, contenido de °Brix y color, desde su formación hasta su madurez. El peso promedio del fruto maduro fue de 167,2 g con un contenido de pulpa de 37%. El rendimiento de jugos puede ser del 25% siendo este un dato muy importante en la parte agronómica y para los procesos industriales. Presenta un promedio de 200 semillas por fruto, siendo este dato muy similar al descrito por (Badillo, 1993), quien indica que las semillas de este fruto son muy numerosas y dependiendo del tamaño de cada fruto puede contener hasta 150 semillas.

Los frutos maduros alcanzaron 11 °Brix a los 210 días, presentándose un aumento muy significativo desde la etapa cero (90 días), donde los frutos tienen un promedio de 3°Brix. Los grados Brix encontrados fueron muy similares a los reportados por Mora y Bogantes, (2004) en papaya (*Carica papaya*) donde los frutos maduros presentaron un total de 12 °Brix. La concentración de azúcares es muy importante en la determinación de la calidad comercial de papaya, para el cual se ha fijado un mínimo de 11,5 °Brix para su comercialización Paull, *et al.* (1997).

El fruto inmaduro es de color verde oscuro (2,5 GY 5/8) que cuando alcanza su madurez a los 210 días cambia a un color amarillo intenso (5Y 8/10). Puede alcanzar en promedio una dureza

de 8,7 PSI, siendo esta una característica muy valorada en el comercio, sobre todo para su manejo de post-cosecha.

CONCLUSIONES

Mediante el cálculo del porcentaje de viabilidad de polen de *V. cundinamarcensis*, se determinó que éstos alcanzan su máxima madurez a los 45 días. Igualmente, la receptividad del estigma se presenta a los 30 días de desarrollo, antes que los pétalos realicen su apertura.

El fruto de Chilacuán *V. cundinamarcensis*, alcanza su punto máximo de madurez a los 210 días a partir de su estado cero (90 días), con un porcentaje de azúcar de 11° Brix y un total de 210 semillas/fruto.

BIBLIOGRAFÍA

- BADILLO, V.M. 1971. Monografía de la familia Caricácea. Asociación de profesores de la Universidad Central de Venezuela. Caracas. 221p.
- BADILLO, V. M. 1993. *Caricaceae*. Segundo esquema. Revista de la Facultad de Agronomía (UCV). Alcance 43. 111 p.
- CADAVID, A., VILLEGAS, E., MEDINA, C., LOBO, M., REYES, C. 2002. Caracterización morfológica de Caricáceas de altura. En: Memorias IV Seminario Nacional de clima frío moderado, Medellín, Colombia. 55-60 p.
- CAETANO. C.M., OLAYA.; ARROYAVE, J.A., VEGA, J., JIMENEZ, D.R., TRIANA, A.L. 2003. Aprovechamiento de los recursos genéticos de

las papayas para su mejoramiento y promoción: Estudios citogenéticos y palinológicos en Caricácea para su utilización en programas de mejoramiento. En: Informe técnico proyecto aprovechamiento de los recursos genéticos de las papayas para su mejoramiento y promoción. FONTAGRO, Cali, Colombia.

CAETANO, C.; LAGOS, T.; CHAVEZ, J.; SANDOVAL, C. 2006. Palinología de *Carica* y *Vasconcellea* (Caricaceae). *Acta Agronómica*. Vol. 55. Fasc. 3.

CARABALLO, B. 2001. Biología floral de guayabo (*Psidium guajava* L.) en la planicie de Maracaibo, Zulia, Venezuela. En: Revista de la facultad de agronomía Universidad de Zulia. 18(1): 41-55.

FISCHER, G. 1989. Aspectos fisiológicos del desarrollo de la Uchuva *Physalis peruviana* L. En: Memorias IV Seminario Nacional Recursos Vegetales Promisorios, Tunja, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 9-19 p.

IDEAM, INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. 2005. Datos meteorológicos, Estación Meteorológica Botana. Pasto.

JIMENEZ, Y., ROMERO, J., SCHELDEMAN, X. 1998. Colección, caracterización y descripción de *Carica x heilbornii* nm, pentagona B; *Carica pubescens* (A,DC) Solms-Laub y *Carica stipulata*, en la provincia de Loja. *Ciencias agrícolas, Loja Ecuador*. 29(1-2): 44-54.

LUTTE, U., KLUGE, M y BAUER, G. 1993. *Botánica*. McGraw-Hill, Madrid. 572 p.

MORA, E y BOGANTES, A. 2004. Herencia de la concentración de los sólidos soluble entre líneas parentales de Papaya (*Carica papaya* L.) y sus híbridos. En: *Agronomía Mesoamericana*. Universidad de Costa Rica, Alajuela. Costa Rica. 15(1): 81-84.

MUÑOZ, J y PORTILLA, L. 2005. Caracterización morfológica de las plantas de Chilacuan en el municipio de Pasto, departamento de Nariño. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto. 116 p.

NRC (National Research Council). 1989. Lost crops of the Incas: little-known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation. National Academy Press, Washington DC. 415 p.

PAULL, R., NISHIJIMA, W., REYES, M., CAVALLETTO, C. 1997. A review of postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.) post harvest boil, *Technology*. 11: 165-179.

PAREDES, O., MORA, A., LAGOS, T, C., CRIOLLO, H., VALLEJO, F. 2005. Estudio de la biología floral de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). En: *Revista de Ciencias Agrícolas*, Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. 34-49 p.

PARÉS, J., LINAREZ, R., ARIZALETA, M., y MELENDEZ, L. 2004. Aspectos de la biología floral en lechosa (*Carica papaya* L.) Cartagena Roja en el estado de Lara, Venezuela. En: *Revista Facultad de Agronomía*. Caracas, Venezuela. 21(2).

PINZON, I., FISCHER, G., y CORREDOR G. 2007. Determinación de los estados de madurez

del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims.). En: Agronomía Colombiana. Universidad Nacional de Colombia, 25(1): 83-95.

REYES, C. 1999. Los recursos genéticos de la familia Caricaceae en el mejoramiento de *Carica papaya* L, en Colombia. En: Taller internacional sobre Caricáceae. Maracay 19 al 21 de octubre de 1999. FONTAGRO IICA, Feriva, Cali. 11-17 p.

ROJAS, M y ROVALO, M. 1985. Fisiología vegetal aplicada. Tercera edición, Mc Graw-Hill, 228 p.

SANDOVAL, C., CAETANO, M,C., LAGOS, T,C, CHAVEZ, J,L. 2006. Palinología de *Carica* y *Vasconcellea* (Caricaceae). Acta Agronómica. 55(3):33-38.

SCHELDEMAN, X,, ROMEJIN, L., RESTREPO, M., ROMERO, J., WILLEMEN, L., JIMENEZ, D., LOBO, M., MEDINA, C., REYES, C., RODRIGUEZ, D., OCAMPO, J., VANDAMME, P., COPPENS, G., GOETGEBEUR, P. 1993. Distribution, Diversity and Crop Ecology of Highland Papayas (*Vasconcellea* spp,) and Common Papaya (*Carica papaya* L.) in Tropical and subtropical America. Bioversity.

SINGH RAM, J. 1993. Plant cytogenetics. Boca Raton. Costa Rica. 391p.

VILLEGAS, B., CADAVID, A., MEDINA, C., LOBO, M., REYES, C. 2002. Caracterización morfológica de Caricáceas de altura. En: memorias IV seminario nacional de frutales clima frio moderado, Medellín.

