

ALGUNOS ASPECTOS DE LA BIOLOGÍA FLORAL, HORARIOS Y MÉTODOS DE POLINIZACIÓN ARTIFICIAL EN TOMATE DE ÁRBOL (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Send.)

SOME ASPECTS OF THE FLORAL BIOLOGY, SCHEDULES AND METHODS OF ARTIFICIAL POLLINATION IN TOMATO TREE (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Send)

Diana Milena Herrera Portilla¹, Jenny Laura Delgado Torres², Tulio César Lagos Burbano.³

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el municipio de Nariño, departamento de Nariño, ubicado a 2100 msnm, con el propósito de estudiar algunos aspectos de la biología floral, evaluar horarios y métodos de polinización artificial en Tomate de árbol *C. betacea*, cultivar Manzano. Se marcaron 500 botones florales en estado cero (0,5 cm). Se estudió la longitud del botón floral, largo y diámetro de la corola, diámetro ecuatorial del cáliz, largo y diámetro del ovario, largo del filamento, largo del estilo, largo y ancho de las anteras. Se hicieron mediciones cada ocho hasta los 40 días, momento en el cual se dio la fecundación. El crecimiento de los verticilos se ajustó al modelo $y = \beta d$. El polen inicia su maduración a los 24 días, con un 61,48% de viabilidad. La receptividad del pistilo se da a los 16 días, 13 días antes de la antesis. Las polinizaciones realizadas entre las 8 AM y 4 PM con y sin utilización de hormona, no presentaron diferencias significativas para eficiencia de hibridación (EH), número de semillas por fruto (SPF) y porcentaje de germinación (PG). La eficiencia de hibridación osciló entre el 36 y el 68%. El número de SPF obtenido va desde 240 hasta 361 y el PG presentó un rango que va desde el 56 hasta el 66%. En el horario de 2 a 4 PM sin la utilización de hormona se obtuvo el mayor peso por fruto (PPF) y la mayor velocidad de germinación (VG) con 121.97gr y 1.87 respectivamente.

Palabras clave: Solanáceas, fecundación, hibridación, receptividad del pistilo, viabilidad polínica.

Trabajo de grado para optar al Título de Ingeniero Agrónomo 2010.

¹ Estudiante de Ingeniería Agronómica. E-mail: dianahel217@hotmail.com

² Estudiante de Ingeniería Agronómica. E-mail: lacors24@hotmail.com

³ Ph.D. Profesor Asociado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Presidente de Tesis. E-mail: tclagosb@udenar.edu.co

ABSTRACT

This work was Performed in the municipality of Nariño, Nariño department, located at 2100 masl, with the purpose of studying some aspects of floral biology, evaluate schedules and methods of artificial pollination in Tree Tomato *C. betacea*, variety Manzano. 500 flower buds were marked at zero state (0.5 cm). Were studied the length of the buds, diameter of the corolla, calyx equatorial diameter, length and diameter of the ovary, length of the filament, length of the style, the length and wide of anthers . Measurements were made every eight until the 40 days, date at which fertilization occurred. The growth of the different whorls was adjusted to the $y = \beta d$ model. The pollen starts to mature at 24 days, with a 61.48% of viability. The receptivity of the pistil is given to the 16 days, 13 days before anthesis. The pollination that was realized between 8 AM to 4 PM with and without hormone use, did not differ significantly in hybridization efficiency, number of seeds per fruit (NSF), weight per fruit (WPF) and percentage of germination (PG). Hybridization efficiency ranged between 36 and 68%. The number of SPF obtained ranges from 240 to 361 y the PG presented a range from 56 to 66%. In the shedules of 2-4 PM without the use hormone the was obtained the highest weight per fruit (PPF) and the highest germination speed (VG) with 121.97gr and 1.87 respectively.

Key words: Solanaceae, fertilization, hybridization, pistil receptivity, pollen viability

INTRODUCCIÓN

El Tomate de árbol es un frutal con alto potencial como alternativa productiva para los agricultores de la zona andina de Colombia. Su centro de origen está ubicado entre el sur de Bolivia y norte de Argentina. Se han encontrado especies silvestres también en Perú, Chile, Ecuador y Colombia (Bohs, 1989).

Esta especie pertenece a las Solanáceas, familia formada por cerca de 70 géneros con más de 2.000 especies, aportando gran cantidad de plantas utilizadas por el hombre, como la

Papa (*Solanum tuberosum*), el Pepino dulce (*Solanum muricatum*), la Berenjena (*Solanum melogena*), el Tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum*), el Tabaco (*Nicotiana tabacum*), el Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), entre otras (Segovia, 2002).

Actualmente, la producción de Tomate de árbol se concentra en los departamentos de Antioquia, Cundinamarca, Boyacá, Tolima, Nariño, Huila, Valle del Cauca, Cesar y Magdalena. Antioquia, es el principal productor de esta fruta en Colombia con 1.908 ha cosechadas, una producción de 55.393 toneladas y un rendimiento de 29,0 t/ha. El rendimiento a nivel nacional es de 16,6 t/ha. En Colombia se siembran alrededor de 6.446 hectáreas con una producción de 107.106 TM, lo cual hace que Colombia sea considerado el mayor productor de este frutal en el mundo (AGRONET, 2008).

En el departamento de Nariño, este cultivo representa una gran oportunidad para llevar a cabo proyectos productivos; sin embargo, su progreso no ha sido óptimo debido a la limitada atención que ha recibido por parte de los programas de investigación. Pese a su demanda creciente, no ha logrado desarrollarse. Una de las causas, es la oferta escasa o nula de cultivares mejorados para la siembra (Tafur, 2006).

En la mayoría de los casos, la plantación se lleva a cabo con genotipos seleccionados por los propios productores, los cuales son heterogéneos y de base genética estrecha. En el sur del País, no existe un programa de mejoramiento de Tomate de árbol, el cual es necesario para desarrollar a nivel tecnológico el cultivo y contribuir al incremento de los ingresos de los agricultores, quienes no cuentan con cultivares mejorados, adaptados a sus condiciones ambientales y socioeconómicas (Lobo, 2004).

Aspectos relacionados con los horarios y métodos de polinización artificial son de gran importancia para el establecimiento de las bases genéticas para programas de hibridación, que busquen la recombinación genética de diferentes formas para la producción de variedades o híbridos mejorados. Hasta el momento las investigaciones realizadas con respecto a métodos y horarios de polinización artificial en Tomate de árbol son muy limitadas. Un estudio desarrollado por Osorio y Madrid (1978) en la Universidad Nacional

de Colombia sede Medellín, indica que el conocimiento de la biología floral, es fundamental para la obtención de variedades mejoradas. El tipo de polinización artificial y la época indicada para hacer la emasculación definen los métodos de cruzamiento. Estos aspectos son relevantes en especies poco trabajadas como el Tomate de árbol.

Trabajos similares fueron realizados por Ordoñez y Ruano (2002) y Lagos *et al.* (2008), pero en Uchuva (*Physalis peruviana* L.), bajo condiciones del altiplano de Pasto, en la Granja Botana (2820 msnm) de la Universidad de Nariño. Encontraron que la apertura floral tomó 37 días, la cual se efectuó entre las 7:00 y 10:00 AM y que en el 85% de las flores, la primera antera fue dehiscente al día siguiente de la apertura floral. Los granos de polen alcanzaron una viabilidad del 97%, a los 35 días.

El polen maduró antes de la antesis y el estigma fue receptivo antes de la apertura de la flor. Tanto el polen como el pistilo maduraron a los 35 días de desarrollo, dos días antes de la apertura floral. La receptividad del pistilo se presentó dos días antes de la antesis, fenómeno que restringe la autopolinización. El tiempo que transcurre desde yema floral hasta antesis fue de cuatro días. El cuajamiento del fruto se dio dos días después de la antesis y el tiempo de yema floral hasta el estado final de formación del fruto fue de 41 días. Finalmente, determinaron que los mejores horarios para realizar la polinización artificial fueron entre 12 M y 4 PM (Ordoñez y Ruano, 2002 y Lagos *et al.*, 2008).

Aunque se tienen muchos trabajos de biología floral en otras especies como *Psidium guajava* (Carballo, 2001), *Carica papaya* (Pares *et al.*, 2004), *Passiflora foetida* (García y Hoc, 1998) y la Chirimoya (González *et al.*, 2007), entre otros, se observa una deficiencia notable en trabajos de biología y genética básica para el fitomejoramiento de los frutales andinos como el Tomate de árbol, por lo tanto, es necesario orientar los esfuerzos para la investigación, producción y promoción de este frutal como un cultivo alternativo para la diversificación de la producción de los cultivos andinos.

Cabe destacar que a nivel nacional, se cuenta con un solo programa de mejoramiento para el oriente Antioqueño liderado por CORPOICA La Selva (Lobo *et al.*, 2004).

Acorde con lo anterior los objetivos de este trabajo fueron, estudiar algunos aspectos de la biología floral, determinar los horarios y las técnicas de polinización artificial en Tomate de árbol cultivar Manzano, bajo las condiciones Altoandinas del municipio de Nariño.

MATERIALES Y METODOS

Localización. El presente trabajo se realizó en dos fases. Una de campo y una de laboratorio. La primera, se llevó a cabo en el municipio de Nariño a una altura de 2100 msnm en las coordenadas 01°17'49.6" LN, y 77°20'52.6" LO, con temperatura promedio de 16°C (GELT, 2009). La segunda fase se realizó en el laboratorio de cultivo de tejidos vegetales de la Universidad de Nariño, ubicado a una altura de 2488 msnm, sede Torobajo.

Algunos aspectos de la biología floral. Siguiendo la metodología utilizada por Paredes *et al.* (2005) se evaluó el crecimiento de los diferentes verticilos de la flor de *C. betacea*. Se marcaron 500 botones florales de 0,5 cm de longitud (estado cero). Cada ocho días y a partir del estado cero, se tomaron cinco botones florales, en los cuales se realizaron las medidas de los diferentes verticilos y se estableció el crecimiento en diez fases de evaluación (0, 8, 16, 24, 30, 32, 34, 36, 38 y 40 días).

Con base en las medidas de crecimiento, se evaluaron las siguientes variables: la longitud botón floral (LB), el diámetro ecuatorial del cáliz (DEC), el largo de la corola (LC), el diámetro base de la corola (DBC), el diámetro medio de la corola (DMC), el largo de la antera (LA), el ancho de la antera (AA), el largo del filamento (LF), el largo del estilo (LE), el diámetro del ovario (DO) y el largo del ovario (LO).

Para el análisis de las variables mencionadas anteriormente, se realizó la correlación simple de Pearson y se evaluaron los modelos de crecimiento lineal sin intercepto y cuadrático, utilizando el paquete estadístico SAS (Criollo y Lagos, 1998).

Viabilidad polínica. La viabilidad del polen se evaluó en cada uno de los diez periodos anteriormente mencionados, tomando anteras, las cuales se maceraron sobre un

portaobjetos utilizando tres gotas de Acetocarmín al 1%. Luego se eliminaron los residuos, se cubrió con una laminilla y se observó bajo un microscopio de luz Nikon SMZ800 con el objetivo 40x. En cinco campos tomados al azar, se hizo el conteo de granos de polen viable y no viable, para finalmente establecer el porcentaje de viabilidad polínica. Los granos que se tiñeron de rojo fueron viables (Caetano, 2005).

Receptividad del pistilo. La receptividad del pistilo se evaluó en cada una de los periodos correspondientes a 0, 8, 16, 24, 30, 32, 34, 36, 38 y 40 días después del estado cero (0,5 cm). Se utilizó como indicador de receptividad, la formación de burbujas, dada por la adición de una gota de peróxido de hidrógeno en los estigmas de los pistilos de las diferentes edades (Lagos *et al.*, 2008).

Antesis. Antes de que ocurriera la apertura floral (28 días después del estado cero), se marcaron 100 botones florales, para realizar observaciones del proceso de apertura floral y antesis desde las 06:30 AM hasta las 06:30 PM. Se registró el inicio de la apertura floral, duración de la misma hasta la máxima apertura, hora de la antesis, inicio de la antesis a partir de la apertura floral y fin de la antesis. Durante la evaluación se tomaron datos de temperatura.

Polinización artificial. Para el estudio de la polinización artificial, se evaluaron los siguientes tratamientos: polinización en el horario de 8 a 10 AM con hormona (810AM), polinización en el horario de 8 a 10 AM sin hormona (810AMsh), polinización en el horario de 10 AM a 12 M con hormona (1012AM), polinización en el horario de 10 AM a 12 M sin hormona (1012AMsh), polinización en el horario de 12 M a 2 PM con hormona (122PM), polinización en el horario de 12 M a 2 PM sin hormona (122PMsh), polinización en el horario de 2 a 4 PM con hormona (24PM), polinización en el horario de 2 a 4 PM sin hormona (24PMsh).

Los horarios y métodos de polinización artificial se analizaron bajo un modelo de Bloques Completos al Azar con dos factores. En el primer factor se estudiaron cuatro horarios de polinización artificial y en el segundo se evaluó la aplicación o no de ácido giberélico 1000

ppm, para un total de ocho tratamientos (810AM, 810AMsh, 1012AM, 1012AMsh, 122PM, 122PMsh, 24PM y 24PMsh) y cinco repeticiones. El bloque correspondió a un árbol y dentro de cada árbol, los tratamientos se distribuyeron al azar.

Se calculo la eficiencia de la hibridación (EH) en porcentaje, con base en la siguiente relación:

$$EH = (CE/ TC) \times 100$$

Donde:

EH: Eficiencia de la hibridación.

CE: Números de cruzamientos efectivos (correspondió al número de frutos cuajados).

TC: Total de cruzamientos.

En cinco frutos tomados al azar de la unidad experimental se determino el número de semillas por fruto maduro (NSF), el peso de fruto maduro (PPF), la velocidad de germinación (VG) y el porcentaje de germinación de 50 semillas (PG).

La polinización artificial se realizo con polen colectado de flores recién abiertas, las cuales tenían entre 26 y 29 días a partir del estado cero (Figura 1A). Los botones florales a emasculados tenían una edad 28 días a partir del estado cero (Figura 1B y 1C). Estos botones, presentaban un diámetro en la base de la corola de 0,42 cm y un eje polar de 0,90 cm. La tonalidad del color rosado de los pétalos de estos botones florales es más fuerte. Una vez emasculados los botones florales, en los tratamientos que llevaban hormona, se hizo la aplicación de 1000 ppm de ácido giberélico. Luego, se realizo la polinización de los estigmas (Figura 1D y 1E) y se procedió a proteger estos botones con bolsas de papel glacyne para evitar la contaminación con polen extraño (Figura 1F).



Figura 1. Hibridación artificial en *C.betacea*. 1A: Flor recién abierta para colecta de polen. 1B: Flor de 28 días de edad para emasculación. 1C: Emasculación de las anteras. 1D: Polen colectado en capsulas listo para la polinización. 1E: Polinización artificial. 1F: Protección de la flor polinizada con bolsas de papel glacyne.

RESULTADOS Y DISCUSION

Aspectos de la biología floral de *Cyphomandra betacea* (Cav.) Send.

Morfología de las flores de *C. betacea*. La Figura 2A muestra la estructura de una flor típica de Tomate de árbol. La corola (Figura 2B) es pentámera de color blanco o rosado, con simetría actinomorfa (Cronquist, 1986). Los pétalos son puntiagudos hacia el extremo, unidos entre sí por la base. Contrario a lo que sucede con los sépalos estos se caen con la fecundación del ovario (Bernal *et al.*, 2003). El cáliz (Figura 2C) es gamosépalo, pentámero de color verde claro y permanece adherido a la flor después de la fecundación (Mora, 2004). El pistilo tiene una longitud de 1 cm, formado por estigma y estilo, de color blanquecino y ovario de color amarillo pálido. El estilo es longístilo, es decir que sobresale por encima de los estambres. Cuando la flor ha sido fecundada se torna de color café oscuro. El androceo (Figura 2D) está formado por los estambres que se constituyen por las anteras y el filamento.

La flor presenta cinco anteras biloculares (Angulo, 2003) de color amarillo que se encuentran unidas a la base mediante el filamento el cual es de color blanco. Cada una posee dos sacos polínicos color crema y su dehiscencia es foraminal o poricida (Osorio y Madrid, 1978).

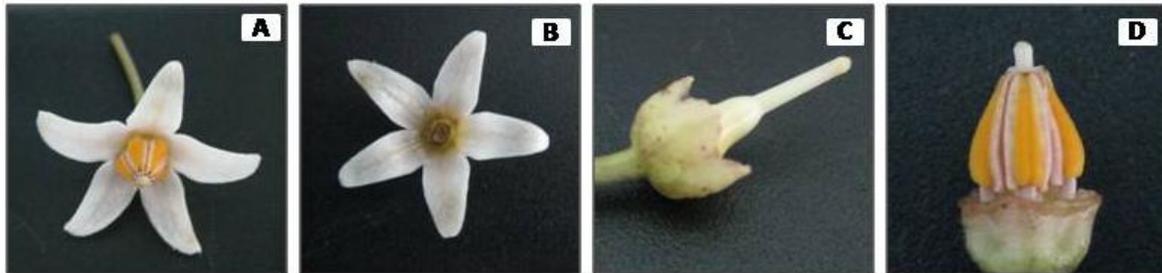


Figura 2. Flor del Tomate de árbol *C. betacea*. A: Corola, estambres y pistilo. B: Corola pentámera. C: Cáliz pentámero y Pistilo. D: Pistilo longistilo y androceo.

Modelos de crecimiento de los verticilos florales de *C. betacea*. La Figura 3 muestra las curvas de crecimiento de los verticilos florales de *C. betacea* bajo las condiciones del municipio de Nariño. A partir del día cero (0,5 cm) el LA, el LF y el LE (Figura 3A) alcanzaron el máximo crecimiento a los 30 días de evaluación. A partir de esta fase, estos entran en un proceso de senescencia dado por la pérdida de turgencia, lo que conlleva a un estado de flacidez y finalmente a la abscisión de los mismos, tal como lo observo Paredes (2005) en *P. peruviana*. El DO y el LO tienen su máximo crecimiento desde los 35 hasta los 40 días aumentan su crecimiento momento en el cual el ovario da lugar al fruto. El AA crece lentamente y desde el tamaño inicial no hay un crecimiento significativo manteniendo su tamaño constante.

El LB y el LC (Figura 3B) tienen un crecimiento máximo en los 30 días y el DBC y el DMC no presentan un crecimiento tan marcado, pero al igual que el LB y el LC son estructuras que durante esta fase presentan una considerable disminución de la tasa de crecimiento y una importante canalización de los recursos hacia la formación de estructuras reproductivas y la acumulación de reservas en las semillas (Martínez y Pérez, 1994). El DEC tiene un crecimiento constante durante los primeros 40 días de evaluación.

Los sépalos son verticilos persistentes por su función protectora de las demás partes de la flor durante el estado juvenil y hasta la formación del fruto después de la floración.

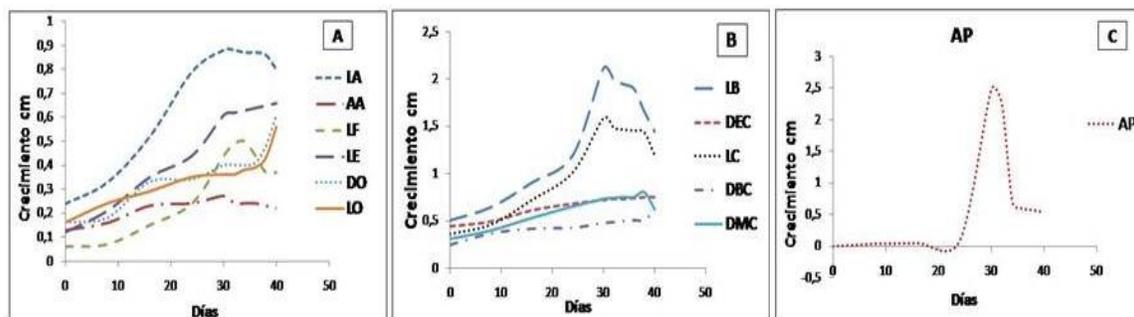


Figura 3. Crecimiento de los verticilos de *C. betacea*. A: largo (LA) y ancho de antera (AA), largo del filamento (LF), largo del estilo (LE), diámetro (DO) y largo del ovario (LO). B: longitud del botón (LB), diámetro ecuatorial del cáliz (DEC), largo de la corola (LC), diámetro medio (DMC) y de la base de la corola (DBC). C: apertura de corola (AP).

La AP (Figura 3C) se da a los 29 días, época que coincide con el máximo valor de DMC (0,53 cm). Generalmente, la apertura floral antecede a la liberación del polen en la antesis, en esta especie ocurre el máximo crecimiento de la corola a lo ancho y se da la apertura floral, exponiendo el pistilo y después de media hora se da la dehiscencia de las anteras, tal como lo encontraron Lagos *et al.* (2008).

Respecto a los modelos de crecimiento, el modelo lineal sin intercepto resulto el más adecuado para explicar la variabilidad de los datos obtenidos del crecimiento de los verticilos florales de *C. betacea*. Es así, como en este, los coeficientes de determinación (R^2) oscilan entre 89 y el 98%, los cuales superan a los del modelo cuadrático que tienen R^2 de 28 y 86%.

En la Figura 4 se observa la tendencia lineal del crecimiento de los órganos de la flor, la cual se ajusta al modelo de regresión lineal sin intercepto $y = \beta d$, donde: y =variable dependiente, β =coeficiente de regresión y d =número de días transcurridos en cada evaluación. En la Figura 4A se presenta el crecimiento desde el estado cero hasta los 40 días para las variables LB ($Y=0,052d$, $R^2 =0,95$), DEC ($Y=0,022d$, $R^2 =0,92$), LC

($Y=0,041d$, $R^2 =0,97$), DEC ($Y=0,015d$, $R^2 =0,93$), DMC ($Y=0,022d$, $R^2 =0,94$), AP ($Y=0,030d$, $R^2=0,54$).

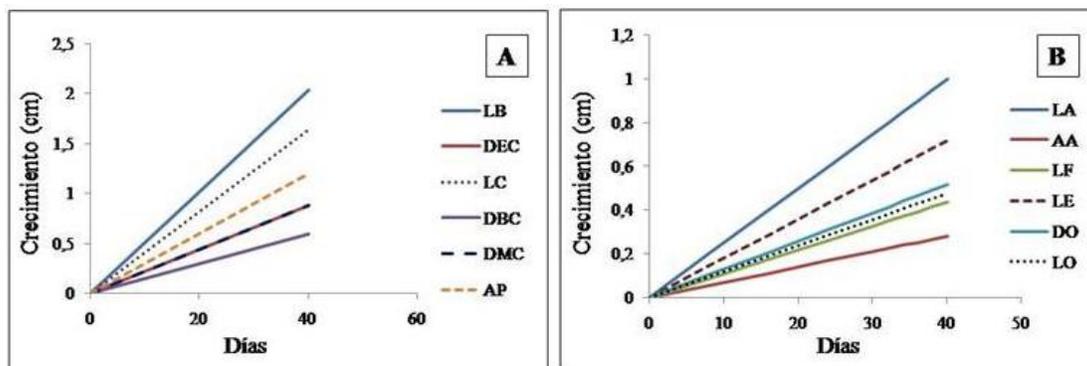


Figura 4. Crecimiento de los diferentes verticilos florales de *C. betacea*. A: longitud del botón (LB), diámetro ecuatorial del cáliz (DEC), largo de la corola (LC), diámetro base de la corola (DBC), diámetro medio del cáliz (DMC) y apertura floral (AP). B: largo de la antera (LA), ancho de la antera (AA), largo del filamento (LF), largo del estilo (LE), diámetro del ovario (DO) y largo del ovario (LO).

Al igual que en la Figura 4A, la Figura 4B describe el crecimiento para LA ($Y=0,025d$, $R^2 =0,97$), AA ($Y=0,007d$, $R^2 =0,90$), LF ($Y=0,011d$, $R^2 =0,96$), LE ($Y=0,018d$, $R^2 =0,99$), DO ($Y=0,013d$, $R^2 =0,96$) y LO ($Y=0,012d$, $R^2 =0,94$).

Teniendo en cuenta el coeficiente de regresión (β) que indica que por cada día que transcurre, la variable evaluada crece en un valor de β , la velocidad de crecimiento de los órganos florales de Tomate de árbol en promedio fue de 0,022 cm/día. La LB (Figura 4A) creció más rápido que los demás órganos florales, a razón de 0,052 cm/día. Este crecimiento rápido responde a que el botón floral alberga órganos de reproducción como el androceo, el gineceo y estructuras como el ovario que más adelante darán origen a la formación del fruto. Este presenta un crecimiento lineal hasta los 40 días, de ahí en adelante detiene su crecimiento debido a que la planta utiliza sus reservas hacia la formación de frutos y semillas.

Desde el estado cero en adelante algunas variables crecen constantemente hasta los 40 días, momento en el cual ya se ha dado la apertura floral y estructuras como los pétalos, las

anteras y el estilo empiezan a marchitarse hasta que finalmente se desprenden y se han presentado procesos como la polinización, la fecundación y la formación del fruto. Los sépalos permanecen en el ovario hasta la maduración. Estas observaciones coinciden con lo expresado por Torrey (1969), quien indica que desde el momento de la iniciación floral existe un desarrollo progresivo de las partes que componen la flor hasta la polinización y formación del fruto, en este proceso existe un complejo de interacciones que involucran no solamente los componentes nutricionales sino también un sistema hormonal diferente que incluyen giberelinas, citoquininas y auxinas.

Maduración del polen y viabilidad polínica (VP) en *C.betacea*. Los granos de polen comienzan a ser viables desde los 24 días, cuando muestran un 61,48% de VP. Los estados con mayor VP (100%) ocurren a los 34 y 36 días, luego a los 40 días se observa una disminución en el VP del 37,04%.

Madurez del pistilo. Tomando como base la prueba de peróxido de hidrogeno como un indicador de receptividad del pistilo (Caetano, 2005), el 80% de las flores evaluadas reaccionó positivamente desde los 16 días. A los 24 días ya se encuentran receptivos el 100% de los pistilos, verificándose un mecanismo de protoginia debido a que la antesis ocurre a los 29 días. La protoginia se da en el caso que los óvulos y el estigma esta receptivo mucho antes que estén maduros los granos de polen y los estambres de la misma planta o flor. En las plantas que son autoincompatibles este fenómeno evita la autofecundación y por lo tanto, favorece la diversidad genética a través de la fecundación cruzada o alogamia (Vallejo y Estrada, 2002).

Inicio de apertura floral (IAF). La apertura floral en *C. betacea*, en un 75% ocurre entre las 6:30 am y las 6:30 pm en el día 29 después del estado cero (0,5 cm). El 25% de las flores restantes presentan su apertura al día siguiente. El día 28 antes de que ocurra la apertura floral se observo que los botones florales se encontraban esponjados, suaves y con la punta estrellada.

Los picos de apertura floral se presentaron entre las 9:30 AM y las 12:30 PM. Un 31% de las flores abrieron a las 10:30 AM, esto debido a que en estas horas la temperatura incremento oscilando entre (15 y 24°C).

Al día 30 todas las flores se encontraban abiertas y se dio la dehiscencia de las anteras, dos días después, estas sufren un proceso de oxidación. En este periodo, el estigma presenta una coloración normal y aun no se ha desprendido. En el día 34 los estigmas se necrosan y en el día 36 las anteras y los pétalos empiezan a presentar perdida de turgencia, tienen una coloración marrón y el estilo se desprende con facilidad. Finalmente, al día 40 todas las estructuras del androceo y el estilo se necrosan totalmente y se desprenden junto con la corola, quedando únicamente el cáliz y el ovario que se transforma en fruto, procesos descritos por Cutter (1971).

Antesis. La liberación de los granos de polen se localizó en la parte superior de la antera. Esta apertura es de tipo foraminal (Bernal *et al.*, 2003). En el 61% de las flores evaluadas la antesis ocurrió entre las 10:00 AM y las 12:30 PM. En las primeras horas de la mañana (6:30 a 9:30 AM) se registró el menor porcentaje de flores en antesis (15%). Después de las 1:30 PM se observó una disminución de la misma (20%). Estos registros son similares a los encontrados por Ordóñez y Ruano (2002), en otra solanácea como la Uchuva.

Media hora después de presentarse la apertura floral, la antesis ocurrió en una sola antera y al transcurrir el día se dio en el resto. En el día 30 se encontraron dehiscentes todas las anteras. Mosquera (2002) en un estudio realizado en *Physalis peruviana* encontró que la antesis efectiva se presenta en el primer día de la apertura floral cuando la temperatura esta cerca a los 16°C por debajo de los 15°C esta se limita. Por lo tanto, el inicio de la antesis está influenciada por el ambiente, en especial por la temperatura y la humedad relativa.

Polinización artificial. Los cuadrados medios del ANDEVA (Tabla 1) indican que no se presentaron diferencias significativas entre horarios y hormonas en las variables eficiencia de hibridación (EH), semillas por fruto (SPF) y porcentaje de germinación (PG). En PPF se

presentaron diferencias entre horarios y en VG entre horarios y hormona. La interacción horario por hormona no fue significativa para todas las variables.

Tabla 1. Cuadrados medios del ANDEVA para la Eficiencia de hibridación (EH), semillas por fruto (SPF), peso por fruto (PPF), porcentaje de germinación (PG) y velocidad de germinación (VG) en *C. betacea*.

| F.V | Gl | EH (%) | SPF | PPF | PG | VG |
|---------------|----|-----------|-----------|-----------|----------|--------|
| Rep | 4 | 717,23ns | 719,35ns | 47,62ns | 146,75ns | 0,02ns |
| Horario (HR) | 3 | 853,22ns | 16009,8ns | 2378,24** | 67,33ns | 0,33** |
| Hormona (Hor) | 1 | 1177,22ns | 2016,40ns | 1767,57ns | 19,60ns | 0,41** |
| HR x Hor | 3 | 216,56ns | 5408,47ns | 647,33ns | 28,40ns | 0,04ns |
| Error | 21 | 668,56 | 9129,37 | 628,67 | 77,59 | 0,01 |
| C.V | | 52,16 | 32,42 | 24,08 | 14,32 | 6,99 |
| Media | | 49,58 | 294,70 | 104,12 | 61,50 | 1,67 |

El hecho de que no existan diferencias significativas entre EH, SPF y PG, significa que independientemente de la hora en la que se realice la polinización y de la utilización o no de hormona se pueden obtener semilla híbrida para los procesos de mejoramiento. La EH oscila entre el 36 y 68%, lo cual es suficiente para obtener semilla, debido a que el número de SPF obtenido va desde 240 hasta 361. El PG presentó un rango que va desde el 56 hasta el 66% el cual puede considerarse adecuada para obtener suficientes plantas híbridas.

El PPF presentó diferencias entre horarios determinando que (24PM) se presenta el mayor valor con un promedio de 121,97 g similar al horario de (1012AM) con 111,75 g. A diferencia de los horarios de (810AM) y entre (122PM) que presentan promedios de 93,80 y 88,95 g respectivamente. El mayor PPF que se obtuvo coincidió con el más alto valor en la VG con 1,87 en el horario de (24PM), que presentó diferencias significativas con los demás horarios (Tabla 2). Teniendo en cuenta que de todos los factores climáticos, la temperatura es el más incidente en los procesos fisiológicos cabe destacar que en el horario de (24PM), la temperatura osciló entre 19 a 25 °C, favoreciendo la germinación de los

granos de polen y la maduración de los óvulos, posibilitando una buena fecundación, dado que el intervalo normal de temperaturas en que estos procesos tienen lugar va entre 10 a 30°C, siendo los valores óptimos entre los 18 y 25°C (Albert, 1991).

Según lo mencionado anteriormente, este comportamiento diferencial obtenido en los valores de PPF y VG es producto de la polinización en diferentes horas del día, causando variables contenidos de glucosa e hidratos de carbono los cuales constituyen la principal fuente de energía, hecho que puede afectar inicialmente la VG en las semillas producidas (Cutter, 1971). Además, las mayores velocidades de germinación se dan en horas de la tarde debido a una alta acumulación de reservas y energía, posibilitando que la temperatura favorezca el desarrollo inicial del eje embrionario dando origen a semillas completas con un normal desarrollo, que obtienen un buen vigor, dado por la VG.

Tabla 2. Prueba de comparación de medias para las variables eficiencia de hibridación (EH), semillas por fruto (SPF), peso por fruto (PPF) y porcentaje de germinación (PG) de Tomate de árbol (*C. betacea*)

| Horario | EH (%) | SPF | PPF | PG | VG |
|----------------|---------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 810AM | 44,00 a | 245,70 a | 93,80 b | 58,60 a | 1,63 c |
| 1012Am | 62,00 a | 351,70a | 111,75 ab | 64,40 a | 1,74 b |
| 122PM | 41,30 a | 279,10 a | 88,95 b | 60,20 a | 1,44 d |
| 24PM | 51,00 a | 333,00 a | 121,97 a | 62,80 a | 1,87 a |
| Hormona | | | | | |
| Giberelina | 44,15 a | 301,80 a | 110,76 a | 60,80 a | 1,56 b |
| Sin giberelina | 55,00 a | 302,95 a | 97,47 a | 62,20 a | 1,77 a |

Valores con letras iguales no son diferentes estadísticamente

Los PG obtenidos por hibridación artificial no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

Estos valores se encuentran en un rango del 56 al 66%, siendo similares con los PG de la semilla comercial o registrada, que tienen promedios del 50%. Un menor número de granos de polen sobre el estigma origina frutos pequeños y un menor número de semillas, tal como lo indica el coeficiente de correlación entre SPF y PPF que fue de 0,79. Además, la deficiencia en la polinización produce un bajo contenido de auxinas que inducen un desbalance hormonal especialmente en el contenido de giberelinas, etileno y ácido abscísico que juegan un papel importante en la maduración de la semilla (Criollo, 2010).

CONCLUSIONES

El modelo de crecimiento de los diferentes verticilos florales de *C. betaceae*, se ajusto a la regresión lineal sin intercepto $y = \beta d$.

En el cultivar Manzano de *C. betacea* la apertura floral se dio a los 29 días después del estado cero y ocurrió entre las 06:30 AM y las 06:30 PM con un pico a las 10:30 AM. Los granos de polen alcanzaron la madurez a los 24 días y la receptividad del estigma a los 16 días. La receptividad del pistilo se presentó ocho días antes de la viabilidad polínica.

No se encontraron diferencias significativas para las variables EH, SPF y PG. En PPF se presentaron diferencias entre horarios, determinando que en el horario de (24PM) se presenta el mayor PPF, en el (VG) se presentaron diferencias entre horarios y hormona obteniéndose mayor velocidad de germinación en el horario de (24PM), sin la utilización de hormona..

BIBLIOGRAFIA

AGRONET. Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - Evaluaciones Agropecuarias. 2008. [citado Marzo., 2010]. Disponible en Internet: URL <http://www.agronet.gov.co/>.

Albert, F. 1991. Tratado de arboricultura frutal. Vol 1. Morfología y fisiología del árbol frutal. 4ta Edición. Ediciones Mundi prensa España – Madrid. 56 p.

Angulo, R. 2003. Frutales exóticos de clima frío. Bayer CropScience S.A. ISBN: 958-33-4681-0. 136 p.

Bernal, J., Díaz, C., Amaya, A. y Vanegas, F. 2003. Generalidades del cultivo. Tecnología para el cultivo del tomate de árbol. Rionegro, Antioquia, CORPOICA- La Selva. Manual técnico 3. 130 p.

Bohs, L. 1989. Ethnobotany of the genus *Cyphomandra* (Solanaceae). Economic Botany. Vol 43, No 2. 143-163 p.

Caetano, M., *et al.*, Caracterización del polen de especies de los géneros *Passiflora* y *Dilkea*. Acta Agronómica, Vol 54, No 3, [en línea]. [Colombia] 2005. [citado Mayo., 2009]. Disponible en Internet: URL http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/114.

Caraballo, B. M. 2001. Biología floral del guayabo (*Psidium guajava* L.) en la Planicie de Maracaibo, Zulia, Venezuela. Rev. Fac. Agron. 18: 41-55.

Criollo, H., y Lagos, T., 1998. Principales aplicaciones del paquete estadístico SAS en diseño experimental. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. San Juan de Pasto. 61p.

Criollo, H.A. 2010. Comunicación personal. Julio 28 de 2010.

Cronquist, A. 1986. Introducción a la Botánica. 2° ed. México, 848 p.

Cutter, E. 1971. Plant anatomy: experiment and interpretation. London, Addison-Wesley. 343 p.

García, M.T. y Hoc, P. 1998. Biología floral de *Passiflora foetida* (Passifloraceae). *Rev. biol. trop.* 46(2): 191-202. Disponible en la World Wide Web: <http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77441998000200002&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0034-7744.

GELT. Gobierno en línea del Orden Teritorial. [en línea]. [Colombia] 2009. [Citado Agosto., 2009]. Disponible en Internet: URL <http://www.narino-narino.gov.co>.

González, M., Hueso, J.J., Alonso, F. y Cuevas, J. 2007. Mejora de la productividad y calidad del fruto mediante el control de la polinización en Chirimoyo. Documentos Técnicos. Almería, Fundación Cajamar. 20 p.

Lagos, T., Vallejo, F., Criollo, H., y Muñoz, J. Biología reproductiva de la Uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Acta Agronómica*, Vol 57, No 2, [en línea]. [Colombia] 2008. [citado Enero., 2010]. Disponible en Internet: URL http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/1346/1925.

Lobo, M. Informe técnico. Tomate de árbol frutal promisorio para la diversificación del agro andino. FONTAGRO, [en línea]. [Colombia] 2004 [citado Mayo., 2009]. Disponible en Internet: URL http://www.fontagro.org/Projects/01_22_Tomate/II_infotec_01_22.pdf.

Martínez, J. y Perez, F. 1994. Introducción a la fisiología vegetal. Ediciones Mundi prensa. ISBN: 84-7114-471-9. Bilbao, España. 217 p.

Mora, L. 2004. Morfología sistemática y evolución de las angiospermas. Universidad nacional de Colombia. Capítulo VI. ISBN: 958-701-475-8. 109 p.

Mosquera, C. 2002. Polinización entomófila de la Uvilla (*Physalis peruviana* L.). Pasto, Colombia. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. 20 p.

Ordoñez, M. y Ruano, L. Evaluación de diferentes horarios de polinización artificial en Uvilla (*Physalis peruviana* L.) bajo condiciones de campo de la granja de Botana, municipio de Pasto. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 2002. 85 p.

Osorio, E. y Madrid, C. Biología floral del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt.); y Lulo (*Solanum quitoense* L.). Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Medellín. Universidad Nacional de Colombia, 1978. 53 p.

Paredes, O., Mora, A., Lagos, T. C., Criollo, H. y Vallejo, F. 2005. Estudio de la biología floral de la Uchuva (*Physalis peruviana* L.). Revista de Ciencias Agrícolas. Vol 22 (No): 34-49.

Pares, J., Linarez, R., Arizaleta, M. y Meléndez, L. 2004. Aspectos de la biología floral en lechosa (*Carica papaya* L.) cv. «Cartagena roja», en el estado Lara, Venezuela. *Rev. Fac. Agron.* 21(2): 116-125. [citado 08 Julio 2010]. Disponible en la World Wide Web: <http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182004000200002&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0378-7818.

Segovia, V. 2002. Optimización de la regeneración de lulo (*Solanum quitoense*), orientada a la transformación genética de plantas. Tesis (Maestría en Biotecnología de Plantas). Unidad de Biotecnología, Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT. Universidad Internacional de Andalucía. Huelva – España. 74 p.

Tafur, R. 2006. Propuesta frutícola para Colombia y su impacto en la actividad económica, nacional, regional y departamental. En: Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. Memorias Primer Congreso Colombiano de Horticultura. 240p.

Torrey, J. G. 1969. Development in flowering plants. Fourth printing. London, Macmillan. 184 p.

Vallejo, F. y Estrada, E. 2002. Mejoramiento genético de plantas. Feriva S.A. Cali Colombia. 389 p.