



Identificación de plantas androestériles en la Colección Colombiana de Café

**Disciplina de Mejoramiento
Genético**

Juan Carlos Arias Suárez
2022



Contenido

Generalidades en la obtención de variedades de café.

Potencial de los híbridos y dificultades en café.

La androesterilidad y el mejoramiento genético.

Experiencias con el uso de la androesterilidad en café.

Ventajas y limitaciones.

Identificación de androestériles en Colombia.

Acercamiento al fenómeno en café.

Perspectivas y realidades.

Importancia del Mejoramiento Genético

Variedades Mejoradas



¿Mejor en qué?

Objetivo...

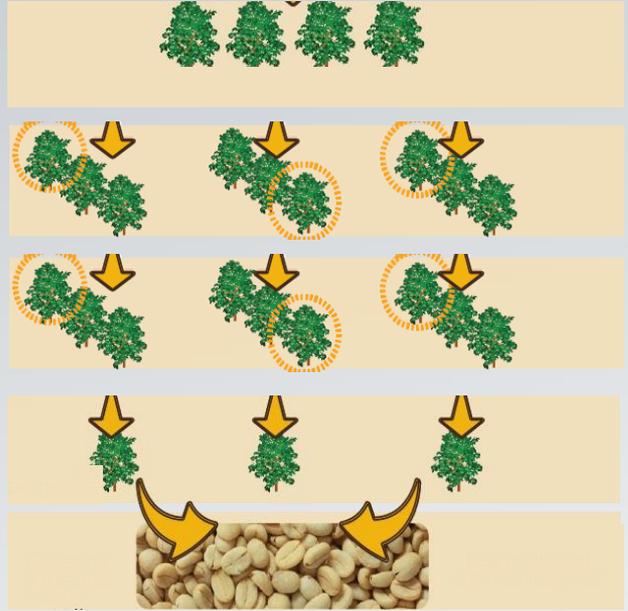


Sistema productivo



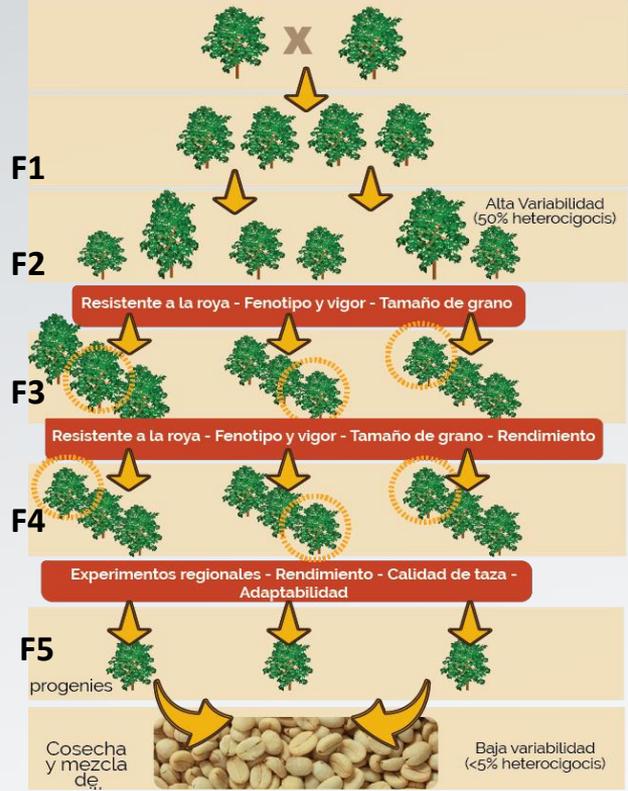
Métodos de Mejoramiento Genético

Selección



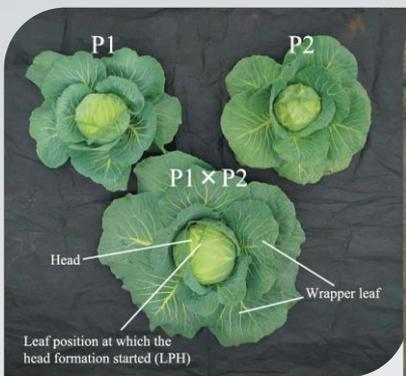
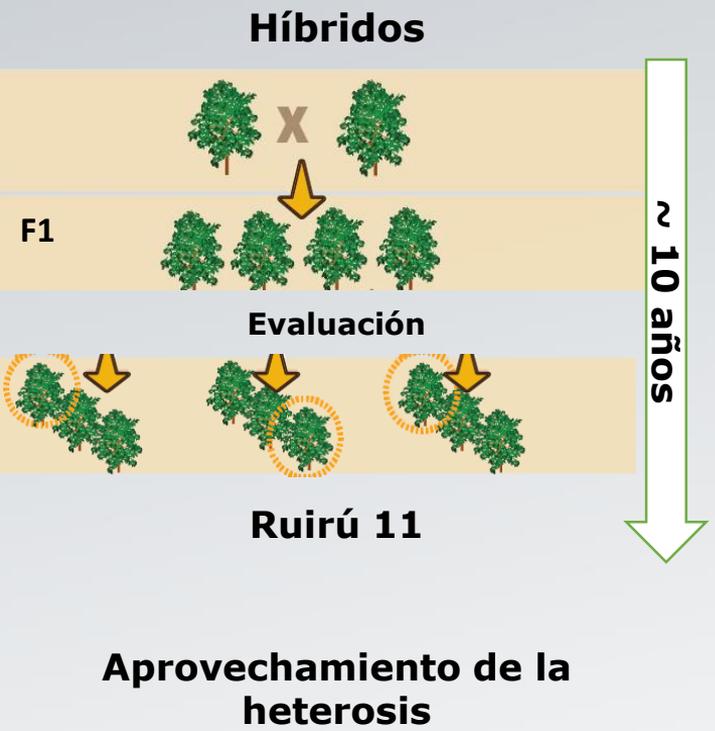
IARANA (Compuesta)
S.288
F.502
Chinchiná 21
Amarillo Chinchiná

La Hibridación



Cenicafé 1

Métodos de Mejoramiento Genético



Tanaka & Nijjura, 2006.

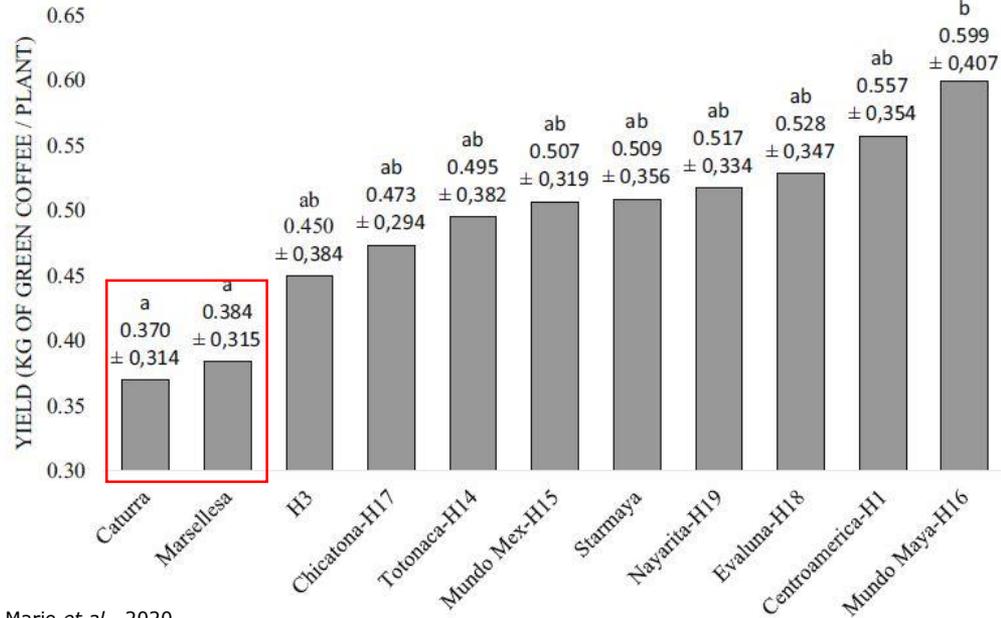


Krieger, Lippman & Zamir. 2010.



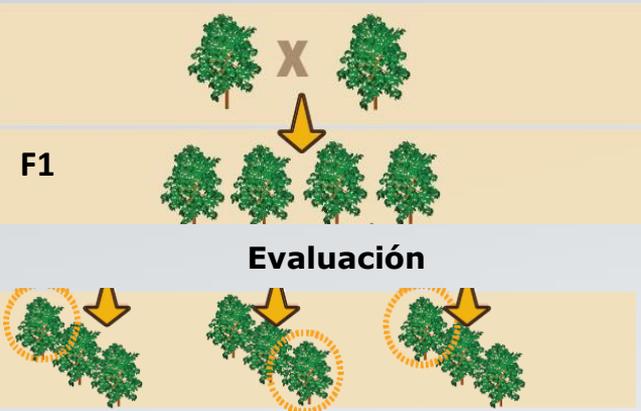
Echnable & Swanson-Wagner, 2010.

Híbridos en café - Potencial



Híbridos en café - Potencial

Híbridos



Oportunidad de:

Piramidizar caracteres determinados por uno o pocos genes con dominancia completa:

Resistencia a enfermedades - Ruirú 11

Características con herencia cuantitativa

Resistencia a insectos

Mejoramiento para otros atributos

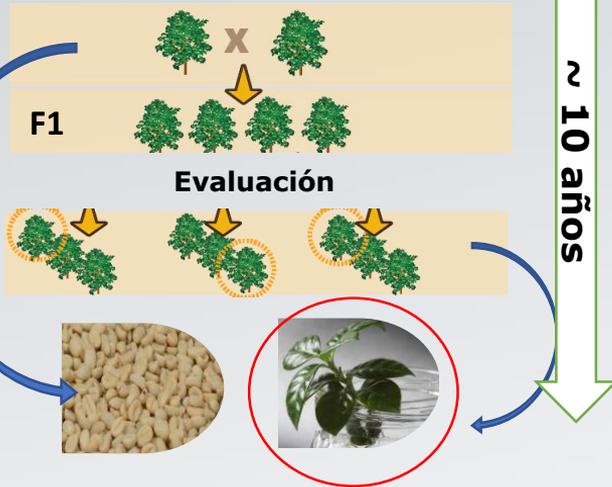
Calidad en taza?

Factores abióticos?

Híbridos en Café – Grandes dificultades

Llevarlo a escala comercial ha sido y es la mayor limitante a través de la historia.

¿Híbridos?



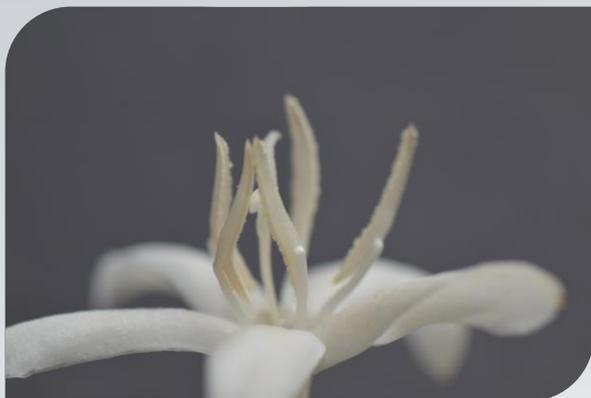
Material genético	Potencial Genético	Costo de producción		
		Alto	Medio	Bajo
Progenies	+	no aplica	Injerto (Si existen limitantes ambientales)	Semillas
Híbridos F1	+++	Embriogénesis somática (Si hay acceso a laboratorio <i>in vitro</i>)	Semillas (polinización manual)	

Adaptado de Lambot & Herrera, 2018.

¡Debe existir una solución técnica a un costo razonable!

Polinización manual...

La especie



- Flores completas.
- Capacidad de autofecundación.
- Flujo natural de polen?.
- Transferencia depende de vectores animados.
- **Bajo número de semillas por cruzamiento.**

Polinización manual



Opeña et al., 2001

Experiencia: Ruirú 11

Ruiru 11

Híbrido de porte bajo (compacto) y alto rendimiento; tolerante a la roya del café y resistente a la enfermedad de la antracnosis de la cereza (CBD).

Apariencia

PORTE
Bajo/Compacto



COLOR DEL BROTE DE LAS HOJAS
Verde o Bronce



TAMAÑO DEL FRUTO
Grande



Información Agronómica

LA ALTITUD ÓPTIMA
5°N to 5°S: >1000m
5-15°N and 5-15°S: >700m
15°N and >15°S: >400m

POTENCIAL DE CALIDAD MOSTRADO EN ALTURA
Bueno



POTENCIAL DE RENDIMIENTO
Muy Alta



Embriogénesis somática...

Etienne *et al.*, 2018Georget *et al.*, 2017.

Microestacas y variaciones

- Baja eficiencia: <50%.
- Alto costo **USD \$ 0,5 – 0,6 /planta.**
- Desuniformidad.

Georget *et al.*, 2017.

- Incremento en la tasa de multiplicación (10 – 30).
- Disminución del costo **USD \$ 0,25 – 0,30 /planta.**
- Uniformidad.

**Centroamericano****Nayarita EC19**

Variedad de alto producción y muy buena calidad de la t:

Milenio H10

Variedad de muy alto rendimiento en suelo sano, con resistencia a la roya y muy buena calidad en elevaciones por encima de 1300 metros. Bien adaptada a las condiciones agroforestales.

Mundo Maya EC16

Variedad de muy alto rendimiento si se siembra en suelo sano, con muy buena calidad en elevaciones por encima de 1300 metros. Bien adaptada a las condiciones agroforestales.

Evaluna EC18

Variedad de alta productividad en zonas altas, con muy buena calidad en altitudes altas.

<https://varieties.worldcoffeeresearch.org/es/varieties>**H3**

Variedad de muy alto rendimiento si se siembra en suelo sano, con muy buena calidad en elevaciones por encima de 1300 metros.

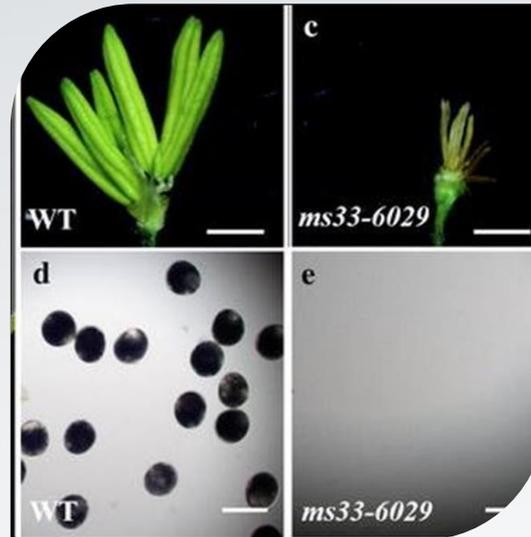
iTécnicamente viable, restricciones económicas!

¿Cómo reducir el costo?

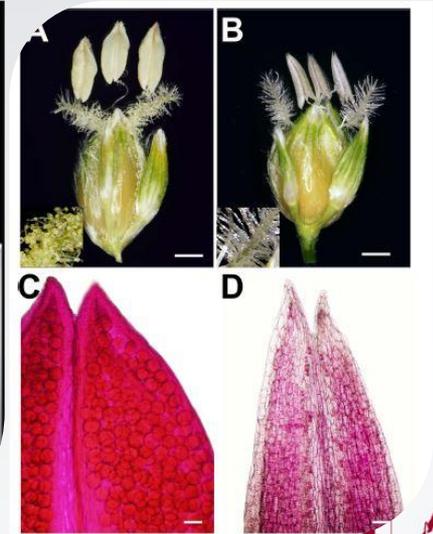
Multiplicación semillas...

Material genético	Potencial Genético	Costo de producción
		Bajo
Progenies	+	Semillas
Híbridos F1	+++	Semillas, Si un método basado en androesterilidad está disponible.

- Fenómeno natural **común**, pero poco **frecuente**.
- Ausencia, mala formación o mal funcionamiento del órgano reproductivo masculino.
- Herramienta por excelencia para el aprovechamiento de la heterosis.
- **Prerrequisito** en el caso de autógamias.



Xie et al., 2018



Xi et al., 2017

Causas de la androesterilidad...

Chen *et al.*, 2019.

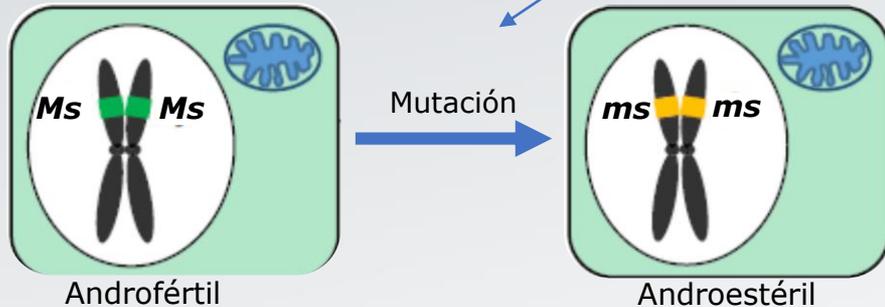
Androfértil



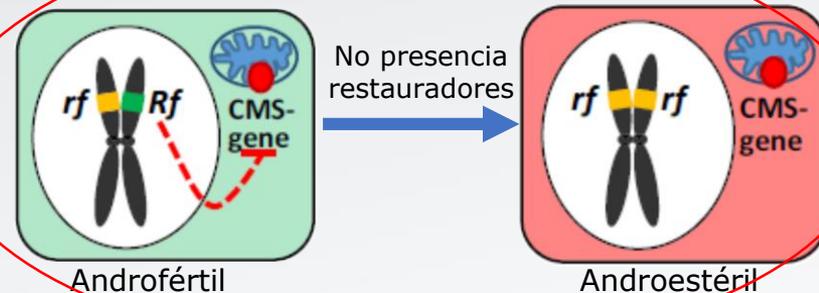
Androestéril

- Condiciones adversas de crecimiento.
- Enfermedades
- **Mutaciones**

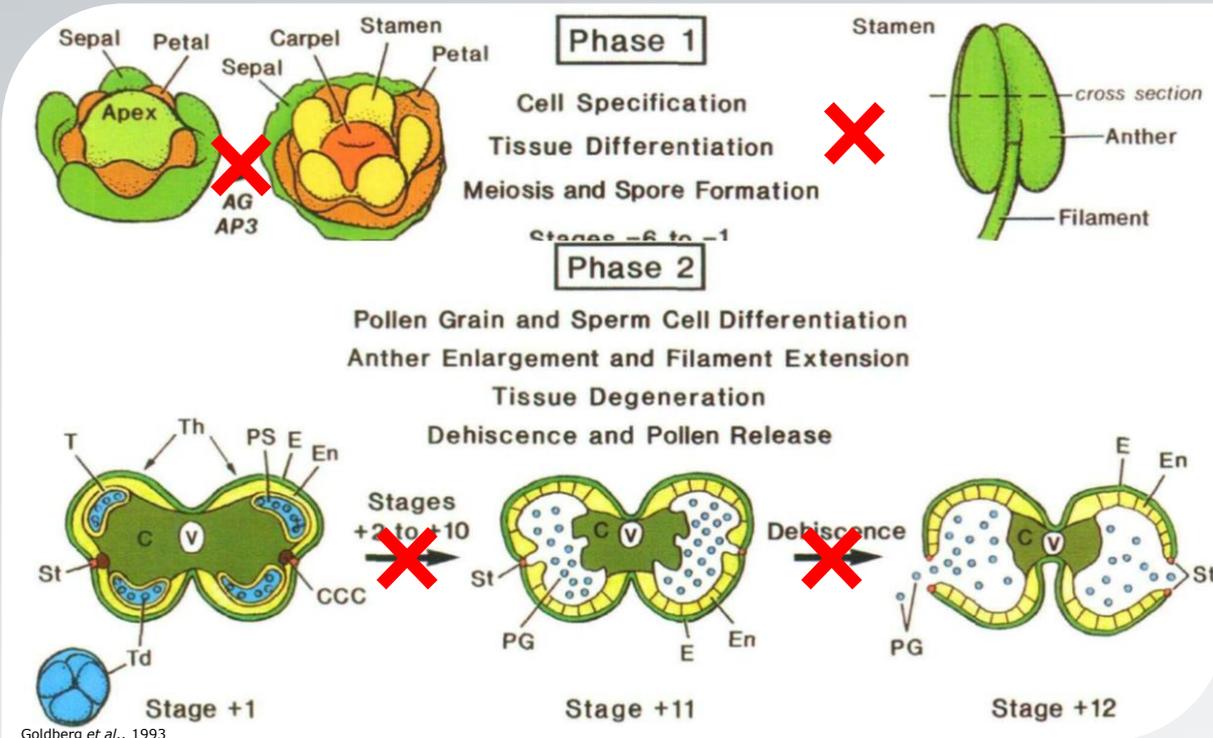
Genética



Citoplasmática



Desarrollo del órgano masculino...



Se clasifican en:

- Estructural
- Esporogénico
- Funcional

Serie de etapas perfectamente sincronizadas.

Falla en cualquiera ocasiona androesterilidad.

Por qué es de interés?

Solo el órgano masculino se ve afectado...

Forma rápida y confiable de evitar la autofecundación.



Androesterilidad en el fitomejoramiento...

Ocurrencia... en teoría en todas las especies... de forma espontánea.



Androesterilidad en café...

STÉRILITÉ MÂLE DÉTECTÉE CHEZ *COFFEA ARABICA* ET *C. CANEPHORA* AU BRÉSIL

P. MAZZAFERA
UNICAMP, Campinas, S.P., Brésil
A. B. ESKES, J. P. PARVAIS
IRCC/CIRAD, Montpellier, France
A. CARVALHO
Instituto Agronômico, Campinas, S.P., Brésil

1989

Identification de caféiers mâle-stériles de *Coffea arabica* au Catie, Costa Rica

Dufour M.¹, Anthony F.², Bertrand B.³, Eskes A.B.¹

¹ CIRAD-CP, B.P. 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

² ORSTOM/CATIE/IICA-PROMECAFE, CATIE Ap. 59, 7170 Turrialba, Costa Rica

³ CIRAD-CP/IICA-PROMECAFE, IICA Ap. 55, 2200 Coronado, San José, Costa Rica

1997

**Conclusión: Escaso conocimiento del
fenómeno...**

Development of a Male Sterility Based Reproductive System to Ensure a Cost Effective and Massive Propagation of New Outstanding F1 *Arabica* Hybrids by Seed

F. GEORGET¹, E. ALPIZAR², P. COURTEL², J.M. HIDALGO³, E. DECHAMP¹,
C. PONCON³, H. ETIENNE¹, B. BERTRAND¹

2014

F1 Hybrid	Total of F2 descendants	Number of sterile male observed in F2 descendant	% of F2 sterile male mutant
<i>CIR-MS01</i> x <i>Caturra</i>	321	7	2.18% ^a
<i>CIR-MS01</i> x <i>Catuai</i>	365	17	4.66% ^a
<i>CIR-MS01</i> x <i>T5296</i>	386	66	17.10% ^b
<i>CIR-MS01</i> x <i>IAPAR59</i>	314	39	12.42% ^b

χ^2 test. $P < 0.01$

**Causada por genes recesivos...
Modo de herencia no pudo ser determinado!**

¿Limitante para su uso?

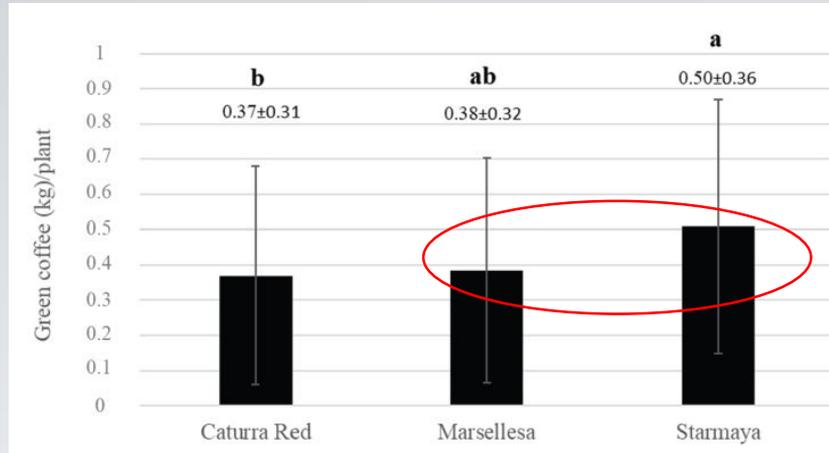
Uso de la androesterilidad en café

Starmaya: The First Arabica F1 Coffee Hybrid Produced Using Genetic Male Sterility

2019

Frédéric Georget^{1,2*}, Lison Marie^{1,2}, Edgardo Alpizar³, Philippe Courtel³,
Mélania Bordeaux⁴, Jose Martin Hidalgo⁴, Pierre Marraccini^{1,2}, Jean-christophe Breitter^{1,2},
Eveline Déchamp^{1,2}, Clément Poncon³, Hervé Etienne^{1,2} and Benoit Bertrand^{1,2}

¹ CIRAD, UMR IPME, Montpellier, France, ² IPME, Université de Montpellier, IRD, CIRAD, Montpellier, France, ³ Plant material, ECOM, Exportadora Atlantic, Managua, Nicaragua, ⁴ FONDATION NICAFFRANCE, Managua, Nicaragua



Heterosis...

TABLE 4 | Phenotypic comparison of *C. arabica* Marsellesa[®] Sarchimor cultivar and Starmaya F1 hybrid (CIR-SM01 × Marsellesa[®]).

Parameters	Marsellesa [®]	Starmaya
Stem diameter at collar (mm)	38.6 ± 4.0 ^b	44.0 ± 6.1 ^a
Plant height (cm)	177.5 ± 16.5 ^b	206.3 ± 15.9 ^a
Nb total of internodes	33.3 ± 3.2 ^b	37.9 ± 2.7 ^a
Primary branch length (cm)	40.5 ± 7.0 ^b	48.3 ± 9.6 ^a

TABLE 5 | Comparison of the productivity of Marsellesa[®] and Starmaya cultivars during three harvest campaigns.

Harvest campaigns	Productivity (no. of bags of 46-kg green coffee beans per hectare)	
	Marsellesa [®] (Sarchimor)	Starmaya F1 hybrid (CIR-SM01 × Marsellesa [®])
2015–2016	30.1 ^b	44.5 ^a
2016–2017	31.1 ^b	40.4 ^a
2017–2018	30.1 ^b	38.4 ^a
Average	30.4 ± 0.6 ^b	41.1 ± 3.1 ^a

Condicionantes para uso de la androesterilidad

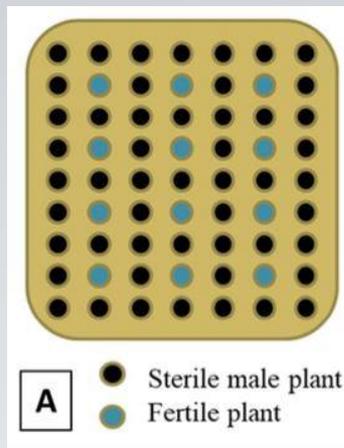
Requisito	Implicaciones
1. Completa y estable	Pureza de la F1
2. No debe tener efectos negativos	Afectar el desempeño agronómico
3. Fácil multiplicación	Distribución de la semilla
4. Descendencia totalmente fértil	Limitante para la producción
5. Altos niveles de heterosis u otros	Justificar el costo de la semilla
6. Buena - alta capacidad de productiva	Costo de la semilla

Ventajas y limitaciones

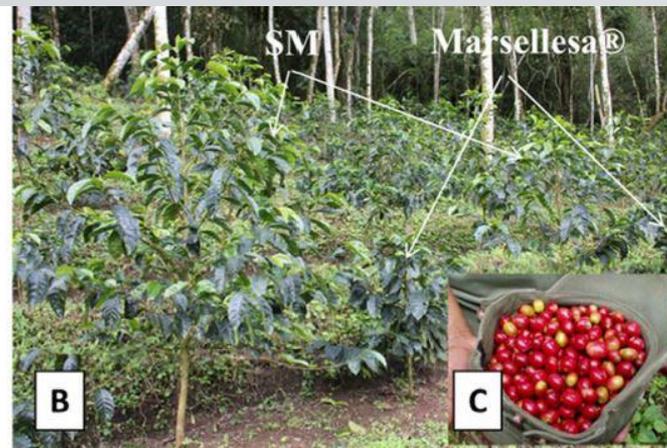
Campo de multiplicación

4.000 plantas/ha
4/5 CIRMS01
1/5 Marsellesa

200-300 Kg/ha/año
de semilla.



Georget *et al.*, 2019.



Año 2021: La FNC produjo en promedio más de 1300 Kg/ha

Producción por árbol: 62,5 – 93,8 gramos ~ 310 – 470 gramos café cereza/árbol/año

Variedad Típica - 2900 gramos café cereza/árbol/año



Ventajas y limitaciones

Campo de multiplicación

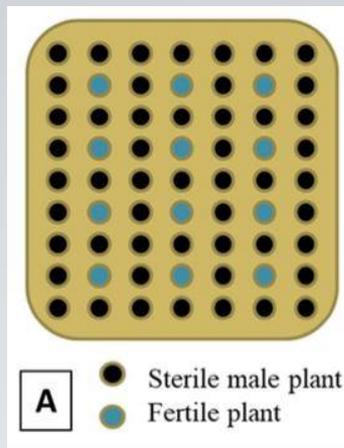
4.000 plantas/ha
4/5 CIRMS01
1/5 Marsellesa

200-300 Kg/ha/año
de semilla.

Androesterilidad
USD 0,07 semilla



Facilidad de comercialización y
distribución...



Georget *et al.*, 2019.

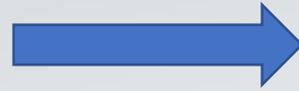


Embriogénesis somática
USD \$ 0,5 – 0,6 planta

Embriogénesis + microestacas
USD \$ 0,25 – 0,30 planta

**Potencial de la androesterilidad para
facilitar el uso de híbridos en café**

Identificación de androestériles

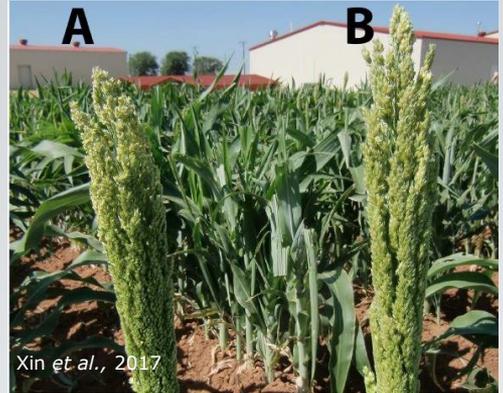


- **Exploración en búsqueda de la característica.**
Poblaciones 1/20,000.
- **Selección de genotipos**
 - **Origen etíope:**
Diversidad y antecedentes.
 - **Híbridos interespecíficos:**
Interacciones entre genomas normalmente conducen a incompatibilidades.

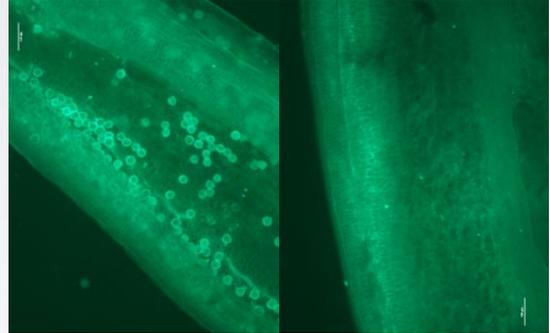
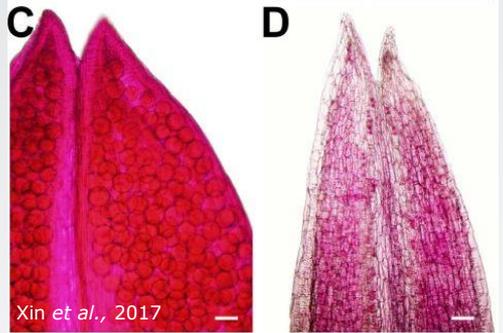
Colección Colombiana de Café

Cerca de 10.000 genotipos

Preselección en campo



Difícil reconocimiento a simple vista



Preselección en campo

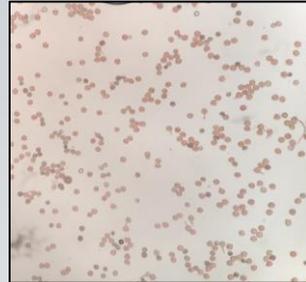
Necesidad de una metodología rápida



Grupo	Plantas evaluadas	Seleccionados en campo
Etíopes	6683	58
HIE	3070	47
Total	9753	105

Comprobación ausencia de polen...

Grupo	Seleccionados en campo
Etíopes	58
HIE	47
Total	105



81



2



22

23 Etíopes

(0,24%)

1 HIE

Fenotipo aparentemente Estéril.

Ausencia de polen y fertilidad femenina

Procedimiento de campo

Probabilidad de ocurrencia autofecundación en preantesis 6,3%.

Procedimiento	Formación de frutos			
	Si	No	No	No
Autofecundación	Si	No	No	No
Cruzamiento directo (Fétil x Androestéril)	Si	No	Si	No
Cruzamiento recíproco (Androestéril x Fétil)	Si	No	Si	Si
Conclusión	Fétil	Estéril	Fétil?	Androestéril



Androestériles identificados

32% media para
cruzamientos de
la época

Genotipo	Porcentaje de Formación Frutos		
	Autofecundación (AF)	Fértil x Androestéril (CD)	Androestéril x Fértil (CR)
16.07/446ms565	0	0	46,3
16.07/446ms020	0	0	21,0
16.07/379ms762	0	0	72,6
05.26/285ms424	0	0	27,4
05.26/292ms734	0	0	34,2
05.26/292ms740	0	0	43,6
05.26/194ms497	0	0	27,4
05.26/195ms623	0	0	2,1
05.26/344ms2073	0	0	27,8
05.26/318ms2148	0	0	35,5
16.08/386ms1333	0	0	14,5

11 genotipos –
9 accesiones

Y los otros genotipos...

Probabilidad de
ocurrencia
autofecundación en
preantesis 6,3%.

Genotipo	Porcentaje de Formación Frutos		
	Autofecundación (AF)	Fértil x Androestéril (CD)	Androestéril x Fértil (CR)
05.26/168ms463	0	0,9	26,6
16.07/446ms149	1	0,9	61,7
16.07/446ms158	0	0,9	71,1
16.07/446ms248	0,6	0,9	
16.07/376ms169	2,5	3,1	
16.07/376ms382	0	0,9	
05.26/285ms425	0	1,2	
05.26/343ms999	5,9	6,7	6,4
05.26/480ms607	5,7	1,4	38,1
05.26/393ms197	0	3,3	23,9
16.08/386ms917	2,7	0	4,7
16.08/254ms1486	3,6	0	22,3

**¿Androestériles
o parcialmente
androestériles?**

En otros estudios...

Tableau. Résultat des autofécondations des mâle-stériles et de leur pollinisation contrôlée avec du pollen de T8667. / *Data on self-pollinations of the male-sterile plants and on cross-pollination with T88667 pollen.*

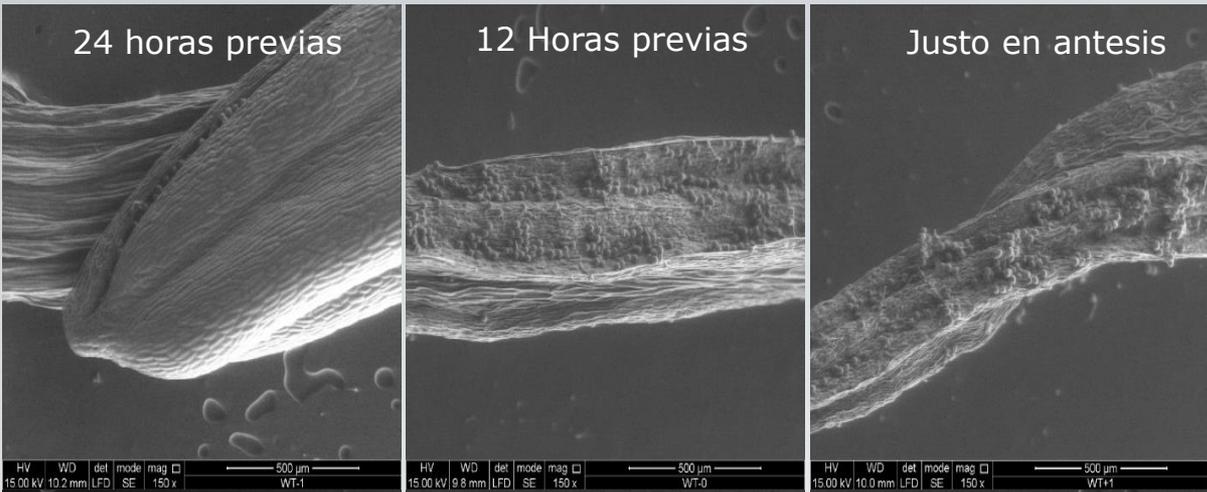
Géotype	Nombre de fleurs pollinisées <i>Number of pollinated flowers</i>		Nombre de fruits récoltés <i>Number of fruits harvested</i>		% de mise à fruit <i>% fruit-set</i>		Nombre de graines obtenues <i>Number of seeds obtained</i>		Nombre de graines pour 100 fleurs <i>Number of seeds for 100 flowers</i>	
	T8667	Autof. Self	T8667	Autof. Self	T8667	Autof. Self	T8667	Autof. Self	T8667	Autof. Self
T4601 A3	186	205	86	7*	46	<u>3</u>	118	6	63	3
T4621 A1	233	249	80	0	34	0	109	0	47	0
T4759 A6	239	180	164	1	69	<u>0,6</u>	285	1	119	0,6
T4905 A1	174	371	56	0	32	0	90	0	52	0

* dont trois fruits vides (sans graine). / * including three empty fruits (no seeds).

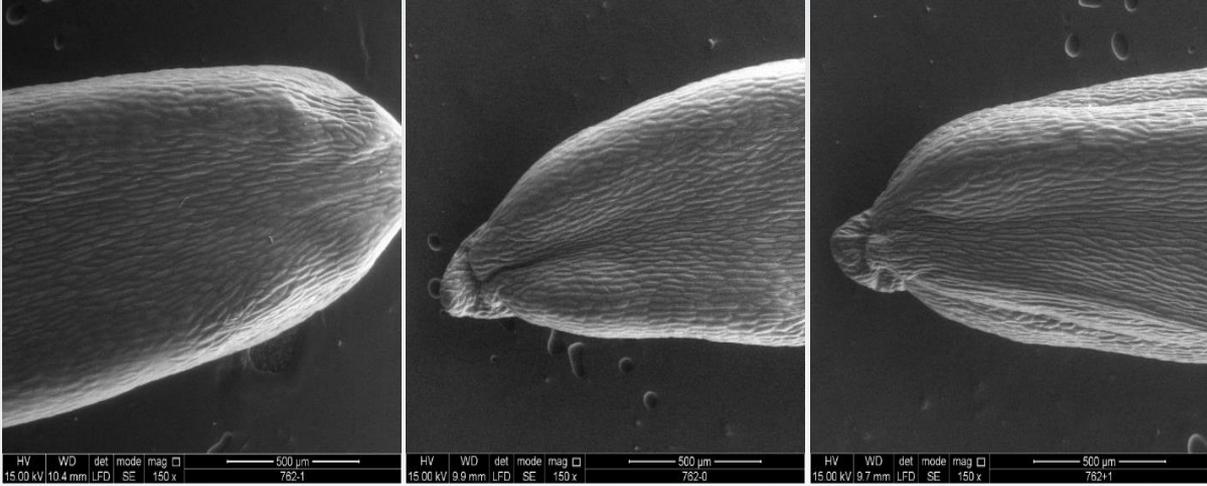
Dufour et al., 1997

Acercamiento al fenómeno

Normal



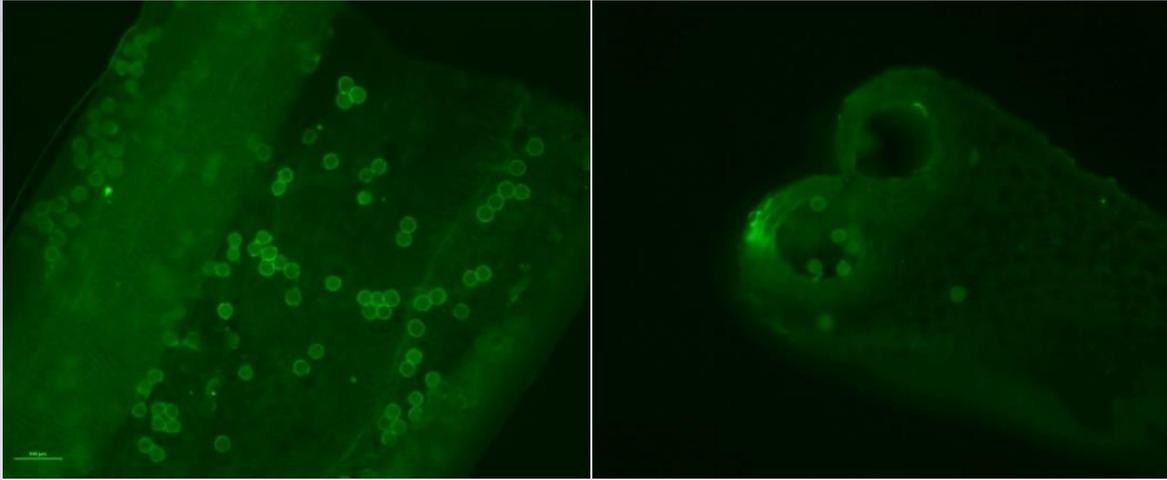
Androestéril
16.07/379ms762



Tipo de Androesterilidad?

Acercamiento al fenómeno

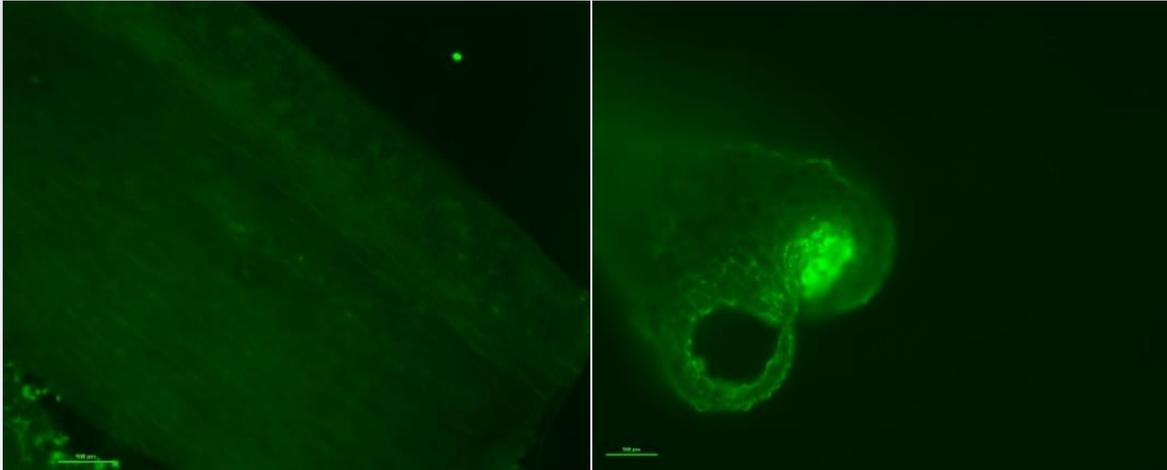
Normal



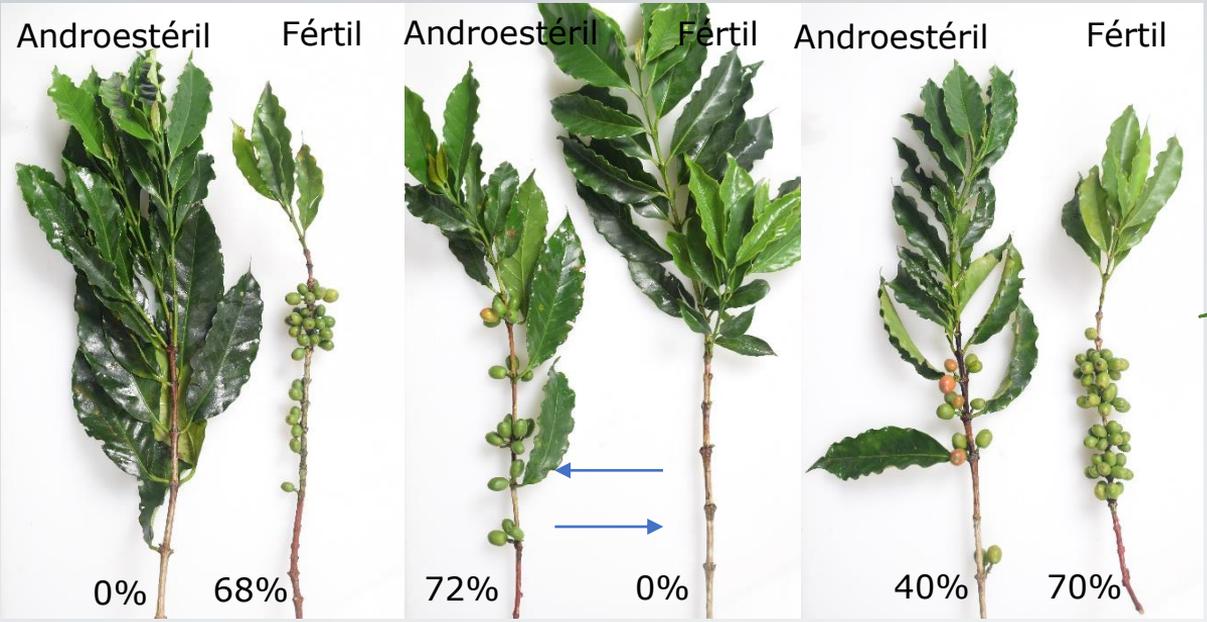
Tipo de
Androesterilidad:
Esporofítica

**Presencia de
anteras, pero
ausencia de
polen.**

Androestéril
16.07/379ms762



Dependencia de agentes polinizadores



Autofecundación

Cruzamiento manual

Polinización libre

Dependencia de vectores animados para la transferencia de polen.

Fertilidad femenina en genotipos androestériles



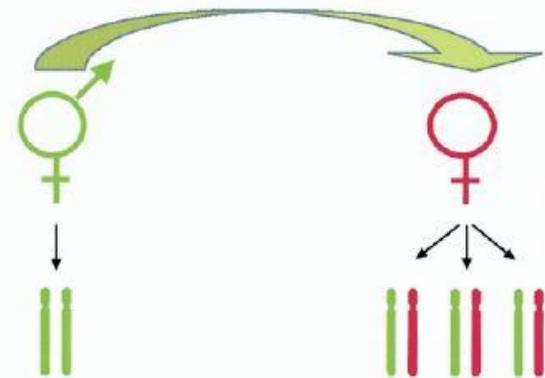
Genotipo/ posición	Normal	Androestéril
Proximal		
Distal		

Morfología floral



Posiblemente, existan características florales en estos genotipos que favorezcan la polinización cruzada, dado que su permanencia en las poblaciones depende de este aspecto.

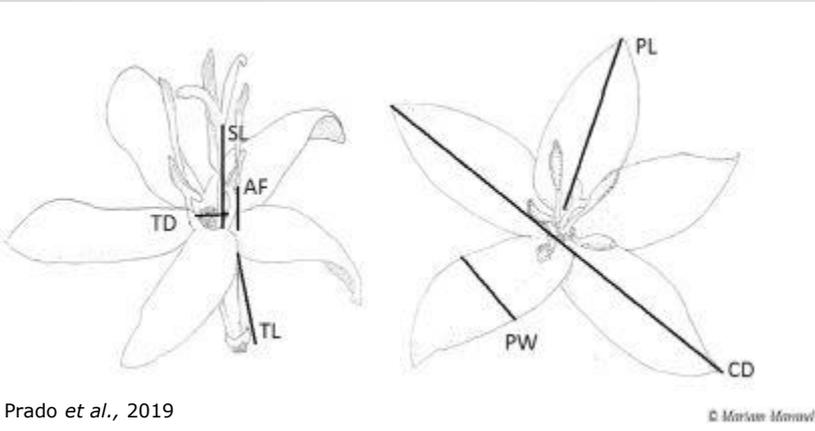
A Nuclear male sterility



Budar & Pelletier, 2001

Morfología floral - acercamiento

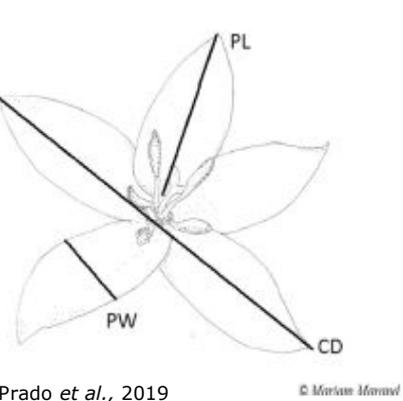
Normal



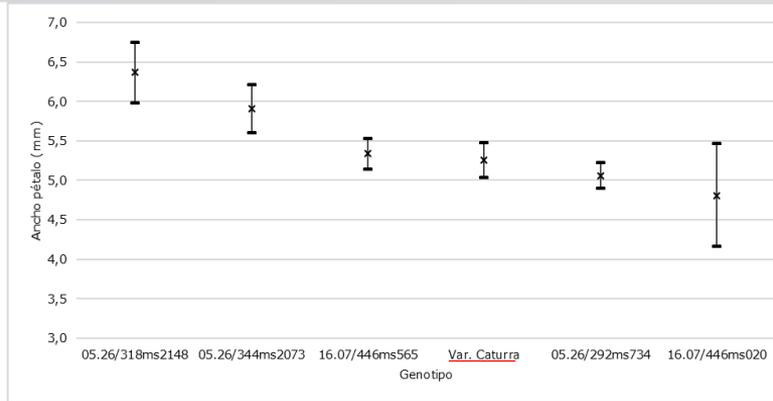
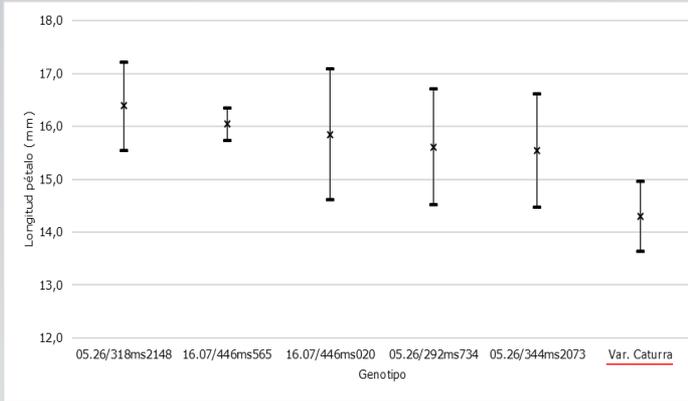
Androestéril



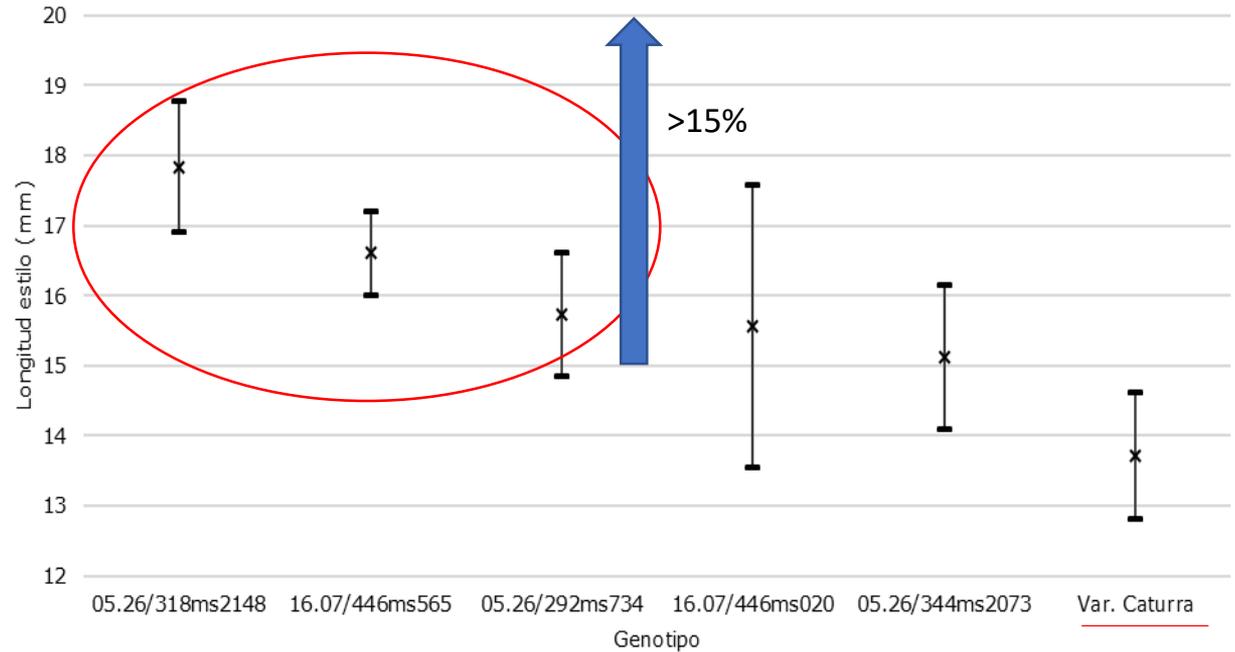
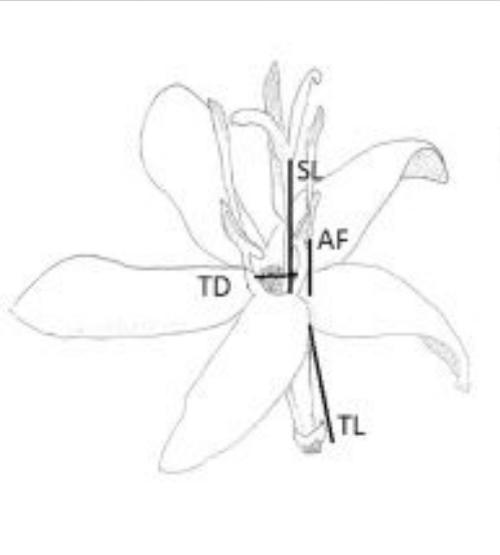
Morfología floral - acercamiento

Prado *et al.*, 2019

© Mariana Maraval

Arias *et al.*, 2014

Morfología floral - acercamiento



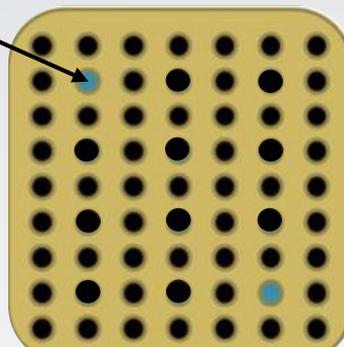
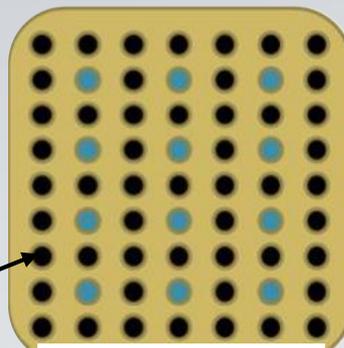
Poseer un estilo más expuesto, podría favorecer la polinización cruzada...

Potencial de producción de semilla

Cruzamientos manuales

Genotipo	Porcentaje de cuajamiento	Kg cc/Año
CIRMS01	Desconocido	0,5
16.07/446ms565	46%	2,6
16.07/446ms020	21%	2,7
16.07/379ms762	72%	5,4
16.08/386ms1333	22%	1,2

Polinización natural



Tener en cuenta

Capacidad productiva

VS

Costo de la semilla.

¿Efecto del esquema de producción de semilla?

¿pocos agentes polinizadores?

Importancia de la fuente - Pdn semilla

05.26/344ms2073



Costo de la semilla



05.26/318ms2148



16.07/379ms762



Costo de la semilla



Potencial de las fuentes

Androestéril

16.07/446ms565

16.07/446ms020

16.07/379ms762

05.26/285ms424

05.26/292ms734

05.26/292ms740

05.26/194ms497

05.26/195ms623

05.26/344ms2073

05.26/318ms2148

16.08/386ms1333



¿Que conocemos de ellas?

Importancia de la caracterización y evaluación de los recursos genéticos!!!

Potencial de las fuentes

Androestéril	Característica de interés de la acesión
16.07/446ms565	Alto potencial productivo
16.07/446ms020	Alto potencial productivo
16.07/379ms762	Alto potencial productivo, porte bajo
05.26/285ms424	
05.26/292ms734	Producción aceptable, porte bajo
05.26/292ms740	Producción aceptable, porte bajo
05.26/194ms497	Calidad en taza
05.26/195ms623	
05.26/344ms2073	Menor oviposición por broca
05.26/318ms2148	Calidad en taza
16.08/386ms1333	

Calificaciones entre
5 – 7,0 Almacafé

desde 21% menos
estados.

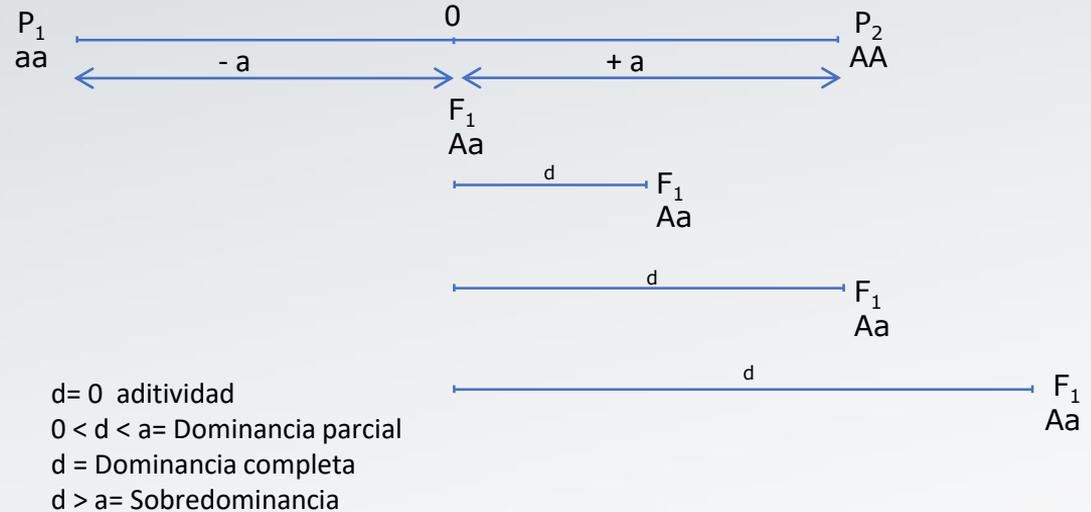
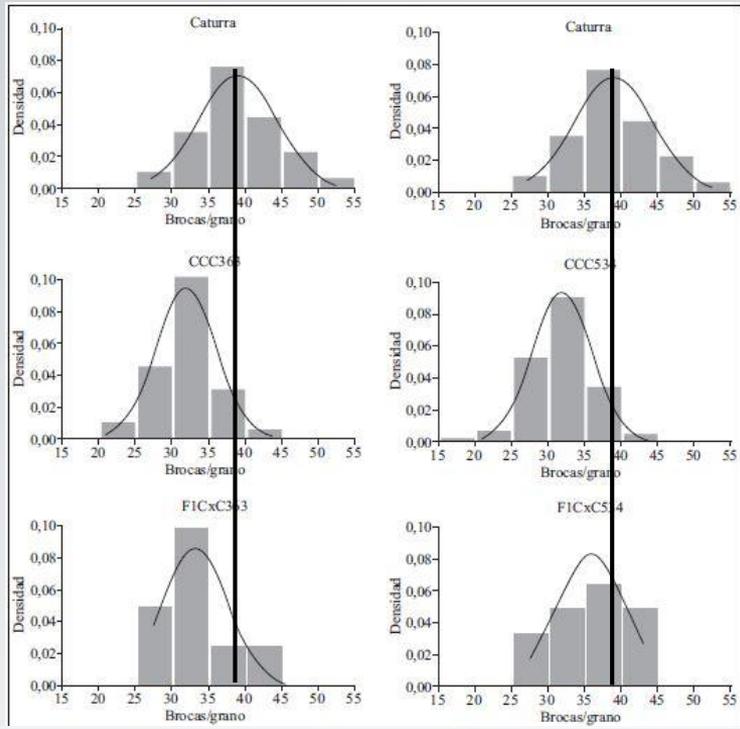
Calificaciones entre
6 – 7,5 Almacafé

Si las
características
se expresan en
la F1...
potencial para
dar soluciones
en el corto plazo

Potencial de las fuentes

A tener en cuenta el modo de herencia caracteres cuantitativos...

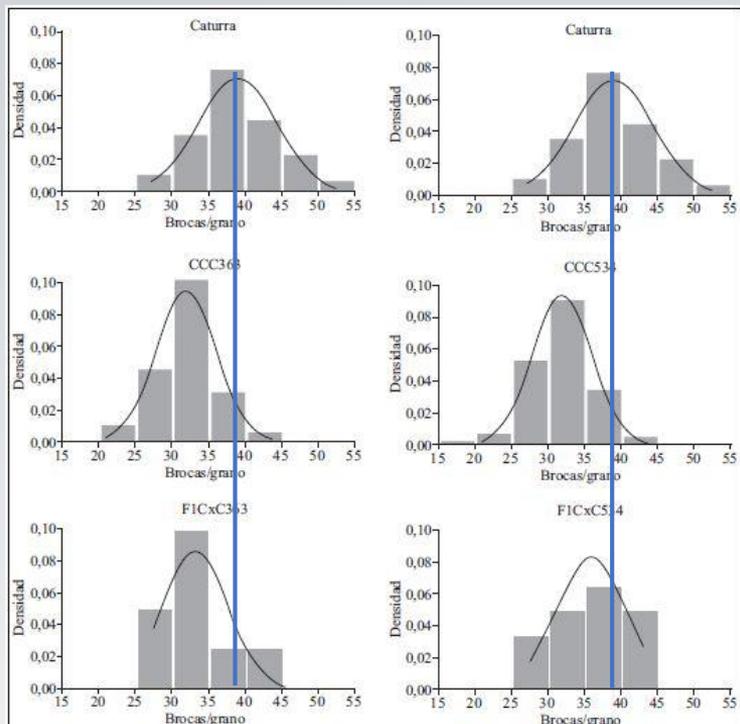
Broca



Potencial de las fuentes

A tener en cuenta el modo de herencia!!!

Broca



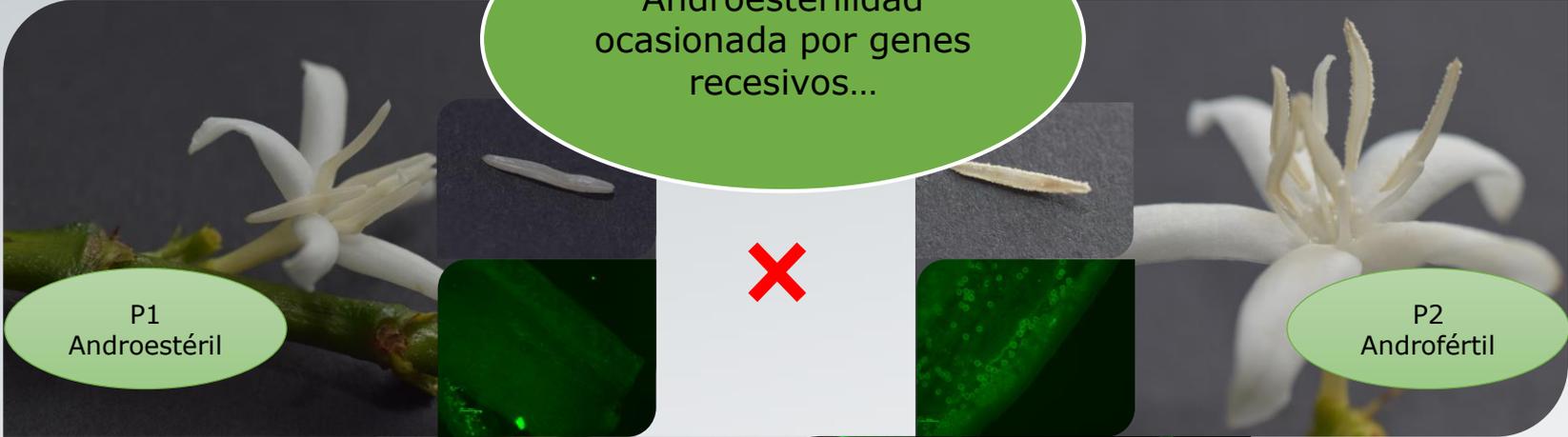
Calidad?

Característica con escaso conocimiento, pero...

	Especie Bótanica: <i>Coffea Arabica</i>	
	Semilla de Híbridos F1 de Café Arábigo	
	Proveedor: Sociedad Comercial	
<p>es la ÚNICA finca que produce y comercializa estas semillas tanto a nivel nacional como Internacional</p>		
CARACTERÍSTICAS		EMPAQUE
Geminación	> 90%	
Resistencia a enfermedades	Resistente a la Roya	
Calidad de Taza	> 85 puntos (Puntuación estimada en relación con el manejo Post cosecha que se le da)	
Estado Fitosanitario	Libre de hongos, insectos o cualquier otra enfermedad	
Cantidad	4500 - 5000 aprox. (paquete de 1 kg.)	
Pureza	95% (Selección cuidadosa, libre de materias extrañas)	
Productividad	2450 kg/ha aprox. (en base al cuidado que se le da a la parcela)	
Humedad	Entre 12% - 17%	<p>Las semillas se empaquetan al vacío para conservar sus propiedades, humedad y protegerlas de la luz. Así se protege correctamente al embrión.</p>
Conformidad Genética	99%	
<p>*Sembrar las semillas inmediatamente una vez abierto el empaque</p>		

Androesterilidad ...¿Modo de herencia?

Androesterilidad ocasionada por genes recesivos...

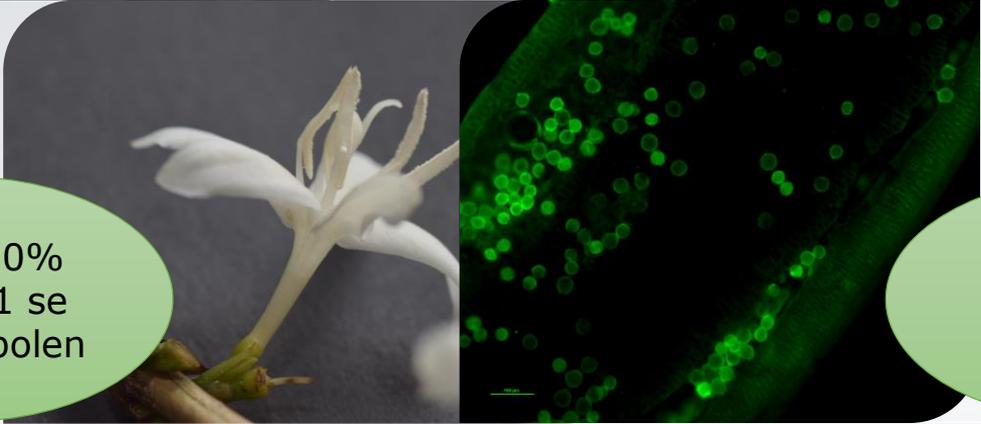


P1
Androestéril

P2
Androfértil

En el 100% de las F1 se observa polen

Cantidad?
Viabilidad?



Uso de la androesterilidad - En Colombia

Requisito	Observación
1. Disponer de fuentes	Cumple
2. Completa y estable	Cumple
3. No debe tener efectos negativos	En estudio.
4. Fácil multiplicación	Cumple
5. Descendencia totalmente fértil	En estudio.
6. Altos niveles de heterosis	Definir / depende de la característica
7. Buena - alta capacidad productiva	Definir

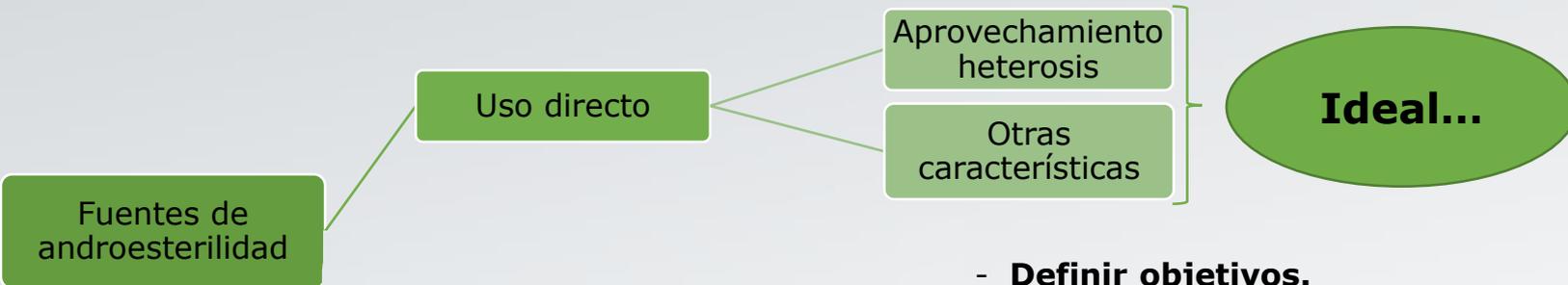
Perspectivas y realidades

Se dispone de un número importante de fuentes de androesterilidad.

9
accesiones

¿Cuántas de valor real para el mejoramiento genético?

Importante tener en cuenta: **no todos** los genes y/o fuentes de androesterilidad son de utilidad...



- **Definir objetivos.**
- **Elección de fuentes.**
- **Evaluación de habilidad combinatoria.**
 - Estrategia de diversidad.
- **Esquemas de producción de semilla.**
- **Costo/Beneficio.**

Perspectivas y realidades

Se dispone de un número importante de fuentes de androesterilidad.

9
accesiones

¿Cuántas de valor real para el mejoramiento genético?

Importante tener en cuenta: **no todos** los genes y/o fuentes de androesterilidad son de utilidad...

Viabilidad...

Fuentes de androesterilidad

Sin uso directo

Transferencia

Métodos tradicionales

Tiempo?
Inversión?

Métodos modernos

Técnica?
Tiempo?
Aceptación?
Inversión

Conclusiones

- **Potencial de la Colección Colombiana de Café...**
- **Importante...** se dispone de fuentes, con algún conocimiento de su potencial... **camino que iniciamos.**
- **Ideal...** la identificación de marcadores moleculares asociados a la característica, hecho que facilitaría el establecimiento de campos de producción de semilla.
- **Campos de producción de semilla?** como establecerlos? Necesidad de aislamiento total?

Agradecimientos

- **Dra. Claudia P. Flórez, Dr. Hernando Cortina.**
- **Integrantes de la Disciplina de Mejoramiento Genético.**
- **Colaboradores de campo.**
- **Coordinador de la Estación Naranjal.**



GRACIAS

cenicafe@cafedecolombia.com 

PORTALES WEB



www.cenicafe.org



agroclima.cenicafe.org



biblioteca.cenicafe.org

REDES OFICIALES



Cenicafé FNC



@cenicafe



cenicafé



CenicaféFNC

