

BIOLOGÍA FLORAL DEL ECOTIPO YAPACANÍ DE *Cratylia argentea* (FABACEAE,  
FABOIDEAE)

KATHERINE LORENA RIVERA HERNANDEZ



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
FACULTAD DE CIENCIAS  
PROGRAMA ACADÉMICO DE BIOLOGÍA  
SANTIAGO DE CALI

2012

BIOLOGÍA FLORAL DEL ECOTIPO YAPACANÍ DE *Cratylia argentea* (FABACEAE,  
FABOIDEAE)

KATHERINE LORENA RIVERA HERNÁNDEZ

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Bióloga

Director

ALBA MARINA TORRES GONZÁLEZ

Bióloga, Ph. D.

Codirector

RAINER SCHULTZE-KRAFT

Agrónomo, Ph. D.

Codirector

MANUEL ENRIQUE GIRALDO GENSINI

Biólogo

UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE CIENCIAS

PROGRAMA ACADÉMICO DE BIOLOGÍA

SANTIAGO DE CALI

2012

UNIVERSIDAD DEL VALLE  
FACULTAD DE CIENCIAS  
PROGRAMA ACADÉMICO DE BIOLOGÍA  
SANTIAGO DE CALI

KATHERINE LORENA RIVERA HERNÁNDEZ, 1989

BIOLOGÍA FLORAL DEL ECOTIPO YAPACANÍ DE *Cratylia argentea* (FABACEAE,  
FABOIDEAE)

TEMAS Y PALABRAS CLAVES: Polinización, Autopolinización, Autoincompatibilidad,  
Leguminosa, Antesis, *Xylocopa frontalis*.

Nota de Aprobación

El trabajo de grado titulado “Biología Floral del Ecotipo Yapacaní de *Cratylia argentea* (Fabaceae, Faboideae)” presentado por la estudiante KATHERINE LORENA RIVERA HERNÁNDEZ, para optar al título de Bióloga, fue revisado por el jurado y calificado como:

Aprobado \_\_

---

Alba Marina Torres González  
Director

---

Rainer Schultze-Kraft  
Codirector

---

Manuel Enrique Giraldo Gensini  
Codirector

---

Jurado

## **DEDICATORIA**

Este trabajo es dedicado a mis padres Janeth y Fernando, mi tía Martha Rivera, mis abuelos Alba Muñoz y Ricaurte Rivera, y a mi gran amiga Martha Garcés.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer al Programa de Forrajes Tropicales del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) por su confianza y apoyo para llevar a cabo este estudio, en especial al Dr. Rainer Schultze-Kraft, Luis Horacio Franco y Belisario Hincapie.

Gracias a todo el equipo que hace parte de la Estación experimental de Santander de Quilichao por su colaboración durante mi estadía, sobre todo a Geimar Mezu, Jesús María Lobo, Adolfo Messu y Jorge Ariel Hurtado.

Siento una especial gratitud a mi institución, La Universidad del Valle, en especial a mis profesores Alba Marina Torres, Manuel Giraldo y Philip Silverstone-Sopkin.

Siempre estaré muy agradecida con Carmen Hernández y sus hijos por recibirme en su casa durante la realización de este trabajo, además de hacerme sentir como de la familia.

Muchas gracias a Marcela González, monitora de la colección de Entomología de la Universidad del Valle, por su colaboración en la identificación taxonómica de los insectos.

También gracias a la profesora Marcela Andrade, de la Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística de la Universidad del Valle, por su asesoría en los análisis estadísticos.

Por último, no podría terminar esta página sin agradecer a mis padres Janeth y Fernando, mi tía Martha Rivera, mis abuelos Alba y Ricaurte, mi querida amiga Martha Garcés, mis amigos Olga L. Duque, Jhon Alexander Vargas, Iván D. Villarreal, Nelson Rivera, Víctor Cerón, y Johan K. Home por su comprensión, compañía y apoyo en el transcurso de la carrera.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
<b>1. RESUMEN</b> .....	1
<b>2. INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>3. ANTECEDENTES</b> .....	5
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	7
4.1. General .....	7
4.2. Específicos .....	7
<b>5. HIPÓTESIS</b> .....	8
<b>6. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	9
6.1. Área de estudio .....	9
6.2. Objeto de estudio .....	9
6.3. Desarrollo floral del ecotipo Yapacaní de <i>Cratylia argentea</i> .....	11
6.4. Autopolinización natural .....	11
6.5. Autopolinización forzada .....	11
6.6. Polinización cruzada natural .....	11
6.7. Polinización cruzada forzada.....	12
6.8. Polinización cruzada entre el ecotipo Yapacaní y otros ecotipos de <i>Cratylia argentea</i> .....	12
6.9. Análisis estadístico .....	13
<b>7. RESULTADOS</b> .....	14
7.1. Características y desarrollo floral de <i>Cratylia argentea</i> ecotipo Yapacaní ....	14
7.2. Polinizaciones en el ecotipo Yapacaní de <i>Cratylia argentea</i> .....	19
7.3. Polinización cruzada entre el ecotipo Yapacani de <i>Cratylia argentea</i> y otros ecotipos de <i>C. argentea</i> .....	20
<b>8. DISCUSIÓN</b> .....	22
8.1. Características y desarrollo floral de <i>Cratylia argentea</i> ecotipo Yapacaní ....	22
8.2. Polinizaciones en el ecotipo Yapacaní de <i>Cratylia argentea</i> .....	25

8.3. Polinización cruzada entre el ecotipo Yapacani de <i>Cratylia argentea</i> y otros ecotipos de <i>C. argentea</i> .....	26
<b>9. CONCLUSIONES</b> .....	29
<b>10. LITERATURA CITADA</b> .....	30
<b>11. ANEXO A</b> .....	33
<b>12. ANEXO B</b> .....	34
<b>13. ANEXO C</b> .....	35
<b>14. ANEXO D</b> .....	37
<b>15. ANEXO E</b> .....	38



## LISTA DE FIGURAS

		Página
FIGURA 1.	Casa de malla aislando plantas de <i>Cratylia argentea</i> de Brasil .....	10
FIGURA 2.	Bolsa de muselina aislando inflorescencia de <i>Cratylia argentea</i> ecotipo Yapacaní .....	10
FIGURA 3.	Porcentaje de éxito en las fases del desarrollo floral de <i>Cratylia argentea</i> ecotipo Yapacaní .....	15
FIGURA 4.	Tendencias florales en el ecotipo Yapacaní de <i>Cratylia argentea</i> en un día solar .....	16
FIGURA 5.	<i>Xylocopa frontalis</i> visitando flor de <i>Cratylia argentea</i> ecotipo Yapacaní .	17
FIGURA 6.	Flor de <i>Cratylia argentea</i> ecotipo Yapacaní después de la visita de <i>X. frontalis</i> .....	18
FIGURA 7.	Visitantes florales menos frecuentes de <i>Cratylia argentea</i> ecotipo Yapacaní .....	18
FIGURA 8.	Porcentaje de flores que formaron fruto en las cuatro pruebas de polinización en <i>Cratylia argentea</i> ecotipo Yapacaní .....	20
FIGURA 9.	Porcentaje de flores que formaron fruto en los cruces de <i>Cratylia argentea</i> ecotipo Yapacaní con los ecotipos <i>C. argentea</i> de Brasil y de Bolivia .....	21
FIGURA 10.	Diagrama de las pruebas de polinización .....	34

## LISTA DE TABLAS

		Página
TABLA 1.	Duración de las fases del desarrollo de una flor y su respectivo fruto en <i>Cratylia argentea</i> ecotipo Yapacaní .....	14
TABLA 2.	Hora de apertura floral en <i>Cratylia argentea</i> ecotipo Yapacaní .....	16
TABLA 3.	Resultados de las cuatro pruebas de polinización en <i>Cratylia argentea</i> ecotipo Yapacaní .....	19
TABLA 4.	Ejemplares depositados en el herbario CUVC “Luis Sigifredo Espinal-Tascón” de la Universidad del Valle .....	33
TABLA 5.	Valores p utilizando la prueba exacta de Fisher para comparar los cruces de autopolinización forzada entre las colectas de <i>Cratylia argentea</i> ecotipo Yapacaní .....	35
TABLA 6.	Valores p utilizando la prueba exacta de Fisher para comparar los cruces de autopolinización natural entre las colectas de <i>Cratylia argentea</i> ecotipo Yapacaní .....	35
TABLA 7.	Valores p utilizando la prueba exacta de Fisher para comparar los cruces de polinización cruzada forzada entre las colectas de <i>Cratylia argentea</i> ecotipo Yapacaní .....	36
TABLA 8.	Valores p utilizando la prueba exacta de Fisher para comparar las inflorescencias de la colecta Bol 10 del ecotipo Yapacaní de <i>Cratylia argentea</i> .....	36
TABLA 9.	Valores p utilizando la prueba exacta de Fisher para comparar las cuatro pruebas de polinización en <i>Cratylia argentea</i> ecotipo Yapacaní .....	37
TABLA 10.	Valores p utilizando la prueba exacta de Fisher para comparar los cruces entre las colectas de <i>Cratylia argentea</i> ecotipo Yapacaní y los ecotipos <i>C. argentea</i> de Brasil y de Bolivia .....	38

## 1. RESUMEN

El ecotipo Yapacaní de *Cratylia argentea*, es una Faboideae de hábito enredadero de la región Yapacaní (Bolivia). La especie *C. argentea* se distribuye desde el oeste de Perú hasta Bolivia y Brasil, y la investigación sobre ésta han sido motivados por su alto potencial en forrajes, pues además de su valor nutritivo presenta resistencia a la sequía. Teniendo en cuenta que los estudios en biología floral influyen en el manejo de germoplasma, se describió el desarrollo floral del ecotipo Yapacaní de *C. argentea* y a través de polinizaciones controladas se evidenció la compatibilidad en la fecundación entre el ecotipo Yapacaní con otros ecotipos de la misma especie. Los resultados mostraron que las polinizaciones cruzadas en el ecotipo Yapacaní de *C. argentea* son siete veces más efectivas que las autopolinizaciones, denotando a este ecotipo como altamente autoincompatible, con índice de autocompatibilidad de 0.1. La polinización de *C. argentea*, incluyendo al ecotipo Yapacaní, depende de la abeja *Xylocopa frontalis*. Por otro lado, existe compatibilidad en las dos vías entre el ecotipo Yapacaní de *C. argentea* con los otros dos ecotipos estudiados, *C. argentea* de Brasil y de Bolivia, puesto que en los nueve cruces realizados las flores iniciaron formación de fruto. Sin embargo, los cruces más efectivos se presentaron en *C. argentea* de Bolivia con Bol 12 (44.53%), seguido por Bol 12 con *C. argentea* de Brasil (28.57%). En contraste, los cruces de Bol 10 con *C. argentea* de Brasil (3.39%) y Bol 12 con *C. argentea* de Bolivia (7.96%) fueron los que registraron porcentajes más bajos de flores que formaron fruto. Esta variación en los porcentajes manifestó diferencias significativas entre ocho combinaciones de cruces. No obstante, debido a la duración del estudio, no se tiene certeza de la viabilidad de los frutos y mucho menos de la fertilidad de los híbridos.

## 2. INTRODUCCIÓN

América tropical es el mayor centro de diversidad de leguminosas del mundo, debido a diferentes combinaciones de condiciones edáficas y climáticas. En torno a esto Brasil es uno de los más importantes centros de diversificación de plantas (1995). La familia Leguminosae (Fabaceae) es uno de los mayores grupos de plantas con flores y presenta un gran interés científico, económico y ecológico (Forero y Romero 2005).

La familia Fabaceae tiene una distribución cosmopolita y es la segunda familia, después de Poaceae, con importancia económica (Judd *et al.* 2002). De acuerdo con Delwiche (1978) el uso de las leguminosas en la agricultura lleva mucho tiempo; son cultivadas para una variedad de usos, entre ellos forraje, consumo humano, cobertura de suelo y abono verde.

En cuanto a la importancia ecológica de las Fabaceae, Forero y Romero (2005) destacan relaciones de coevolución con especies de hormigas en las subfamilias Mimosoideae y Cesalpinioideae, y adaptaciones florales que facilitan el proceso de polinización en Papilionoideae (Faboideae). Según Judd *et al.* (2002) las flores con simetría bilateral especializada de las Faboideae tiene un pétalo conspicuo, o estandarte, el cual funciona como atrayente visual y dos alas, las cuales sirven como plataforma de aterrizaje para insectos visitantes.

*Cratylia argentea* (Desv.) O. Kuntze, es una leguminosa de la subfamilia Faboideae, de hábito arbustivo, originaria de América del Sur, que ha sido evaluada y seleccionada por su buena adaptación a zonas con sequías prolongadas y suelos ácidos de baja fertilidad en varias regiones del trópico de América Latina (Argel y Lascano 1998). Además, esta Faboideae puede sustituir el uso de concentrado comercial, suministrada en forma fresca o

ensilada, en vacas lecheras de mediana producción (Argel *et al.* 2001). Pese a su gran potencial de uso, los estudios en esta leguminosa son recientes y la taxonomía de este género está aún en proceso de definición (Argel *et al.* 2001).

La última revisión taxonómica de *Cratylia* fue realizada por Queiroz (1991) basada en características morfológicas y de distribución geográfica. De acuerdo a esta revisión hay cinco especies válidas, de las cuales *C. mollis* Mart. ex Benth., *C. hypargyrea* Mart. ex Benth., *C. intermedia* (Hassler) L.P. de Queiroz y *C. bahiensis* L.P. de Queiroz están restringidas al Brasil. La quinta especie, *C. argentea* (Desv.) O. Kuntze, presenta una distribución amplia, desde el oeste de Perú hasta Bolivia y Brasil.

Teniendo en cuenta el potencial de *C. argentea* en sistemas de producción animal, Andersson *et al.* (2007) estudiaron una colección de 47 introducciones con diferencias geográficas, morfológicas y agronómicas utilizando ADN polimórfico amplificado al azar (RAPD). En este estudio se encontró que la colecta Yapacaní fue genéticamente diferente de las otras introducciones de *C. argentea*, lo que sugiere, junto con su inusual hábito de crecimiento enredadero (en contraste con el hábito erecto de las demás introducciones), un posible error de clasificación taxonómica. Este tipo morfológico es considerado un ecotipo, una forma genéticamente distinta que siempre se encuentra en ciertos hábitats (Futuyma 1998).

Queiroz (1996) señala que los métodos taxonómicos tradicionales para aclarar los límites entre géneros han sido subjetivos, mientras que algunos caracteres taxonómicos florales tienen sentido evolutivo cuando son analizados a la luz de su posible papel en la polinización.

Debido a la discrepancia en el estudio realizado por Andersson *et al.* (2007) y la importancia que tienen los caracteres florales en la clasificación taxonómica, este trabajo buscó evidenciar la compatibilidad en la fecundación entre el ecotipo Yapacaní de *C. argentea* con otros ecotipos de la misma especie, a través de polinizaciones controladas y describir el desarrollo floral de Yapacaní.

### 3. ANTECEDENTES

En general los estudios de biología floral se han concentrado en especies cultivadas, principalmente por el interés económico de su aplicación, o bien en especies silvestres en condiciones naturales con finalidades de carácter teórico (Búrquez y Sarukhán 1984).

Debido a la importancia económica que tienen las leguminosas, los estudios en biología floral han sido amplios sobre todo en las Faboideae.

Según Faegri y Pijl (1979) las flores papilionadas han sido consideradas como derivadas por la fuerte adaptación a polinización por abejas. En este sentido, se reportan las flores del género *Stylosanthes* (Pereira-Noronha 1982), *Crotalaria mucronata* (Almeida 1986) y *Centrosema macrocarpum* (Escobar 1991) como melitófilas, o polinizadas por varias especies de abejas.

Queiroz (1991) realizó estudios de biología floral en *C. hypargyrea* y *C. mollis*, y encontró que los polinizadores de estas especies son abejas grandes poliléticas de la familia Anthophoridae, géneros *Xylocopa* y *Centris*.

Por otra parte, en estudios reproductivos de *C. argentea* y *C. mollis* (Queiroz *et al.* 1997) se evaluaron mecanismos diferentes de reproducción (alogamia forzada, autogamia espontánea, autogamia forzada y agamospermia), mediante la tasa de fructificación, obteniendo que para ambas especies, tanto la autogamia forzada como la alogamia fueron mecanismos exitosos, lo que evidenció la existencia de autocompatibilidad.

Bystricky *et al.* (2010) estudiaron la biología floral de *C. argentea*, en donde evaluaron el número de vainas producidas y el número de semillas por vaina usando cuatro pruebas de polinización (autopolinización espontánea, autopolinización forzada, polinización por

insectos y polinización cruzada forzada). Sin embargo, a diferencia de Queiroz *et al.* (1997), sus resultados muestran que *C. argentea* presenta un alto grado de autoincompatibilidad.



## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. General**

Describir la biología floral del ecotipo Yapacaní de *Cratylia argentea* en condiciones experimentales.

### **4.2. Específicos**

1. Describir las fases del desarrollo floral (pre-antesis, antesis y post-antesis) del ecotipo Yapacaní de *C. argentea*.
2. Determinar los tipos de polinización en el ecotipo Yapacaní de *C. argentea*.
3. Determinar si hay compatibilidad en la fecundación entre el ecotipo Yapacaní de *C. argentea* con otros ecotipos de la misma especie.

## 5. HIPÓTESIS

Las fases del desarrollo floral del ecotipo Yapacaní de *Cratylia argentea* presentan el mismo patrón de características que el presentado por otros ecotipos de la misma especie.

Los tipos de polinización del ecotipo Yapacaní de *Cratylia argentea* son los mismos que presentan otros ecotipos de la misma especie.

## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1. Área de estudio

Se trabajó en la estación experimental del CIAT en Santander de Quilichao (Cauca, Colombia) entre agosto de 2010 y febrero de 2011. La estación se encuentra aproximadamente a 8 km de la población y los cultivos de la planta de interés se ubicaron a 03° 04' N, 76° 29' W y 1016 m.s.n.m., 15 minutos caminando desde la estación.

### 6.2 Objeto de estudio

Se estudiaron seis colectas del ecotipo Yapacaní (Bol 4, Bol 5, Bol 7, Bol 10, Bol 11 y Bol 12, originarias de los departamentos de Cochabamba y Santa Cruz, Bolivia) y dos ecotipos del tipo común de *C. argentea* (uno de Bolivia y el otro de Brasil). En enero de 2007 se sembraron tres repeticiones de cinco plantas por colecta en la estación experimental del CIAT en Santander de Quilichao. En agosto del 2010 las plantas del ecotipo Yapacaní fueron tutoradas a 1.5 m de alto y las de *C. argentea* fueron aisladas en dos casas de malla blanca (Figura 1), una de 6x3.5m para *C. argentea* de Brasil y otra de 19.5x5.5m para *C. argentea* de Bolivia y Bol 12; para el resto de las colectas del ecotipo las inflorescencias fueron aisladas utilizando bolsas de muselina reforzando la estructura con alambres forrados en plástico (Figura 2). Además, se colectaron ejemplares fértiles que fueron depositados en el herbario CUVC “Luis Sigifredo Espinal-Tascón” de la Universidad del Valle (Anexo A).



**Figura 1.** Casa de malla aislando plantas de *Cratylia argentea* de Brasil.



**Figura 2.** Bolsa de muselina aislando inflorescencia de *Cratylia argentea* ecotipo Yapacaní.

### **6.3 Desarrollo floral del ecotipo Yapacaní de *Cratylia argentea***

Se marcaron 100 botones florales de Bol 5 y Bol 10 de 4 a 12 mm de largo para realizar el seguimiento diario del desarrollo floral hasta la formación del fruto. Además, se registró la hora de apertura floral de 111 botones que se encontraban próximos a la antesis de Bol 10 y Bol 11.

### **6.4 Autopolinización natural**

Se encerraron ocho inflorescencias que no tenían flores abiertas en Bol 5, Bol 10 y Bol 11. Cada dos o tres días se registraba el número de flores abiertas, sin abrir la bolsa de muselina.

### **6.5 Autopolinización forzada**

Se polinizaron 117 flores de inflorescencias previamente encerradas de Bol 4, Bol 10 y Bol 11. Las flores se polinizaron una vez abrieron, utilizando polen de flores de la misma inflorescencia. Cada flor polinizada se marcó en el cáliz con color rojo y con un marbete de cartulina blanca de 1 cm<sup>2</sup> colgado del pedicelo.

### **6.6 Polinización cruzada natural**

Se marcaron cinco inflorescencias de Bol 10 y cada uno o dos días se registró el número de flores abiertas que se marcaron con color rojo en el cáliz. Las observaciones de los visitantes florales se realizaron durante el día; a partir de las 7:00 hasta las 17:30 horas. Algunos insectos fueron colectados y otros se registraron en fotografías para realizar la determinación taxonómica.

### **6.7 Polinización cruzada forzada**

Se encerraron inflorescencias y se hicieron cinco cruces diferentes entre Bol 7, Bol 10 y Bol 11 (Anexo B), para un total de 82 polinizaciones. Se utilizó el método de emasculación-polinización indicado por Escobar (1991) con algunas modificaciones dependiendo de la disponibilidad de flores. En algunas ocasiones se emasculó antes de las 9:00, otras veces después de las 16:00. En ambos casos las flores emasculadas se polinizaron al día siguiente entre las 9:00 y 11:00 horas. También se emascularon flores que se polinizaron inmediatamente después, antes de las 9:00 y después de las 16:00. Las flores polinizadas se marcaron con marbetes y en el cáliz con color rojo, al igual que en las anteriores polinizaciones. La emasculación se realizó en botones florales próximos a la antesis y para la polinización se utilizó polen de flores abiertas, en ambos casos de inflorescencias encerradas.

Se estableció el índice de autocompatibilidad del ecotipo Yapacaní como lo indican Lloyd y Schoen (1992), dividiendo el número de frutos formados en la autopolinización natural por el obtenido en la polinización cruzada forzada, donde valores entre cero y 0.75 se consideran como autoincompatible.

### **6.8 Polinización cruzada entre el ecotipo Yapacani y otros ecotipos de *Cratylia argentea***

Se realizaron nueve cruces diferentes utilizando Bol 7, Bol 10 y Bol 12 y los ecotipos *C. argentea* de Brasil y de Bolivia (Anexo B). Los cruces se agruparon en 4 teniendo en cuenta los dos ecotipos de *C. argentea* diferentes a Yapacaní como receptoras y donadoras de polen. Los grupos dieron como resultado 80 polinizaciones del ecotipo Yapacaní (Bol 10

y Bol 12) con *C. argentea* de Brasil, 261 polinizaciones de *C. argentea* de Brasil con el ecotipo Yapacaní (Bol 10 y Bol 12), 123 polinizaciones del ecotipo Yapacaní (Bol 7 y Bol 12) con *C. argentea* de Bolivia y 183 polinizaciones de *C. argentea* de Bolivia con el ecotipo Yapacaní (Bol 7, Bol 10 y Bol 12). Las flores se polinizaron siguiendo el mismo método que en la polinización cruzada forzada, con la diferencia de que no se necesitaron bolsas de muselina para las plantas de *C. argentea* porque éstas se encontraban aisladas en sus casas de malla.

### **6.9 Análisis estadístico**

Todas las pruebas de polinización se compararon mediante una prueba exacta de Fisher con un 95% de confianza utilizando el programa estadístico Minitab® 16.1.0 Statistical Software de Minitab Inc.. Los diferentes cruces que se realizaron en las polinizaciones cruzadas forzadas, las autopolinizaciones naturales y forzadas no presentaron diferencias estadísticas significativas (Anexo C), por lo que se tuvieron en cuenta como un solo cruce para cada prueba.

## 7. RESULTADOS

### 7.1. Características y desarrollo floral de *Cratylia argentea* ecotipo Yapacaní

El ecotipo Yapacaní es de hábito trepador con hojas glabras e inflorescencias racimosas.

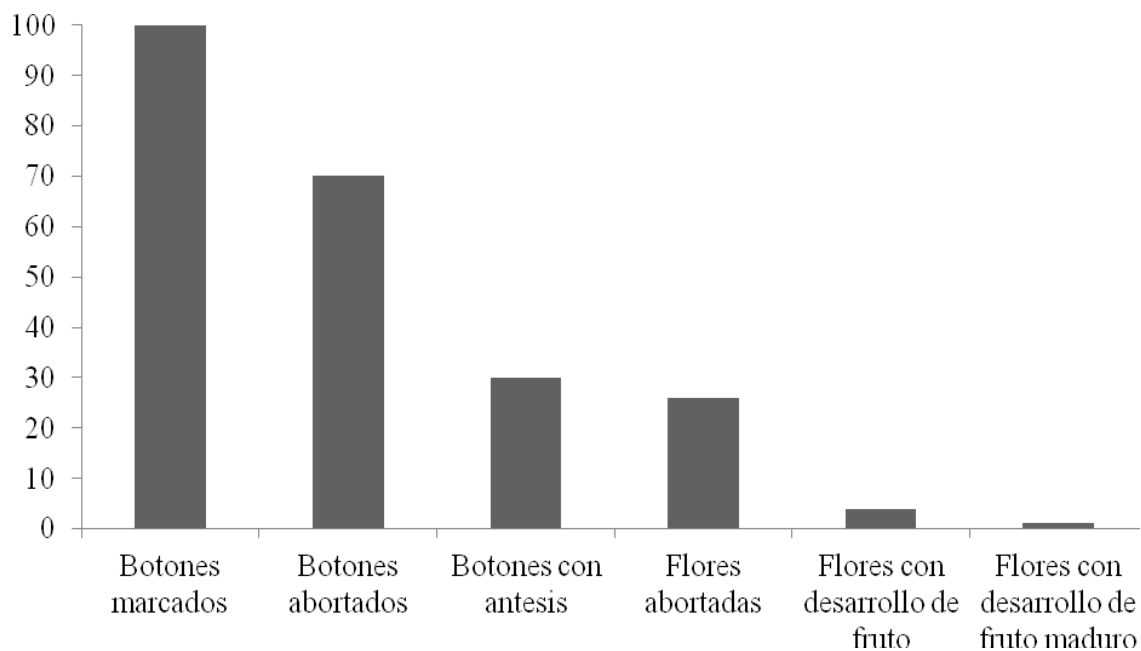
Las inflorescencias pueden medir hasta 32 cm de longitud, las flores aproximadamente 2.5 cm de longitud, de color morado con aroma dulce, frutos secos color café y longitud hasta de 18 cm (especimen de herbario). El desarrollo floral, seguido desde la aparición del botón hasta el fruto maduro, puede tardar en promedio 125.7 días, siendo la fructificación la etapa más larga en tiempo (Tabla 1).

**Tabla 1.** Duración en días de las fases del desarrollo de una flor y su respectivo fruto en *Cratylia argentea* ecotipo Yapacaní. Entre paréntesis tamaño de la muestra.

Etapa	Característica	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Prefloración (50)	Botones cerrados	12.5	1.7	10	17
	Dehiscencia anteras				
Floración (28)	Antesis	1	0	1	1
	Caída flor	3	1.6	1	6
Fructificación (14)	Formación de la vaina hasta su maduración	109.2	4.3	98	112
<b>Total</b>		<b>125.7</b>			

En la etapa de prefloración la mayoría de los botones no alcanzaron a llegar a la etapa de fructificación, pues de los 100 botones que se marcaron sólo 30 realizaron antesis y apenas uno alcanzó su desarrollo hasta fruto maduro (Figura 3).





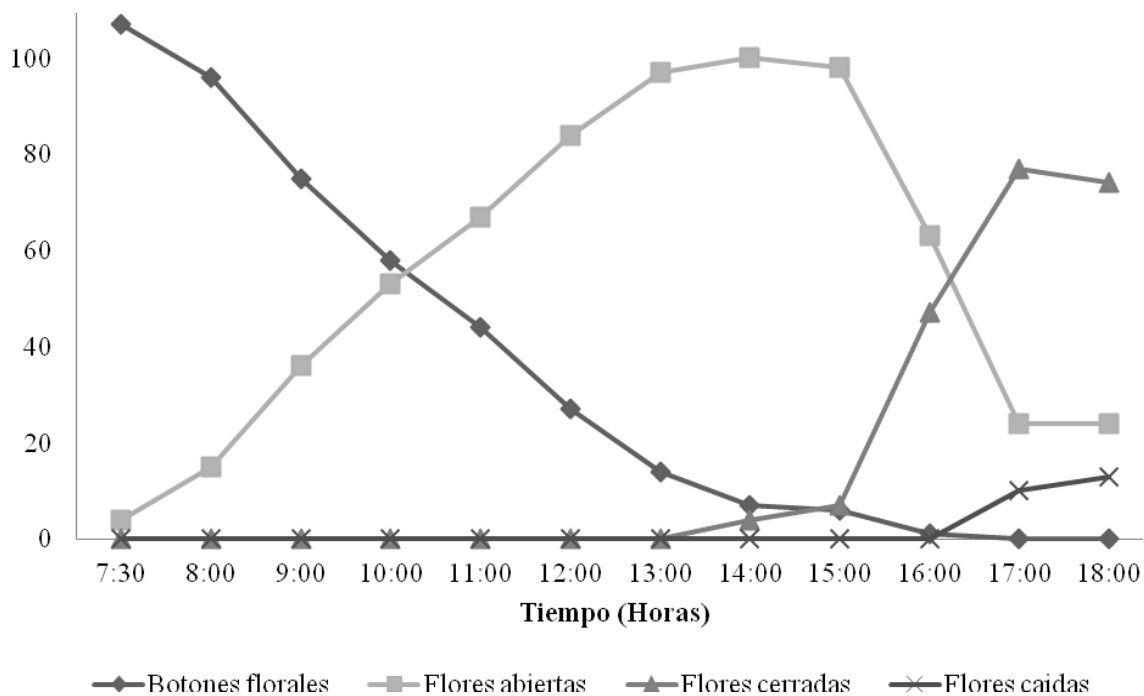
**Figura 3.** Porcentaje de éxito en las fases del desarrollo floral de *Cratylia argentea* ecotipo Yapacaní.

En la etapa de floración, la antesis ocurre en el día y los botones tardan menos de una hora en realizar su apertura. Los primeros botones que iniciaron la antesis lo realizaron a las 7:30 y el último la hizo a las 17:00 horas, no obstante, el 62.2% de los botones realizaron su apertura floral entre las 9:00 y 12:00 (Tabla 2).

**Tabla 2.** Hora de apertura floral en *Cratylia argentea* ecotipo Yapacaní (n=111).

Característica	Hora											
	07:30	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Botones florales	107	96	75	58	44	27	14	7	6	1	0	0
Flores abiertas	4	15	36	53	67	84	97	100	98	63	24	24
Flores cerradas	0	0	0	0	0	0	0	4	7	47	77	74
Flores caídas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	13

Las flores abiertas duran en promedio siete horas, puesto que cuando empieza a disminuir el número de flores abiertas aumenta el número de flores cerradas (Figura 4).

**Figura 4.** Tendencias florales en el ecotipo Yapacaní de *Cratylia argentea* en un día solar.

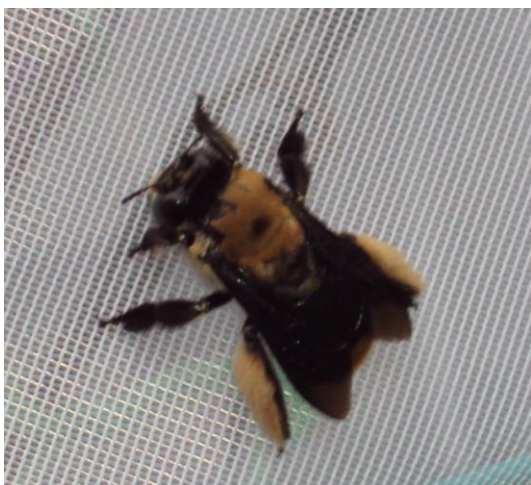
Todas las flores fueron visitadas por insectos de la especie *Xylocopa frontalis* (Hymenoptera: Apidae) (Figura 5), los cuales dejaban huellas en la flor o las anteras expuestas (Figura 6) y en algunas ocasiones producían la caída de las flores. También se observó la visita menos frecuente de otros insectos (Figura 7).



**Figura 5.** *Xylocopa frontalis* visitando flor de *Cratylia argentea* ecotipo Yapacaní.



**Figura 6.** Flor de *Cratylia argentea* ecotipo Yapacaní después de la visita de *X. frontalis*.



a)



b)

**Figura 7.** Visitantes florales menos frecuentes de *Cratylia argentea* ecotipo Yapacaní a) *Centris* sp. (Hymenoptera: Apidae), b) *Megachile* sp. (Hymenoptera: Megachilidae).

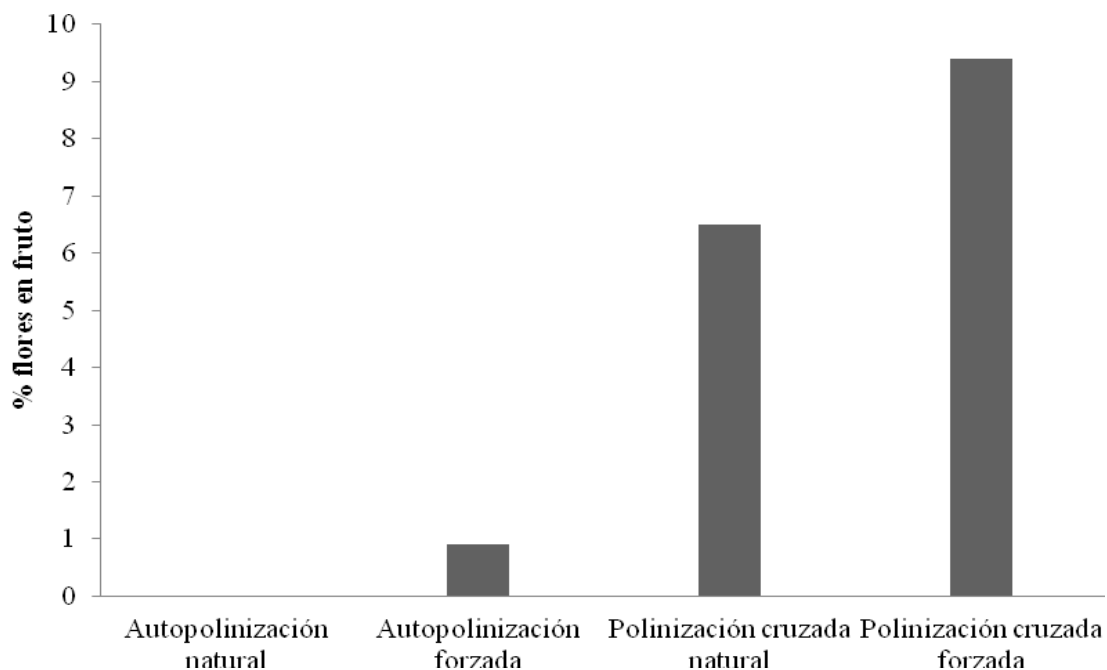
## 7.2. Polinizaciones en el ecotipo Yapacaní de *Cratylia argentea*

De las cuatro pruebas realizadas las más exitosas fueron las polinizaciones cruzadas (Tabla 3). La formación de fruto por polinización cruzada forzada supera en un 2.9% a la polinización cruzada natural (Figura 8). Sin embargo, estadísticamente no hay diferencias entre las dos pruebas de polinización cruzada, pero sí las hay entre éstas y las de autopolinización (Anexo D).

**Tabla 3.** Resultados de las cuatro pruebas de polinización en *Cratylia argentea* ecotipo Yapacaní.

Prueba	Autopolinización natural	Autopolinización forzada	Polinización cruzada natural	Polinización cruzada forzada
Numero de polinizaciones	288	117	555	85
Flores abortadas	288	116	519	77
Flores formando fruto	0	1	36	8

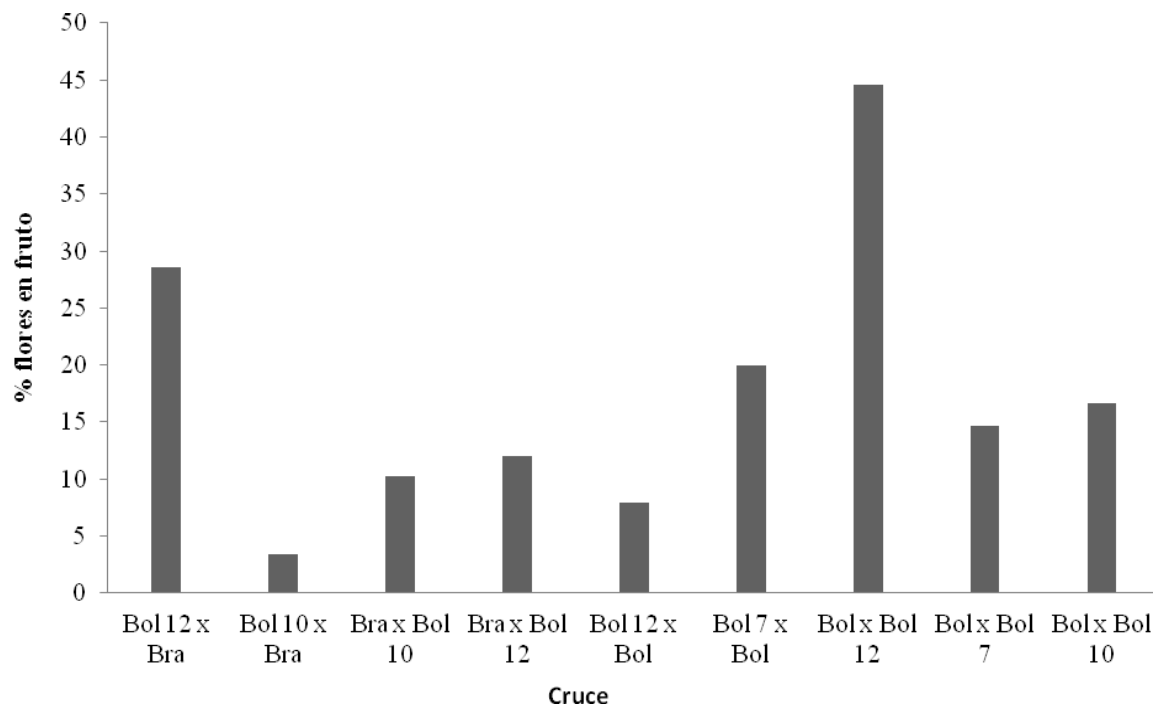
De acuerdo al porcentaje de flores que formaron fruto en la autopolinización forzada (0.9%) y la polinización cruzada forzada (9.4%) (Figura 8), el índice de autocompatibilidad es 0.1, es decir que el ecotipo Yapacaní de *Cratylia argentea* es altamente autoincompatible.



**Figura 8.** Porcentaje de flores que formaron fruto en las cuatro pruebas de polinización en *Cratylia argentea* ecotipo Yapacaní.

### 7.3. Polinización cruzada entre el ecotipo Yapacani de *Cratylia argentea* y otros ecotipos de *C. argentea*

De los cruces realizados entre el ecotipo Yapacani y los ecotipos *C. argentea* de Brasil y de Bolivia, los que dieron resultados más efectivos fueron *C. argentea* de Bolivia con Bol 12 (44.53%), seguido por Bol 12 con *C. argentea* de Brasil (28.57%). En contraste, los porcentajes más bajos de flores que formaron fruto se presentaron en los cruces de Bol 10 con *C. argentea* de Brasil (3.39%) y Bol 12 con *C. argentea* de Bolivia (7.96%) (Figura 9).



**Figura 9.** Porcentaje de flores que formaron fruto en los cruces de *Cratylia argentea* ecotipo Yapacaní con los ecotipos *C. argentea* de Brasil (Bra) y de Bolivia (Bol).

Aunque todos los cruces de las colectas de Yapacaní con *C. argentea* formaron fruto cabe resaltar que de las diferencias significativas están en ocho cruces que incluyen Bol 12 x Bra y Bol x Bol 12 con Bol 10 x Bra, Bra x Bol 10, Bol 12 x Bol, Bra x Bol 12 y Bol x Bol 7 de las treinta y seis combinaciones posibles (Anexo E).

## 8. DISCUSIÓN

### 8.1. Características y desarrollo floral de *Cratylia argentea* ecotipo Yapacaní

El ecotipo Yapacaní de *Cratylia argentea* presenta un periodo reproductivo largo pues tarda, desde botón floral hasta fruto maduro, alrededor de 4 meses. Además su capacidad reproductiva es baja teniendo en cuenta que del seguimiento de 100 botones marcados sólo uno llegó a fruto maduro. La caída de los botones florales se puede explicar por las condiciones ambientales adversas, ya que el área de estudio se encontraba en una zona con mucha influencia del viento sumado a los fuertes aguaceros que se presentaron en la época (Base de datos CIAT 2012). En este sentido, Kudo (2006) muestra que la etapa de prefloración es más susceptible a la influencia de los factores ambientales, pues éstos determinan fuertemente el período favorable para la floración.

Por otra parte, aunque la pérdida de flores en el ecotipo Yapacaní también está condicionada a las características anteriores, se le adicionan los daños causados por los visitantes florales, ya que éstos para obtener el néctar ejercen una fuerte presión sobre la flor. Igualmente, en otro estudio realizado en la misma estación experimental se reportan para dos introducciones de *C. argentea* altos porcentajes de flores abortadas y bajos porcentajes de flores que desarrollan fruto (Bystricky *et al.* 2010). En este sentido, el aborto de flores en especies autoincompatibles se da porque éstas no reciben polen de otras plantas (Bawa y Webb 1984). Es posible que este fenómeno haya ocurrido en muchas flores del ecotipo Yapacaní, puesto que el visitante floral más frecuente, *Xylocopa frontalis*, visitaba varias flores en una misma inflorescencia lo que disminuye la probabilidad de encontrar polen de otras plantas.



Si bien la pérdida de botones florales es abundante, ésta deja de ser perceptible por la aparición de muchas flores en cada inflorescencia. Esta característica puede aumentar la probabilidad de polinización durante los años de baja disponibilidad de polinizadores; además, en especies con períodos de floración extendida, los excedentes de producción de flores pueden servir como un amortiguador cuando las condiciones ambientales son adversas o la competencia con otras especies florecidas reduce el flujo de polen (Stephenson 1981).

Así como el aborto de botones y flores es frecuente, lo puede ser también el de frutos, ya que se ha reportado selección de frutos para la maduración, es decir que la planta “selecciona” los mejores frutos, los que tienen mayor cantidad de óvulos fecundados (semillas), para continuar su maduración (Stephenson 1981, Burd 1998). Esta podría ser una de las razones por las cuales a pesar de tener flores polinizadas y formando fruto, no todas llegan a madurar sus frutos como el caso reportado para *Acacia caven* (Fabaceae, Mimosoideae) por Torres *et al.* (2002) . Además, los frutos jóvenes son más susceptibles a ser abortados que los frutos maduros y la posición de éstos en la inflorescencia también influye en la abscisión (Bawa y Webb 1984).

Al comparar la duración en la formación de frutos entre *C. argentea* ecotipo Yapacaní ( $109.2 \pm 4.3$  días) y *C. argentea* se puede observar alrededor de un mes de diferencia, puesto que Bystricky *et al.* (2010) reportan una duración de más de 75 días en dos introducciones de *C. argentea*. En el desarrollo del fruto de *C. argentea* ecotipo Yapacaní se pueden diferenciar las tres etapas encontradas para la Faboideae *Centrosema macrocarpum* (Escobar 1991). En la primera etapa hay un crecimiento longitudinal de la vaina y cuando las valvas alcanzan su tamaño final se inicia la segunda etapa, que se

caracteriza por abultamientos laterales que corresponden a las semillas en crecimiento. La tercera etapa dura menos tiempo que las anteriores y consiste en la decoloración y secado de la vaina, de un color verde hasta un tono café.

Por otro lado, la flor del ecotipo Yapacaní dura un día, pues la mayoría de las flores que abrieron en la mañana, en la tarde del mismo día ya se encontraron cerradas. Esto también fue reportado para dos introducciones de *C. argentea* (Bystricky *et al.* 2010). Además la oferta de botones florales en diferentes estados permite que en el transcurso del día siempre haya flores abiertas. Asimismo, la tendencia a que la apertura floral ocurra en la mañana, puede estar relacionada con la mayor actividad de los polinizadores, ya que en otras especies de abejas se ha encontrado un número mayor entre las 10:00 y 12:00 horas (Smith-Pardo y González 2007).

Según Faegri y Pijl (1979) las flores diurnas de color morado y aromas dulces, como las del ecotipo Yapacani, son propias de la polinización por abejas. Estos autores mencionan que la morfología típica de las Faboideae está adaptada para ser polinizada por abejas, puesto que el néctar es producido en la base del pistilo que junto con los estambres se encuentran encerrados por dos pares de pétalos laterales (quilla y alas); por lo tanto para acceder al néctar los pétalos deben separarse. En consecuencia, se necesita un animal fuerte y capaz de obtener un agarre seguro en cualquier parte de la flor en que se haya posado, como las abejas. Cuando la abeja se posa en la flor ejerce presión sobre los cuatro pétalos dejando al descubierto las anteras y el estilo que rozan con el abdomen del polinizador; una vez la abeja deja la flor los pétalos regresan a su posición original (Faegri y Pijl 1979). Esto fue lo observado en la visita de *X. frontalis* y *Centris* sp., aunque este último con menor frecuencia. A diferencia de estos dos polinizadores, según lo observado en las visitas

florales de *Megachile* sp. no hubo contacto del insecto con los estambres; además la visita se realizaba cuando la flor ya se encontraba próxima a cerrarse. Por tanto *Megachile* sp. se considera como un robador de néctar y no un polinizador. Estas tres especies de abejas también son visitantes florales de *C. argentea* aunque el papel de *Megachile* sp. no está muy claro, puesto que la reportan como polinizador, junto con *X. frontalis* y dos especies de *Centris*, y como robador de néctar (Bystricky *et al.* 2010).

De igual forma, *Centris longimana* y *Xylocopa frontalis* han sido reportadas en Brasil como polinizadoras de *Cratylia hypargyrea*, y cuatro especies de *Xylocopa* como polinizadoras de *Cratylia mollis* (Queiroz 1996). Por otro lado, en Palmira y Santander de Quilichao, ocho especies de abejas polinizadoras, entre las cuales están *X. frontalis* y dos especies de *Centris* fueron registradas para la Faboideae *C. macrocarpum* (Escobar 1991). Esto una vez más evidencia el papel de estas abejas grandes en la polinización de este tipo de leguminosas.

## **8.2. Polinizaciones en el ecotipo Yapacaní de *Cratylia argentea***

El ecotipo Yapacaní de *C. argentea* es favorecido por la polinización cruzada, puesto que en ambas polinizaciones tanto forzada como natural se producen los más altos porcentajes de formación de frutos en contraste con las autopolinizaciones. Este ecotipo registró un índice de autocompatibilidad de 0.1, por lo que es altamente autoincompatible. Lo mismo se presentó en dos introducciones de *C. argentea* (Bystricky *et al.* 2010), en las que el índice de autoincompatibilidad fue entre 0.03 y 0.06 con la conclusión de que la especie es casi que exclusivamente autoincompatible.

El hecho de registrar a *C. argentea* ecotipo Yapacaní como autoincompatible, es apoyado por la afirmación de Sutherland (1986) de que en especies autoincompatibles con flores hermafroditas, en promedio sólo el 20.6% de las flores forman frutos. Aunque esto no se estudió sí es claro que en el ecotipo Yapacaní la relación entre flores y frutos es muy baja. Otras observaciones que contribuyen a explicar la autoincompatibilidad en este ecotipo es la dehiscencia de las anteras antes de la apertura floral y que las flores aisladas de los insectos, en la autopolinización natural, no formaron frutos. Además las flores que no fueron visitadas por insectos mantienen su flor abierta por dos días, por lo que es muy probable que la receptividad del estigma sea después de la apertura floral y su duración sea de más de un día, aunque ésta no se logro determinar.

Sin embargo, desde Brasil Queiroz *et al.*(1997) reportan a *C. argentea* y *C. mollis* como especies con capacidad de reproducción por autogamia y por alogamia, evidenciando la existencia de autocompatibilidad. En contraste, Bystricky *et al.* (2010), en condiciones experimentales en Colombia, registran autocompatibilidad para *C. argentea*. Esto puede explicarse porque la polinización en plantas cultivadas sólo da información de la adaptabilidad de los agentes de polinización, no sobre la adaptación mutua de las flores y sus polinizadores (Faegri y Pijl 1979).

### **8.3. Polinización cruzada entre el ecotipo Yapacani de *Cratylia argentea* y otros ecotipos de *C. argentea***

Los cruces entre *C. argentea* ecotipo Yapacaní y los otros ecotipos de *C. argentea* (de Brasil y Bolivia) resultaron ser más exitosos que los realizados entre las colectas de Yapacaní (3.39% - 44.53%). Por tanto es muy probable que en la naturaleza estén

ocurriendo estos cruces puesto que el polinizador, *X. frontalis*, además de ser poliléctico tiene una amplia distribución en el neotrópico (Ospina 2000).

Sin embargo, se presentaron diferencias significativas en ocho cruces de las 36 combinaciones posibles, las cuales se deben a la colecta del ecotipo puesto que todos los cruces, a excepción de uno, se dan en las dos vías, es decir, que *C. argentea* ecotipo Yapacaní puede donar y recibir polen de los otros ecotipos de *C. argentea*. El hecho de que el cruce entre Bol 12 y *C. argentea* de Bolivia es exitoso cuando Bol 12 es el donador de polen, pero no cuando éste recibe polen de *C. argentea* de Bolivia, sugiere incompatibilidad unilateral. En cruces entre especies de los géneros *Limnanthes* (Limnanthaceae) y *Oxalis* (Oxalidaceae) la unilateralidad no es debida a la operación de un sistema de incompatibilidad, sino que ésta puede estar relacionada con la incapacidad del polen de las flores pequeñas de producir un tubo polínico suficientemente largo para atravesar la longitud de los estilos largos de la especie de cruzamiento (Ornduff 1969). Sin embargo, éste no es el caso entre el cruce de Bol 12 y *C. argentea* de Bolivia puesto que ambas flores son muy similares.

No obstante, antes de hacer una afirmación respecto al flujo de polen entre *C. argentea* ecotipo Yapacaní y los otros ecotipos de *C. argentea* es necesario ampliar este estudio aumentando tanto el tamaño de muestra como el tiempo de observación, puesto que los resultados podrían llegar a variar significativamente si se tiene en cuenta que no todas las flores que empiezan la formación de fruto terminan su desarrollo hasta frutos maduros. Además, si *C. argentea* ecotipo Yapacaní no está estrechamente relacionado con los otros ecotipos de *C. argentea*, es posible que se estén dando barreras de aislamiento postcigóticas (Futuyma 1998), que podrían estar representadas en semillas inviables o híbrido estéril.

Puesto que la facilidad con la que dos especies pueden dar híbridos artificialmente no está relacionada con la fertilidad posterior de sus híbridos, los términos cruzabilidad e interfertilidad son independientes, se refieren a fenómenos distintos y con frecuencia no están relacionados, pues el aislamiento genético entre las especies puede ocurrir a cualquier nivel (Ornduff 1969).

Aunque la prueba realizada tiene en cuenta las proporciones de cada muestra y no se ve afectada por tamaños muestrales pequeños, resultaría mejor aumentar el tamaño de muestra para aquellos cruces entre los cuales su tamaño fue menor a 50 polinizaciones y de esta forma poder ensayar diferentes pruebas estadísticas que permitan reforzar los resultados obtenidos en este estudio.

## 9. CONCLUSIONES

Retomando la primera hipótesis y lo encontrado en este trabajo, la diferencia más importante en las fases del desarrollo floral entre *C. argentea* ecotipo Yapacaní y los otros ecotipos de *C. argentea* se da en la duración de la etapa de fructificación, pues los frutos del ecotipo Yapacaní requieren alrededor de un mes más para su maduración.

Respecto a la segunda hipótesis, se concluye que los tipos de polinización en *C. argentea* ecotipo Yapacaní son similares a los reportados para otros ecotipos de *Cratylia argentea*.

Por tanto el ecotipo Yapacaní es altamente autoincompatible y su polinización depende de la abeja *Xylocopa frontalis*.

El flujo de polen entre *C. argentea* ecotipo Yapacaní y los otros ecotipos de *C. argentea* se da en las dos vías; sin embargo no hay certeza de la viabilidad de los frutos y mucho menos de la fertilidad de los híbridos.

## 10. LITERATURA CITADA

- ALMEIDA, E.C.D. 1986. Biología Floral e Mecanismo de Reprodução em *Crotalaria mucronata* Desv. Revista Ceres. 33 528-540 p.
- ANDERSSON, M., SCHULTZE-KRAFT, R., PETERS, M., DUQUE, M. & GALLEGOS, G. 2007. Extent and structure of genetic diversity in a collection of the tropical multipurpose shrub legume *Cratylia argentea* (Desv.) O. Kuntze as revealed by RAPD markers. Electronic Journal of Biotechnology 10 (3): 386-399 p.
- ARGEL, P., HIDALGO, C., GONZÁLEZ, J., LOBO, M., ACUÑA, V. & JIMÉNEZ, C. 2001. Cultivar veraniega (*Cratylia argentea* (Desv.) O. Kuntze). Una leguminosa arbustiva para la ganadería de América Latina Tropical. Consorcio Tropileche (CATIE, CIAT, ECAG, MAG, UCR). Boletín Técnico. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG). 22 p.
- ARGEL, P. & LASCANO, C. 1998. *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze: Una nueva leguminosa arbustiva para suelos ácidos en zonas subhúmedas tropicales. Pasturas Tropicales 20 (1): 37-43 p.
- BAWA, K.S. & WEBB, C.J. 1984. Flower, fruit and seed abortion in tropical forest trees: Implications for the evolution of paternal and maternal reproductive patterns. American Journal of Botany 71 (5): 736-751 p.
- BURD, M. 1998. "Excess" flower production and selective fruit abortion: a model of potential benefits. Ecology 79 (6): 2123-2132 p.
- BÚRQUEZ, A. & SARUKHÁN, J. 1984. Biología Floral de Poblaciones Silvestres y Cultivadas de *Phaseolus coccineus* L. II. Sistemas Reproductivos. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 46 3-12 p.
- BYSTRICKY, M., SCHULTZE-KRAFT, R. & PETERS, M. 2010. Studies on the pollination biology of the tropical forage legume shrub *Cratylia argentea*. Tropical Grasslands 44 246–252 p.
- DELWICHE, C. 1978. Legumes: past, present, and future. BioScience 28 (9): 565-570 p.
- ESCOBAR, G. 1991. Aspectos coevolutivos en la polinización de plantas por insectos: polinización de *Centrosema macrocarpum*, un caso práctico. Tesis de pregrado. Cali-Colombia, Universidad del Valle, Facultad de Ciencias. 111 p.
- FAEGRI, K. & PIJL, L.V.D. 1979. The principles of pollination ecology. Third revised edition. Pergamon Press. 244 p.



- FORERO, E. & ROMERO, C. 2005. Estudios en Leguminosas de Colombia. Bogotá, D.C., Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 413 p.
- FUTUYMA, D. 1998. Evolutionary Biology. Third Edition. Sunderland, Massachusetts, Sinauer Associates, Inc. 763 p.
- JUDD, W., CAMPBELL, C., KELLOGG, E., STEVENS, P. & DONOGHUE, M. 2002. Plant Systematics: a phylogenetic approach. Second Edition. Sunderland, Massachusetts, Sinauer Associates, Inc. 576 p.
- KUDO, G. 2006. Flowering phenologies of animal-pollinated plants: reproductive strategies and agents of selection. Cap. 8, Págs. 139-158, en: Harder, L. & Barrett, S. Ecology and evolution of flowers. Oxford University Press,
- LLOYD, D. & SCHOEN, D. 1992. Self- and cross-fertilization in plants. I. Functional dimensions. International Journal of Plant Sciences. 153 (3): 358 - 369 p.
- ORNDUFF, R. 1969. Reproductive biology in relation to systematics. Taxon 18 (2): 121-133 p.
- OSPINA, M. 2000. Abejas carpinteras (Hymenoptera: Apidae: Xylocopinae: Xylocopini) de la región Neotropical. Biota Colombiana 1 (3): 239-252 p.
- PEREIRA-NORONHA, M. 1982. Biologia Floral de *Stylosanthes* (Fabaceae) no Serrado de Botucatu, Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Biología 42 595-605 p.
- QUEIROZ, L.P.D. 1991. O Gênero *Cratylia* Martius ex Bentham (Leguminosae: Papilionoideae: Phaseoleae): revisão taxonômica e aspectos biológicos. Mestre em Ciências Biológicas Área de Biologia Vegetal. Campinas, Universidade Estadual de Campinas. 128 p.
- QUEIROZ, L.P.D. 1996. Pollination ecology studies in *Cratylia* Mart. ex Benth. (Leguminosae: Papilionoideae) and its taxonomic and evolutionary implications. Sitientibus (15): 119-131 p.
- QUEIROZ, L.P.D. & CORADIN, L. 1995. Biogeografia de *Cratylia* e áreas prioritárias para coleta. Págs. 1-15, en: Pizarro, E.A. & Coradin, L. Potencial del género *Cratylia* como leguminosa forrajera. Memorias del Taller de Trabajo Realizado el 19 y 20 de julio de 1995. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Brasilia, DF, Brasil.
- QUEIROZ, L.P.D., SILVA, M.M.D., RAMOS, A.K.B. & PIZARRO, E.A. 1997. Estudos reproductivos em *Cratylia argentea* (Desv.) O. Kuntze e *Cratylia mollis* Mart. ex Benth. (Leguminosae-Papilionoideae). Pasturas Tropicales 19 20-23 p.

SMITH-PARDO, A. & GONZÁLEZ, V. 2007. Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) en estados sucesionales del Bosque Húmedo Tropical. *Acta biológica colombiana* 12 (1): 43-56 p.

STEPHENSON, A. 1981. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. *Annual Review of Ecology and Systematics* 12 253-279 p.

SUTHERLAND, S. 1986. Floral sex ratios, fruit-set, and resource allocation in plants. *Ecology* 67 (4): 991-1001 p.

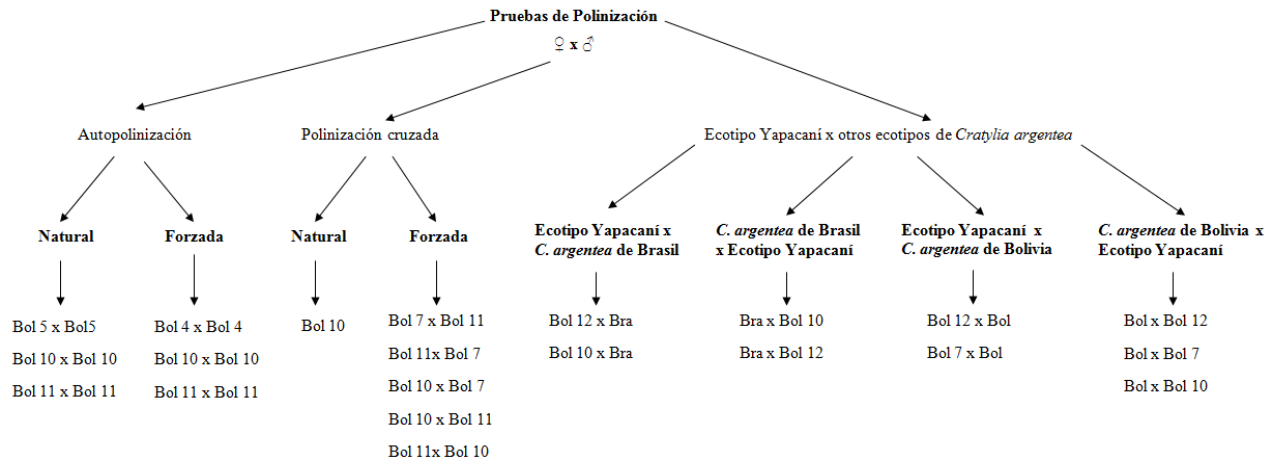
TORRES, C., EYNARD, M., AIZEN, M. & GALETTO, L. 2002. Selective fruit maturation and seedling performance in *Acacia caven* (Fabaceae). *International Journal of Plant Sciences*. 163 (5): 809-813 p.

## ANEXO A

**Tabla 4.** Ejemplares depositados en el herbario CUVC “Luis Sigifredo Espinal-Tascón” de la Universidad del Valle.

<b>Ejemplar</b>	<b>Número de inclusión</b>
<i>Cratylia argentea</i> de Brasil	49304
<i>Cratylia argentea</i> de Brasil	49305
<i>Cratylia argentea</i> colecta Bol 7	49306
<i>Cratylia argentea</i> colecta Bol 7	49307
<i>Cratylia argentea</i> colecta Bol 10	49308
<i>Cratylia argentea</i> colecta Bol 4	49309
<i>Cratylia argentea</i> colecta Bol 5	49310
<i>Cratylia argentea</i> de Brasil	49311
<i>Cratylia argentea</i> de Bolivia	49312
<i>Cratylia argentea</i> colecta Bol 10	49313
<i>Cratylia argentea</i> colecta Bol 5	49314
<i>Cratylia argentea</i> colecta Bol 11	49315

## ANEXO B



**Figura 10.** Diagrama de las pruebas de polinización.

## ANEXO C

## Autopolinización forzada

**Tabla 5.** Valores p utilizando la prueba exacta de Fisher para comparar los cruces entre las colectas de *Cratylia argentea* ecotipo Yapacaní. Entre paréntesis número total de polinizaciones.

<b>Cruce ♀ x ♂</b>	<b>Bol 10 x Bol 10 (85)</b>	<b>Bol 11 x Bol 11 (24)</b>
<b>Bol 11 x Bol 11 (24)</b>	0,220	
<b>Bol 4 x Bol 4 (8)</b>	1,000	1,000

## Autopolinización natural

**Tabla 6.** Valores p utilizando la prueba exacta de Fisher para comparar los cruces entre las colectas de *Cratylia argentea* ecotipo Yapacaní. Entre paréntesis número total de polinizaciones.

<b>Cruce ♀ x ♂</b>	<b>Bol 5 x Bol 5 (80)</b>	<b>Bol 11 x Bol 11 (133)</b>
<b>Bol 11 x Bol 11 (133)</b>	1,000	
<b>Bol 10 x Bol 10 (75)</b>	1,000	1,000

## Polinización cruzada forzada

**Tabla 7.** Valores p utilizando la prueba exacta de Fisher para comparar los cruces entre las colectas de *Cratylia argentea* ecotipo Yapacaní. Entre paréntesis número total de polinizaciones.

<b>Cruce</b> ♀ x ♂	<b>Bol 7 x</b> <b>Bol 11</b> <b>(42)</b>	<b>Bol 11x</b> <b>Bol 7</b> <b>(9)</b>	<b>Bol 10 x</b> <b>Bol 7</b> <b>(11)</b>	<b>Bol 10 x</b> <b>Bol 11</b> <b>(12)</b>
<b>Bol 11x</b> <b>Bol 7</b> <b>(9)</b>	1,000			
<b>Bol 10 x</b> <b>Bol 7</b> <b>(11)</b>	0,187	0,479		
<b>Bol 10 x</b> <b>Bol 11</b> <b>(12)</b>	0,537	1,000	0,590	
<b>Bol 11x</b> <b>Bol 10</b> <b>(11)</b>	0,054	0,218	1,000	0,317

## Polinización cruzada natural

**Tabla 8.** Valores p utilizando la prueba exacta de Fisher para comparar las inflorescencias de la colecta Bol 10 del ecotipo Yapacaní de *Cratylia argentea*. Entre paréntesis número total de polinizaciones.

<b>Inflorescencia</b>	<b>1 (70)</b>	<b>2 (146)</b>	<b>3 (136)</b>	<b>4 (79)</b>
<b>2 (146)</b>	0,625			
<b>3 (136)</b>	0,154	0,252		
<b>4 (79)</b>	0,115	0,184	0,749	
<b>5 (124)</b>	0,070	0,143	0,772	1,000

## ANEXO D

**Tabla 9.** Valores p utilizando la prueba exacta de Fisher para comparar las cuatro pruebas de polinización en *Cratylia argentea* ecotipo Yapacaní. Los valores con \* son estadísticamente significativos.

<b>Prueba</b>	<b>Autopolinización natural</b>	<b>Autopolinización forzada</b>	<b>Polinización cruzada natural</b>
<b>Autopolinización forzada</b>	0.289		
<b>Polinización cruzada natural</b>	0.000*	0.012*	
<b>Polinización cruzada forzada</b>	0.000*	0.005*	0.354

## ANEXO E

**Tabla 10.** Valores p utilizando la prueba exacta de Fisher para comparar los cruces entre las colectas de *Cratylia argentea* ecotipo Yapacani y los ecotipos *C. argentea* de Brasil (Bra) y de Bolivia (Bol). Entre paréntesis número total de polinizaciones. Los valores con \* son estadísticamente significativos.

<b>Cruce</b> ♀ x ♂	<b>Bol 12</b> <b>x Bra</b> <b>(21)</b>	<b>Bol 10</b> <b>x Bra</b> <b>(59)</b>	<b>Bra x</b> <b>Bol 10</b> <b>(136)</b>	<b>Bra x</b> <b>Bol 12</b> <b>(125)</b>	<b>Bol 12</b> <b>x Bol</b> <b>(113)</b>	<b>Bol 7</b> <b>x Bol</b> <b>(10)</b>	<b>Bol x</b> <b>Bol 12</b> <b>(137)</b>	<b>Bol x</b> <b>Bol 7</b> <b>(34)</b>
<b>Bol 10</b> <b>x Bra</b> <b>(59)</b>	0.003*							
<b>Bra x</b> <b>Bol 10</b> <b>(136)</b>	0.031*	0.155						
<b>Bra x</b> <b>Bol 12</b> <b>(125)</b>	0.084	0.098	0.697					
<b>Bol 12</b> <b>x Bol</b> <b>(113)</b>	0.014*	0.335	0.661	0.390				
<b>Bol 7 x</b> <b>Bol</b> <b>(10)</b>	1.000	0.097	0.301	0.614	0.220			
<b>Bol x</b> <b>Bol 12</b> <b>(137)</b>	0.236	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.189		
<b>Bol x</b> <b>Bol 7</b> <b>(34)</b>	0.300	0.095	0.542	0.771	0.315	0.649	0.001*	
<b>Bol x</b> <b>Bol 10</b> <b>(12)</b>	0.678	0.130	0.620	0.645	0.285	1.000	0.073	1.000