

Centro Internacional de Agricultura Tropical

SEMINARIOS INTERNOS

Serie SE-10-81
Julio 3, 1981



HIBRIDACIONES INTERESPECIFICAS PARA EL MEJORAMIENTO DE Phaseolus vulgaris L.

Paul Gepts

RESUMEN

Con respecto a Phaseolus vulgaris L., las otras especies de Phaseolus pueden constituir una fuente interesante de variabilidad adicional. Se ha demostrado que entre estas especies, P. coccineus es la especie más cercana a P. vulgaris. Además puede cruzarse relativamente fácil con esta última y contiene una variabilidad interesante.

Se inició un estudio para determinar las barreras que limitan la transferencia de genes entre P. vulgaris y P. coccineus.

Los factores que determinan el éxito de este cruce son el sentido (el éxito es mucho mayor cuando se usa P. vulgaris como madre) y la combinación de progenitores.

Las generaciones tempranas muestran una viabilidad y una fertilidad reducida. Esta reducción es más pronunciada en las progenes P. vulgaris

x P. coccineus subsp. coccineus comparadas con las progenies P. vulgaris x P. coccineus subsp. polyanthus. Además depende de la combinación de progenitores. En las generaciones ulteriores se observa una restauración progresiva de la viabilidad y la fertilidad.

En cuanto a la segregación de características en las progenies, la combinación de progenitores influye mucho en el tipo de segregación observado en la F₂ de los cruces P. vulgaris x P. coccineus subsp. coccineus. Además los resultados parecen indicar que en las progenies P. vulgaris x P. coccineus subsp. polyanthus existen mayores posibilidades de recombinación.

Se seleccionaron materiales que pueden ser interesantes para el mejoramiento para arquitectura de la planta (resistencia al volcamiento, hypocotilo y epicotilo largos, folíolos pequeños, etc.) y para resistencia a las enfermedades (tolerancia al Mosaico Dorado).

Al terminar se hacen algunas sugerencias en cuanto a las actividades futuras del proyecto de cruces interespecíficos: multiplicación y evaluación de la colección de P. coccineus, estudio de las segregaciones, proyectos de cruces para objetivos específicos.



6 JUL 1981

51054

1.- Introducción

La obtención de variedades mejoradas en una especie cultivada requiere la existencia de una amplia variabilidad a partir de la cual se puede seleccionar y combinar las características deseables (como rendimiento, resistencia a enfermedades y plagas, etc.) que conforman una variedad mejorada.

Esta variabilidad comprende en primer lugar las variedades cultivadas (tanto las nativas o "criollas" como las mejoradas). En segundo lugar incluye también a las formas silvestres de la misma especie y en tercer lugar las otras especies del género al cual pertenece la especie cultivada.

Por las dificultades que comportan las hibridaciones interespecíficas y sobre las cuales se darán más indicaciones en los párrafos siguientes - las otras especies del género solo deben usarse para incrementar la variabilidad de estas características que son insuficientemente expresadas en la especie cultivada.

En el caso de P. vulgaris, varias características que podrían aportar un aumento apreciable en el rendimiento, no tienen una variabilidad satisfactoria para fines de mejoramiento (Cuadro 1).

El uso de las otras especies de Phaseolus para aumentar la variabilidad de P. vulgaris implica en primer lugar una evaluación del germoplasma de las especies de Phaseolus que se puede cruzar con P. vulgaris y en y en segundo lugar un estudio de la transferencia de genes de estas especies hacia P. vulgaris. En esta presentación se hará énfasis en la introgresión (como llaman la transferencia interespecífica de genes).

Cuadro No. 1.

Objetivos específicos del proyecto de hibridaciones interespe-
cíficos con Phaseolus vulgaris

Arquitectura de la planta:

- 1) Resistencia al volcamiento
- 2) Follaje y vainas altos (hipocotilo y epicotilo largos)
- 3) Racimos con un pedúnculo largo y un alto número de vainas.
- 4) Mecanismo de polinización cruzada

Factores abióticos:

- 1) Tolerancia a sequía
- 2) Tolerancia a suelos moderadamente infértiles

Factores bióticos:

- 1) Resistencia al Mosaico Dorado
 - 2) Resistencia a la Mancha de Ascochyta
(Ascochyta boltshauseri
Ascochyta phaseolorum)
 - 3) Resistencia al Añublo bacterial común
(Xanthomonas phaseoli)
 - 4) Resistencia al Lorito verde
(Empoasca kraemeri)
-

2.- Phaseolus coccineus - la especie más cercana a P. vulgaris

2.1. El género Phaseolus

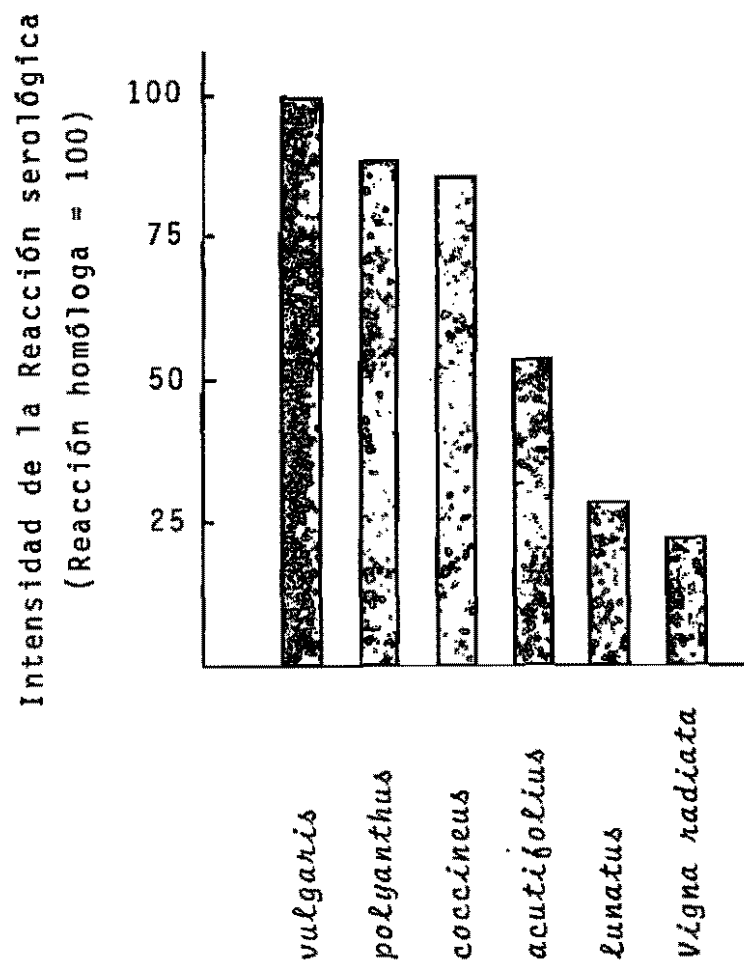
Después de la última revisión taxonómica por Maréchal et al. (1978), el género Phaseolus comprende unas 30 a 35 especies (Cuadro 2). Todas las especies del género son de origen americano y su presencia en otros continentes es posterior al descubrimiento de las Américas. Cuatro especies contienen formas cultivadas: P. acutifolius de las regiones cálidas y áridas del Norte de México y el Suroeste de los EE.UU. ; P. coccineus, principalmente de las zonas altas y húmedas de México, Guatemala, Colombia, Ecuador y Venezuela; P. lunatus de las zonas cálidas y húmedas de México y Guatemala; y P. vulgaris.

2.2. Estudios taxonómicos y de cruzamiento con P. vulgaris.

¿Cuáles de estas especies pueden cruzarse con el frijol común? Los estudios taxonómicos llevados a cabo por varios autores han dado indicaciones sobre las relaciones que existen entre varias especies de este género. Los experimentos inuno-electro-foréticos sobre proteínas de la semilla indican que P. coccineus subsp. coccineus y P. coccineus subsp. polyanthus son claramente relacionados con P. vulgaris. P. acutifolius y aún más P. lunatus son muy alejados de P. vulgaris (Kloz, 1971) (Fig. 1).

El examen de la morfología del polen también trae informaciones acerca de las relaciones entre especies en Phaseolus. Stainier (1974) encontró 4 tipos de polen formando una serie evolutiva desde el grupo P. lunatus- P. ritensis (polen menos evolucionado) al grupo P. vulgaris - P. coccineus (polen más evolucionado) (Fig. 2).

FIGURA 1. RELACIONES SEROLOGICAS ENTRE LAS PROTEINAS DE LA SEMILLA DE *P. vulgaris* (ANTICUERPO) Y LAS DE OTRAS ESPECIES DE *Phaseolus* o *Vigna* (ANTIGENO) (según Klotz, 1971)

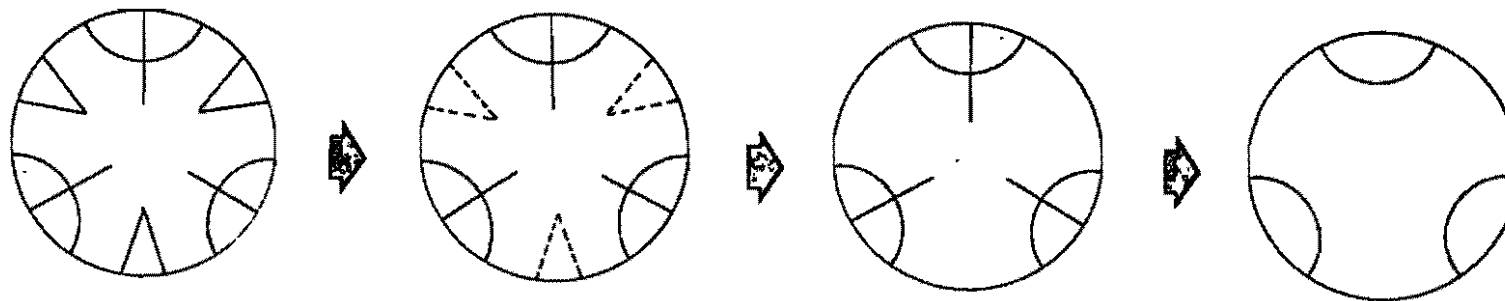


Cuadro 2.- Especies del género Phaseolus

(Según Maréchal et al., 1978)

<u>Phaseolus acutifolius</u> A. Gray*	<u>P. nelsonii</u> Maréchal, Mascherpa & Stainier
<u>P. angustissimus</u> A. Gray	
<u>P. anisotrichus</u> Schlecht.	<u>P. oaxacanus</u> Rose
<u>P. augustii</u> Harms	<u>P. pachyrrhizoides</u> Harms
<u>P. brevicalyx</u> Micheli	<u>P. parvulus</u> Greene
<u>P. coccineus</u> L.*	<u>P. pedicellatus</u> Bentham
<u>P. filiformis</u> Bentham	<u>P. pluriflorus</u> Maréchal, Mascherpa & Stainier
<u>P. galactoides</u> (Mart. & Galeotti) Maréchal, Mascherpa & Stainier	<u>P. polymorphus</u> S. Watson
<u>P. glabellus</u> Piper	<u>P. polystachyus</u> (L.) Britt., Sterns & Pogg
<u>P. grayanus</u> Woot. & Standley	
<u>P. lunatus</u> L.*	<u>P. ritensis</u> Jones
<u>P. metcalfei</u> Woot. & Standley	<u>P. sonorensis</u> Standley
<u>P. micranthus</u> Hooker & Arn.	<u>P. tuerckheimii</u> Donn. Smith
<u>P. microcarpus</u> Mart.	<u>P. vulgaris</u> L.*
	<u>P. wrightii</u> A. Gray
	<u>P. xantotrichus</u> Piper

* Especies que contienen formas cultivadas.



P. lunatus
P. ritensis

P. pedicellatus
P. polystachyus

P. acutifolius
P. filiformis

P. coccineus
P. vulgaris



porus



colporus



pseudocolpus



esbozo de pseudocolpus

FIGURA 2: CARACTERISTICAS DEL POLEN DE ALGUNAS ESPECIES DE *PHASEOLUS*
(según Stainier, 1974)

El estudio de taxonomía numérica de Maréchal et al. (1978) permitió establecer un coeficiente de similitud taxonómica con P. vulgaris (Cuadro 3). Considerando las especies cultivadas se puede concluir que P. coccineus es la especie más cercana a P. vulgaris, seguida en su orden por P. acutifolius y P. lunatus. Dentro de P. coccineus, la similitud de la subespecie polyanthus con P. vulgaris es mayor a la de la subespecie coccineus.

Los resultados de los experimentos de cruzamiento entre estas especies confirman los datos taxonómicos, (Cuadro 3). Se observa que cuando la distancia taxonómica entre las especies aumenta, el éxito del cruce disminuye hasta tal punto que se necesita aplicar un cultivo de embriones para conseguir individuos F₁. También se nota que el porcentaje de granos de polen colorados por acetocarmín - una medida indirecta de la funcionalidad del polen - merma hasta niveles muy bajos y que el número de univalentes aumenta rápidamente.

Entre las especies probadas, P. coccineus es la especie que más fácil se cruza con P. vulgaris. Por lo tanto se ha puesto el énfasis en este proyecto de hibridaciones interespecíficas sobre los cruces P. vulgaris x P. coccineus.

A continuación sigue una breve presentación de esta especie.

Cuadro No. 3

Características de algunos cruces interespecíficos con Phaseolus vulgaris

Cruce	Coefficiente de similitud taxonómica	Uso de cultivo de embriones	Coloración del polen en la F ₁	Número de univalentes en la F ₁
<u>P. vulgaris</u> x <u>P. coccineus</u> subsp. <u>polyanthus</u>	89%	-	30-35%	0,88
<u>P. vulgaris</u> x <u>P. coccineus</u> subsp. <u>coccineus</u>	89%	-	10-25%	0,32
<u>P. vulgaris</u> x <u>P. acutifolius</u>	81%	-	10%	6
<u>P. vulgaris</u> x <u>P. filiformis</u>	82%	-	0- 1%	6
<u>P. vulgaris</u> x <u>P. ritensis</u>	74%	+		14
<u>P. vulgaris</u> x <u>P. lunatus</u>	69%	+	Viabilidad baja de los supuestos híbridos	

Fuentes: Braak & Kooistra (1975), Maréchal (1971), Maréchal & Baudouin (1978 & 1980), Maréchal et al. (1978), Mok et al. (1978), Rabakoarihanta et al. (1980), observaciones personales.

2.3. P. coccineus subdivisiones taxonómicas, distribución geográfica características morfológicas y variabilidad.

Según Maréchal et al. (1978), la especie consta de 4 subespecies - coccineus, polyanthus, formosus y obvallatus (Cuadro 4). En este trabajo, los cruces se han hecho principalmente con la subespecie polyanthus y las formas cultivadas de la subespecie coccineus.

La subespecie coccineus tiene las siguientes características morfológicas (Cuadro 5): un sistema radical tuberoso, una germinación hipogea, inflorescencias con un pedúnculo largo y un alto número de inserciones florales, flores grandes de color escarlato o blanco, un mecanismo de polinización cruzada y semillas grandes. Esta subespecie está distribuída en las zonas frescas y húmedas de las regions templadas y tropicales en las Américas, Europa, Africa y Asia (Figura 3).

La subespecie polyanthus tiene un sistema radical lignificado pero no tuberoso, una germinación epígea, inflorescencias con un pedúnculo largo y un alto número de inserciones florales, flores grandes de color morado o blanco, bracteolas florales estrechas y un mecanismo de polinización intermedio entre P. vulgaris (autopolinizado) y P. coccineus subsp. coccineus (alopolinizado). Su distribución está limitada a las zonas frescas y húmedas de México, Guatemala, Colombia, Venezuela y Ecuador (Figura 4).

En la subespecie coccineus se han encontrado resistencia a varias enfermedades y plagas (Cuadro 6). Se necesitan sin embargo evaluaciones adicionales con un número más alto de accesiones tanto de la subespecie coccineus como de las otras subespecies y especialmente para las características de resistencia al añublo bacterial común, a la mancha de *Ascochyta* y al lorito verde.

Quadro No. 4.

Phaseolus coccineus L.: Subdivisiones y nombres vernáculos

Subdivisiones ^a	Formas	Nombres vernáculos
subsp. <u>coccineus</u>	cultivadas y silvestres	México: ayocote, botil, gordo. Guatemala: piloy, chomborote. Colombia: frijol de vida, cache, petaco.
subsp. <u>polyanthus</u>	semi-cultivadas	México: acalete, ipataxtli, tabay, betibe, ibis Guatemala: piligüe, juruna, chuy. Colombia: frijol de la vida, de la tierra, cache, torta, petaco.
subsp. <u>formosus</u>	silvestres	
subsp. <u>obvallatus</u>	silvestres	

^a Según Maréchal et al. (1978).

Cuadro 5.- Características morfológicas principales de *P. coccineus*
subsp. *coccineus* y subsp. *polyanthus*.

Característica	<i>coccineus</i>	<i>polyanthus</i>
Sistema radical	tuberoso	sin tuberisar
Germinación	hipógea	epigéa
Inflorescencia:		
Pedúnculo	largo	largo ^a
No. de inserciones	alto	alto ^a
Flor:		
Color	escarlata o blanca	blanca o morada
Bracteola	ovalada, de tamaño variable	estrecha y larga
Polinización	cruzada	cruzada ^a
Semilla	grande	grande ^a

^a En menor grado que en la subsp. *coccineus*

FIGURA 3

PHASEOLUS COCCINEUS SUBSP. *COCCINEUS*: PROCEDENCIAS DE LA COLECCION DEL CIAT

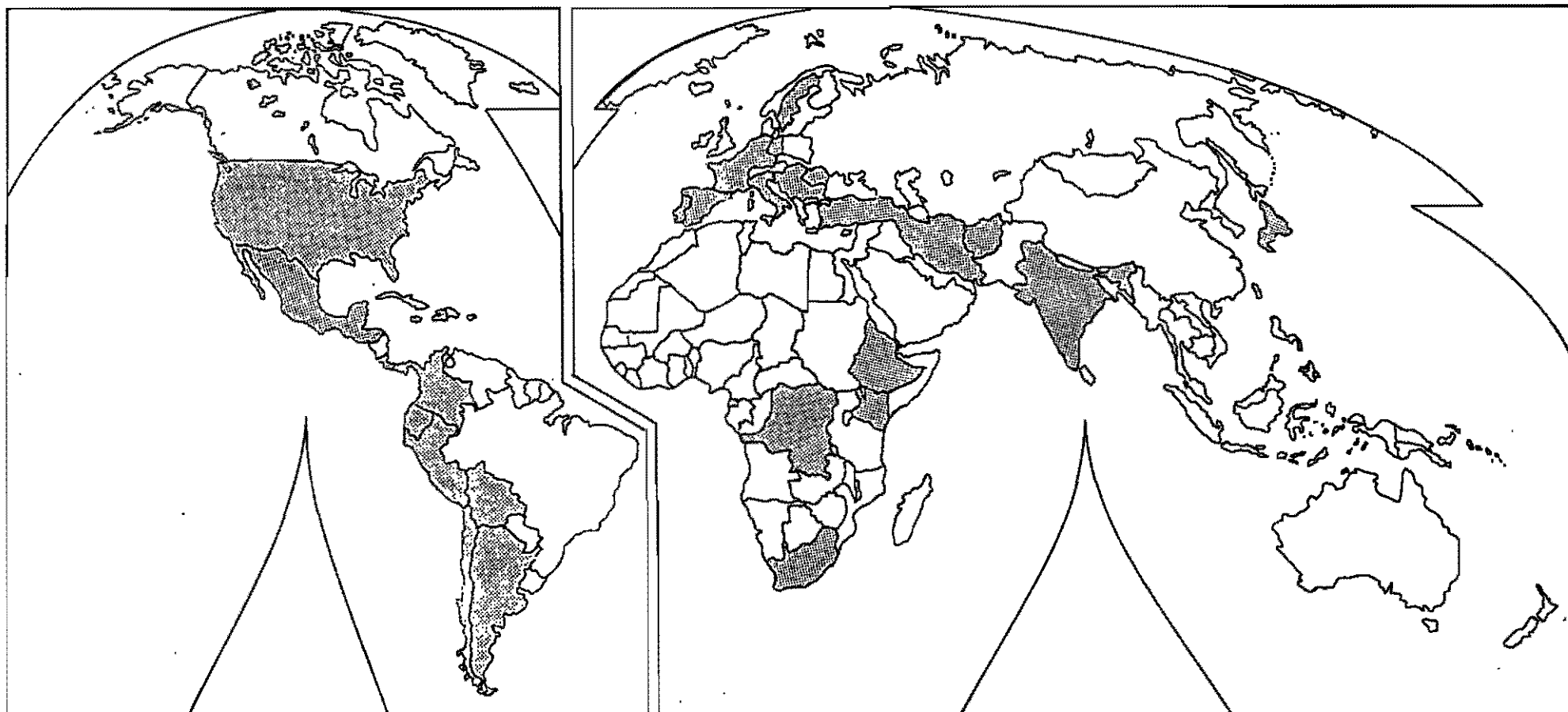
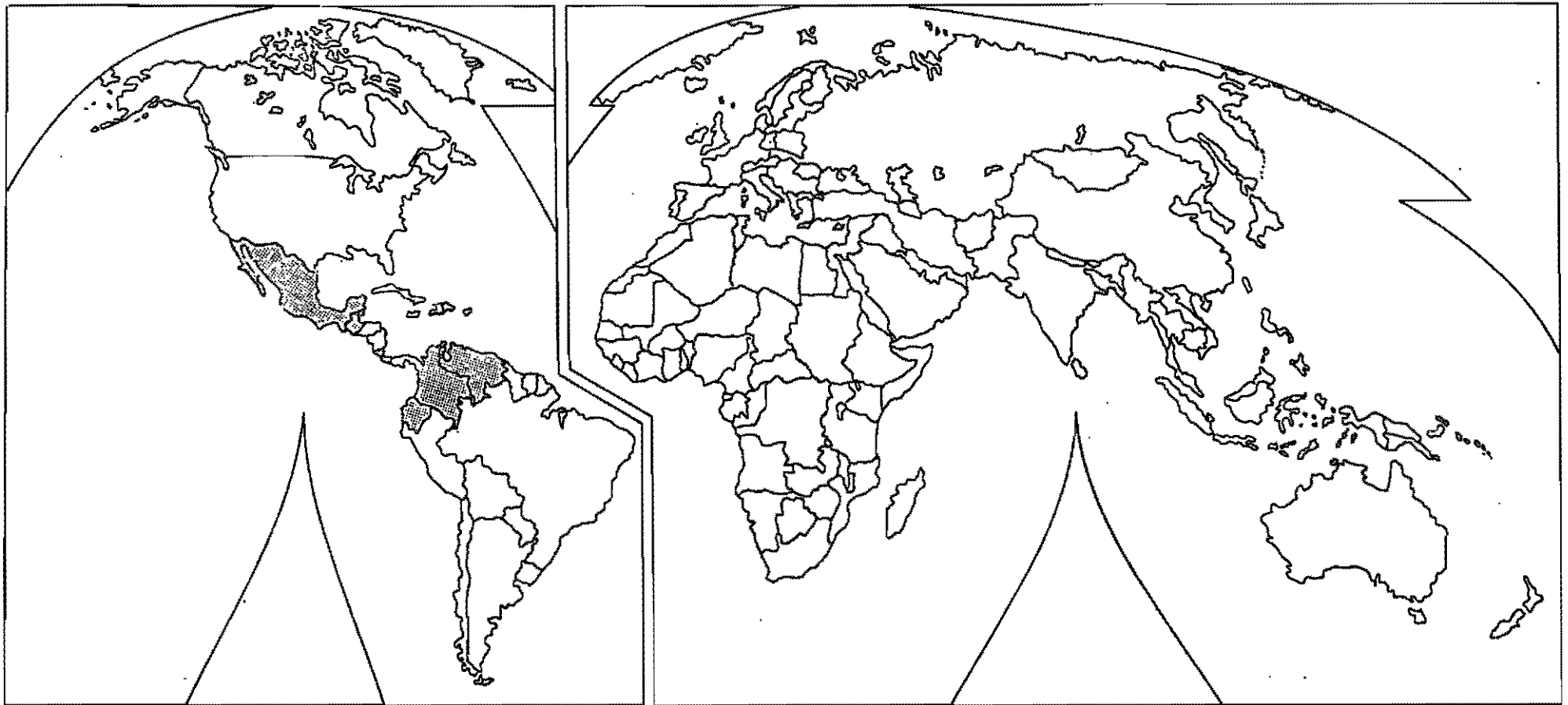


FIGURA 4

PHASEOLUS COCCINEUS SUBSP. POLYANTHUS: PROCEDENCIAS DE LA COLECCION DEL CIAT



Cuadro 6.- P. coccineus Resistencias a enfermedades y plagas

1. Virus: Mosaico común
Mosaico amarillo
Mosaico dorado
 2. Bacterias: Añublo de halo (Pseudomonas phaseolicola)
Mancha parda (Pseudomonas syringae)
 3. Hongos: Antracnosis (Colletotrichum lindemuthianum)
Mancha angular (Isariopsis griseola)
Pudriciones radicales (Pythium ultimum, Fusarium solani f. sp. phaseoli)
Esclerotiniosis (Sclerotinia sclerotiorum)
Mancha de Asocchyta (Ascochyta boltshauseri, A. phaseoli)
 4. Insectos: Mosca del frijol (Ophiomyia phaseoli)
-

Para resumir, los estudios preliminares de taxonomía y de cruzamiento indican que P. coccineus:

- es la especie de Phaseolus más cercana a P. vulgaris
- puede cruzarse con P. vulgaris
- contiene una variabilidad importante que podría ser útil para el mejoramiento de P. vulgaris.

3. Características de las hibridaciones interespecíficas. El caso de la hibridación P. vulgaris x P. coccineus.

Las especies biológicas pueden ser definidas como poblaciones, o conjuntos de poblaciones, entre las cuales el intercambio de genes está limitado o impedido por mecanismos de aislamiento reproductivo.

Desde un punto de vista práctico, se puede considerar los tres mecanismos siguientes:

- a) Reducción del éxito del cruzamiento
- b) Reducción de la viabilidad y fertilidad en las generaciones tempranas de las progenies.
- c) Alteración de las segregaciones en las progenies.

A continuación sigue una descripción de estos tres mecanismos de aislamiento reproductivo en el caso de los cruces P. vulgaris x P. coccineus.

3.1. Reducción del éxito del cruzamiento

En comparación con cruces intraspecíficos dentro de P. vulgaris, los cruces interespecíficos P. vulgaris x P. coccineus presentan una reducción muy notoria de la tasa de éxito (Cuadro 7).

Quadro No. 7.

Comparación de la tasa de éxito en los cruzamientos interespecíficos
vulgaris x coccineus e intraespecíficos vulgaris

(Según Rudorf, 1961)

Cruce	Semillas/ polinización	Vainas/ polinización
Intraespecífico <u>vulgaris</u>	1.94	0.71
Interespecífico <u>vulgaris</u> x <u>coccineus</u>	0.28	0.09

Los factores que influyen en la tasa de éxito son el sentido del cruce y la combinación de los padres. Lamprecht (1948) registró una tasa de éxito de 1,2 semillas por polinización en los cruces con P. vulgaris como madre contra 0,004 semillas por polinización con P. coccineus subsp. coccineus como madre.

La combinación de progenitores - tanto la madre como el padre - influyen también en el éxito (Cuadros 8 y 9).

En base a estos resultados, los cruces entre P. vulgaris y P. coccineus se hacen generalmente con P. vulgaris como madre. Se recomienda también seleccionar varias líneas, tanto de P. vulgaris que de P. coccineus, para llevar a cabo los cruces.

3.2. Reducción de la viabilidad y de la fertilidad en las generaciones tempranas de las progenies.

En la F₁ de los cruces P. vulgaris x P. coccineus subsp. coccineus se han observado varios tipos de plantas con grado variable de viabilidad y/o fertilidad.

Un primer tipo-llamado enano letal - se caracteriza por su germinación rápida, por sus cotiledones que no se arrugan y no se caen y por sus hojas primarias de tamaño reducido. Generalmente no producen ninguna hoja trifoliada y mueren 5 a 6 semanas después de la siembra.

Un segundo tipo - llamado enano deforme-está caracterizado por sus entrenudos cortos, sus folíolos pequeños, arrugados y de un color verde oscuro. Las flores son generalmente anormales (pigmentación reducida, quilla deformada) y estériles.

Las plantas normales - que no pertenecen a los dos tipos mencionados-

Cuadro 8. Influencia de la combinación de progenitores sobre la tasa de éxito de los cruzamientos *vulgaris* x *coccineus*.

I. Efecto del padre *vulgaris* (según Maréchal & Baudouin, 1980).

Padre <i>vulgaris</i> (♀)	Padre <i>coccineus</i> (♂)	
	P.I. 165.421	P.I. 201.297
Nep 2	7,0 ^a	
P.I. 281.974		0,0
100/3 (Pop x Nep 2)	2,6	5,7
X28-3-66 café	12,8	4,6
X28-3-66 crema	2,0	0,0
60/5 (Pop x Nep 2)	7,0	
50609 N-283	6,9	
Junín 25	5,6	
Nain complet	7,0	
P.I. 181.892		7,5
Brazil 2	11,8	6,4
Puebla 87		22,7
Promedio	6,4	7,3

^a Tasa de éxito expresada como número de vainas/polinización (%)

Cuadro 9. Influencia de la combinación de progenitores sobre la tasa de éxito de los cruzamientos *vulgaris* x *coccineus*. II. Efecto del padre *coccineus* (según Maréchal & Baudouin, 1980).

Padre vulgaris (♀)	Padre coccineus (♂)	Vainas/polinización (%)
100/3 (Pop x Nep 2)	Hammond's Dwarf	6,7
	P.I. 165.421	2,6
	P.I. 201.297	5,7
X28-3-66 café	P.I. 165.421	12,8
	P.I. 201.297	4,6
X28-3-66 crema	P.I. 165.421	2,0
	P.I. 201.297	0,0
Brazil 2	P.I. 165.421	11,8
	P.I. 201.297	6,4

muestran crecimientos muy variables. Se observaron tanto plantas con un crecimiento reducido que no florecieron como plantas con un crecimiento muy profuso y una floración abundante, parecidas al progenitor P. coccineus.

La aparición de uno u otro tipo de planta depende de la combinación de progenitores.

En la F₁ de los cruces P. vulgaris x P. coccineus subsp. polyanthus no se ha observado ningún tipo anormal hasta ahora. Todas las plantas F₁ han tenido un buen crecimiento parecido a lo del progenitor P. coccineus subsp. polyanthus (Quadro 10).

La fertilidad de los híbridos F₁ - aún excluyendo a los tipos anormales - es baja, tanto en cuanto al número de semillas por planta que al número de semillas por vaina. Las progenies F₁ P. vulgaris x P. coccineus subsp. polyanthus son más fértiles que las progenies F₁ P. vulgaris x P. coccineus subsp. coccineus. Dentro de cada clase existe una variación según la combinación de progenitores (Quadro 11). La falta de fertilidad en la F₁ se debe en parte a la viabilidad reducida del polen (Quadro 12).

En la F₂ tanto de los cruces P. vulgaris x P. coccineus subsp. coccineus como de los cruces P. vulgaris x P. coccineus subsp. polyanthus, se observó un tipo abnormal, llamado "angustifolius" por Lamprecht (1948), cuyos folíolos estrechos son la característica principal. Este tipo de planta es altamente estéril.

Las otras plantas mostraron reacciones de crecimiento muy variables, desde semillas sin germinar hasta plantas bien desarrolladas y fértiles. La frecuencia de esta última categoría fué más alta en los cruces P.

Cuadro 10: Distribución de tipos enanos letales y deformados en la F₁ de cruces *vulgaris x coccineus* y *vulgaris x polyanthus*

	Norma- les	Enanos letales	Enanos defor- mados	Normales y deformados (progenies mixtas)	Total cru- ces
<i>vulgaris x coccineus</i>	72	5	22	10	109
<i>vulgaris x polyanthus</i>	16				16

Cuadro 11.- Fertilidad en la F₁ de cruces *P. vulgaris* x *P. coccineus* subsp. *coccineus* y *P. vulgaris* x *P. coccineus*'subsp. *polyanthus*.

Cruce	Semillas/ planta ^a	Semillas/ vaina
1.- <i>P. vulgaris</i> x <i>P. coccineus</i> subsp. <i>coccineus</i>		
NI 161 x NI 191	0	0
ICA-Palmar x NI 2	2	1,2
NI 161 x NI 229	3	1,1
Nep 2 x NI 132	5	1,4
NI 141 x NI 229	9	1,2
P.I. 310.805 x Puebla 56-C	12	1,3
Promedio	5	1,2
2.- <i>P. vulgaris</i> x <i>P. coccineus</i> subsp. <i>polyanthus</i>		
P.I. 165.078 x P.I. 201.342	19	1,2
NI 161 x P.I. 201.304	23	1,2
P.I. 165.078 x NI 490	29	1,2
ICA-Pijao x NI 490	53	1,1
G 2047 x NI 490	72	1,7
G 2047 x NI 373	97	2,1
G 2047 x P.I. 201.304	120	2,0
Promedio	65	1,8

^a Por autopolinización natural

Cuadro No. 12.

Coloración del polen por el acetocarmin en la F₁ de cruces

P. vulgaris x P. coccineus

Cruce		Coloración (%)
1. <u>P. vulgaris</u> x <u>P. coccineus</u> subsp. <u>coccineus</u>		
S.G. 44	x P.I. 201.297	11,3 a ¹
X28-3-66 café	x P.I. 273.448	11,4 a
ICA 10309	x P.I. 201.297	11,7 a
60/5 (POP x Nep 2)	x P.I. 165.421	12,0 a
X28-3-66 café	x P.I. 165.421	13,4 a
P.I. 215.718	x P.I. 201.297	13,8 a
C63 S-630-B	x P.I. 201.297	14,0 a
78 VEF 1176	x P.I. 165.421	14,6 a
Crema FF 1059-2	x P.I. 165.421	15,2 a
Puebla 87	x P.I. 201.297	15,3 a
50609 N-283	x P.I. 165.421	18,0 ab
Nep 2	x P.I. 165.421	18,5 ab
Junín 25	x Hammond's Dwarf	20,4 ab
Brasil 2	x P.I. 201.297	22,2 b
2. <u>P. vulgaris</u> x <u>P. coccineus</u> subsp. <u>polyanthus</u>		
Brasil 2	x NI 373	31,3 c
C63 S-630-B	x NI 373	32,6 c
X28-3-66 café	x NI 373	33,4 c

¹ Los datos seguidos por la misma letra no son diferentes al nivel 0,05 según la prueba de Duncan.

Cuadro No. 13.

Viabilidad en la F₂ de cruces vulgaris x coccineus y vulgaris x polyanthus

C r u c e	Semillas germinadas	Plantas estériles		Plantas fértils
		Sin flores	Con flores	
1. vulgaris x coccineus				
Nep 2 x NI 132 (52) ^a	65% ^b	27%	19%	19%
NI 161 x NI 191 (11)	55	18	9	27
NI 161 x NI 2 (29)	79	21	28	31
NI 161 x NI 229 (76)	89	30	37	35
ICA-Palmar x NI 2 (13)	69	8	15	42
PI 310.805 x Puebla 56-C (29)	86	14	17	55
Promedio (230)	72	22	23	31
2. vulgaris x polyanthus				
NI 161 x PI 201.304 (56)	70	7	5	57
PI 165.078 x NI 490 (88)	73	5	6	62
ICA-Pijao x NI 490 (67)	76	7	6	63
G2047 x PI 201.304 (328)	85	7	9	69
Promedio (539)	80	7	8	66

^a Número de semillas sembradas

^b Porcentajes en función del número de semillas sembradas

vulgaris x P. coccineus subsp. polyanthus. Existen sin embargo variaciones según la combinación de progenitores, especialmente en los cruces P. vulgaris x P. coccineus subsp. coccineus (Cuadro 13).

En cuanto a fertilidad, la F₂ también muestra una amplia variación. Aunque la proporción de plantas estériles siempre fué bastante alta - especialmente en los cruces P. vulgaris x P. coccineus subsp. coccineus - algunas plantas produjeron un número importante de semillas (Fig. 5).

En las generaciones ulteriores se observa una restauración gradual de la viabilidad y de la fertilidad.

En resumen, las generaciones tempranas están afectadas por una falta de viabilidad y de fertilidad. Sin embargo no se trata de un fenómeno generalizado y permanente, ya que se pudo seleccionar individuos con alta viabilidad y fertilidad.

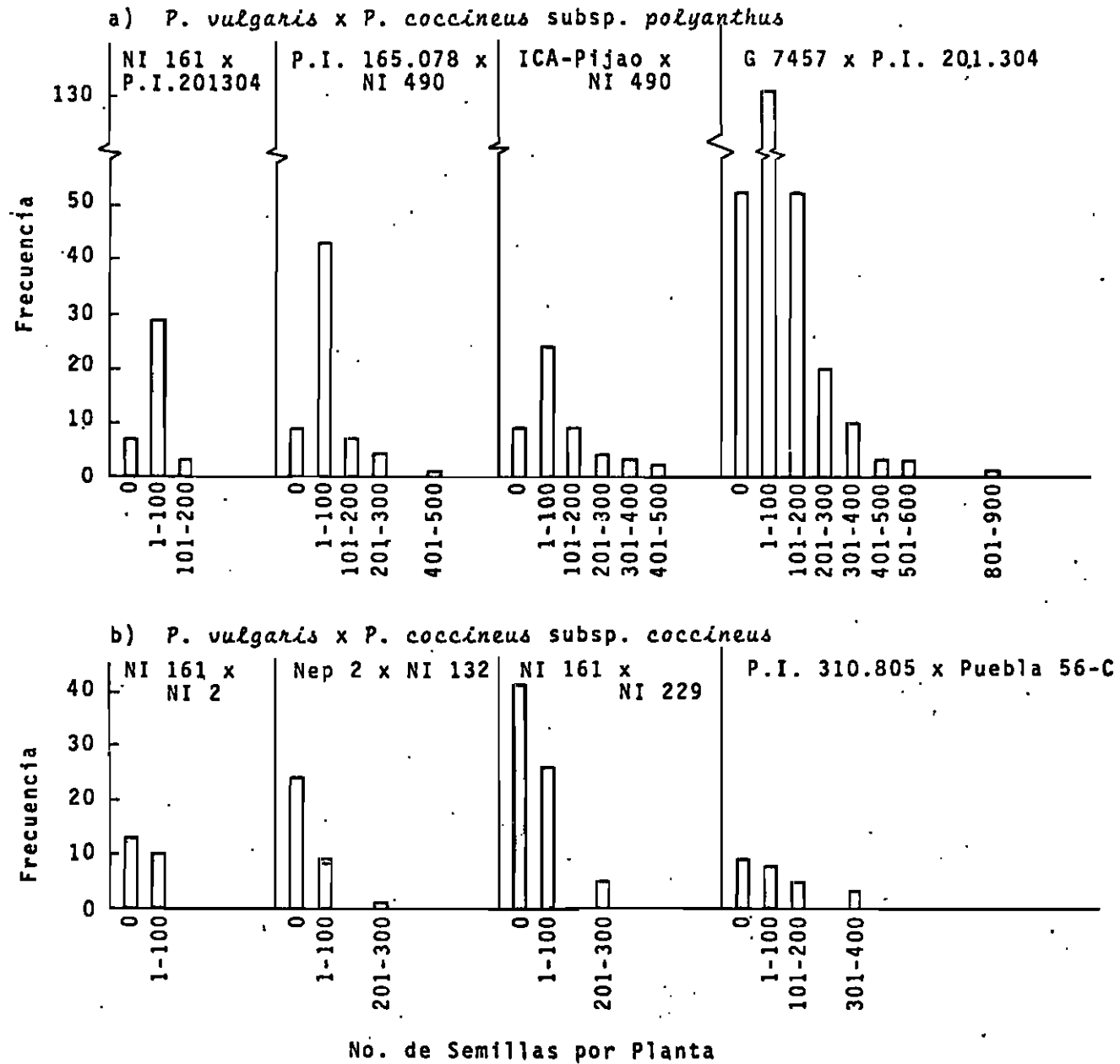
Los factores más importantes son la subespecie de P. coccineus involucrada en el cruce y la combinación de los progenitores. La mayor viabilidad y fertilidad de los cruces P. vulgaris x P. coccineus subsp. polyanthus está correlacionada con la posición taxonómica intermedia de la subespecie polyanthus entre P. vulgaris y P. coccineus subsp. coccineus.

Desde un punto de vista práctico, se puede observar que como consecuencia de la baja fertilidad de la F₁, las poblaciones F₂ eran más bien pequeñas lo que limitaba las posibilidades de selección en esta generación. Se buscó entonces la forma de aumentar la producción de semillas en la F₁.

A raíz de la hibridez, los granos de polen en las flores de las

FIGURA 5

DISTRIBUCION DEL NUMERO DE SEMILLAS POR PLANTA EN LA F₂ DE CRUCES P. VULGARIS x P. COCCINEUS



Quadro 14.- Fertilidad en la F₂ de cruces *P. vulgaris* x *P. coccineus* subsp. *coccineus* y *P. vulgaris* x *P. coccineus* subsp. *polyanthus*.

Cruce	Semilla/planta	Semilla/vaina
<i>P. vulgaris</i> x <i>P. coccineus</i> subsp. <i>coccineus</i>	10,0 a ¹	0,7 a
<i>P. vulgaris</i> x <i>P. coccineus</i> subsp. <i>polyanthus</i>	84,1 b	1,5 b

¹ Prueba de rangos múltiples de Duncan

Quadro 15. Fertilidad de progenies F₂ de algunos cruces *vulgaris*
x *coccineus* y *vulgaris* x *polyanthus*.

Cruce	Semillas/planta	Semillas/vaina
1. <i>vulgaris</i> x <i>coccineus</i>		
NI 161 x NI 2	2,4 a ¹	0,6 a
ICA-Palmar x NI 2	2,6 a	0,9 ab
NI 161 x NI 191	3,8 a	0,7 ab
NI 161 x NI 229	8,7 a	0,5 a
Nep 2 x NI 132	10,9 a	0,6 a
PI.310.805 x Puebla 56 C	75,9 b	1,4 bc
2. <i>vulgaris</i> x <i>polyanthus</i>		
NI 161 x PI.201.304	32,1 ab	1,1 b
PI.165.078 x NI 490	58,5 b	1,3 b
G 7457 x PI.201.304	94,2 c	1,6 c
ICA-Pijao x NI 490	101,3 c	1,5 bc

¹ Dentro de cada columna, los datos seguidos por la misma letra no son diferentes al nivel 0,05 según el test de Duncan.

Cuadro 16. Aumento de la producción de semillas por intermedio de autopolinizaciones manuales en la F₁ de cruces *vulgaris* x *coccineus* y *vulgaris* x *polyanthus*.

Cruces	Semillas por planta			Tasa de éxito autopolinizaciones manuales (%)
	Auto- polinización natural	Auto- polinización manual	Total	
<i>1. vulgaris</i> x <i>coccineus</i>				
NI 161 x NI 191	0	3	3	5 (5/92) ^a
ICA-Palmar x NI 2	2	12	14	9 (20/229)
NI 161 x NI 229	3	27	30	12 (148/1247)
Nep 2 x NI 132	5	28	33	26 (33/125)
NI 141 x NI 229	9	18	27	13 (59/456)
P.I.310.805 x Puebla 56-C	12	4	16	23 (14/60)
Promedio	5	18	23	13 (279/2209)
<i>2. vulgaris</i> x <i>polyanthus</i>				
P.I.165.078 x P.I.201.342	19	10	29	15 (20/130)
NI 161 x P.I.201.304	23	8	31	14 (9/62)
P.I.165.078 x NI 490	29	21	50	17 (34/201)
ICA-Pijao x NI 490	53	32	85	14 (54/371)
G2047 x NI 490	72	29	101	26 (30/115)
G2047 x NI 373	97	56	153	27 (62/232)
G2047 x P.I.201.304	120	16	136	38 (42/111)
Promedio	65	26	91	20 (251/1222)

^a (número de vainas/número de intentos)

flores plantas F_1 son más bien poco viables (véase Quadro 12), escasos y colocados debajo del estigma. Para aumentar las posibilidades de fertilización, se realizaron antopolinizaciones manuales que incrementaron la producción de semillas (Quadro 16).

Los ensayos mencionados (Quadro 11 y 16) se habían llevado a cabo con plantas sembradas en materas en casa de malla. La siembra de los híbridos F_1 en el campo a su vez produjo un incremento en la producción de semillas (Quadro 17).

Quando se combinan las autopolinizaciones manuales y la siembra en el campo se consiguen producciones de semillas muy satisfactorias en los cruces P. vulgaris x P. coccineus subsp. polyanthus y algunos cruces P. vulgaris x P. coccineus subsp. coccineus (Quadro 18).

Para aumentar la fertilidad de la F_2 , se puede hacer retrocruces sobre la F_1 hacia el padre P. vulgaris (Quadro 19). Se sabe sin embargo por los experimentos de Wall (1970) que estos retrocruces aceleran el regreso hacia el padre P. vulgaris en los cruces P. vulgaris x P. coccineus subsp. coccineus. Se necesita investigar por lo tanto si estos retrocruces permiten todavía la selección de características de P. coccineus subsp. coccineus en las progenies.

3.3. Características de las segregaciones en las progenies.

Los experimentos de Lamprecht (1941) y Wall y York (1957) habían mostrado que las generaciones tempranas de los cruces P. vulgaris x P. coccineus subsp. coccineus se caracterizan por un regreso al tipo P. vulgaris - con una pérdida simultánea de caracteres de P. coccineus subsp. coccineus.

Quadro 17.- Producción de semillas por plantas F₁ en cruces *P. vulgaris* x *P. coccineus* subsp. *coccineus* y *P. vulgaris* x *P. coccineus* subsp. *polyanthus* en casa de malla y en campo.

			Semillas por planta		Semillas por vaina	
			Casa de malla ^a	Campo ^b	Casa de malla	Campo
1.- <i>P. vulgaris</i> x <i>P. coccineus</i> subsp. <i>coccineus</i>						
P.I. 310.805	x	Puebla 56-C	25	203	1,3	1,5
Nep 2	x	NI 132	39	109	1,4	1,5
ICA-Palmar	x	NI 2	18	119	1,2	1,3
2.- <i>P. vulgaris</i> x <i>P. coccineus</i> subsp. <i>polyanthus</i>						
NI 161	x	NI 520	89	330	1,2	1,3
ICA-Pijao	x	NI 490	85	1090	1,1	1,6

^a Casa de malla: potes de 20 cm de diámetro

^b Campo: distancia de siembra: 1m x 1m

Cuadro No. 18.

Proyecto de cruzamientos para la arquitectura de la planta.

Producción de semillas en plantas F₁.

Cruce	Semillas/planta ^a
1. <u>P. vulgaris</u> x <u>P. coccineus</u> subsp. <u>coccineus</u>	
X28-3-66 café x P.I. 165.421	2877
Nep 2 x P.I. 165.421	1356
Junín 25 x Hammond's Dwarf	475
60/5 (POP x Nep 2) x P.I. 165.421	393
C63 S-630-B x P.I. 201.297	301
ICA 10309 x P.I. 201.297	64
X28-3-66 café x P.I. 201.297	10
2. <u>P. vulgaris</u> x <u>P. coccineus</u> subsp. <u>polyanthus</u>	
C63 S-630-B x NI 373	3121
X28-3-66 café x NI 373	1533
Brasil 2 x NI 373	764

^a Duración de la cosecha: aprox. 12 meses

Cuadro 19. Efecto del retrocruzamiento sobre la fertilidad en cruces
vulgaris x *coccineus* y *vulgaris* x *polyanthus*.

Cruce	Semillas/ planta	Semillas/ vaina
<i>vulgaris</i> x <i>coccineus</i> : NI 161 x NI 2		
F ₁	32,8	1,4
F ₂	2,4	0,6
F ₁ x NI 161	65,0	2,1
<i>vulgaris</i> x <i>polyanthus</i> : ICA-Pijao x NI 490		
F ₂	101,3	1,5
F ₁ x ICA-Pijao	279,7	3,3

Ya que en el estudio de la viabilidad y fertilidad se había notado una diferencia entre los cruces P. vulgaris x P. coccineus subsp. coccineus y P. vulgaris x P. coccineus subsp. polyanthus, se inició un estudio para comparar también las segregaciones en estos dos cruces.

Se estudió la segregación del largo, del ancho y del número de nervaduras de las bracteolas florales, puesto que existen diferencias marcadas en cuanto a esta característica entre P. vulgaris (bracteolas largas, anchas y con un alto número de nervaduras), P. coccineus subsp. coccineus (bracteolas medianamente largas, más bien estrechas y con un número intermedio de nervaduras) y P. coccineus subsp. polyanthus (bracteolas largas, estrechas y con un número reducido de nervaduras).

En los cruces P. vulgaris x P. coccineus subsp. coccineus, se observaron segregaciones muy distintas según la combinación de progenitores (Fig. 6). En particular, la proporción de características parecidas a las de P. coccineus subsp. coccineus varió según el cruce. Además se observaron segregantes transgresivos.

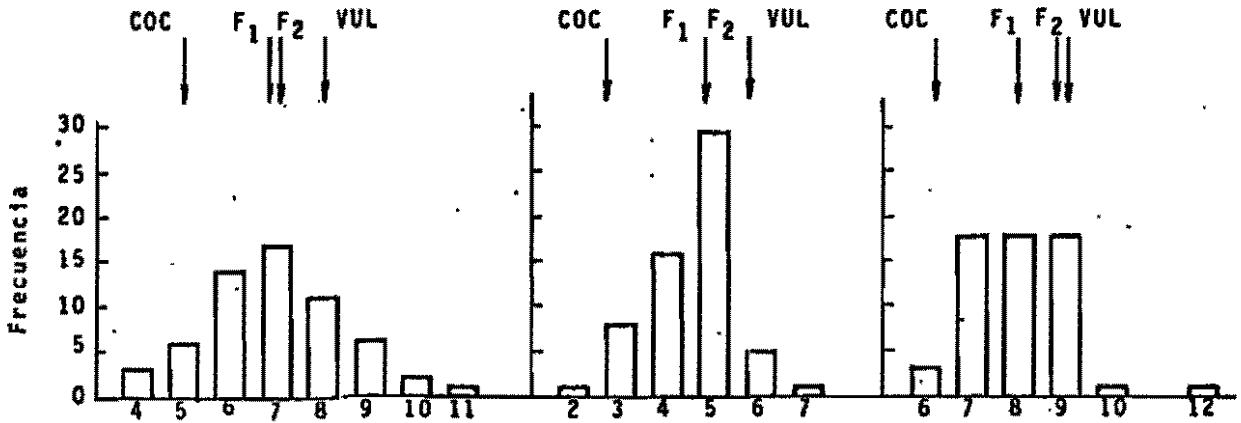
En los cruces P. vulgaris x P. coccineus subsp. polyanthus hubo menos diferencias entre las segregaciones (Fig. 7). Las poblaciones F₂ fueron intermedias entre ambos padres y no se observaron segregantes transgresivos.

Las recombinaciones entre las características consideradas fueron generalmente más importantes en los cruces P. vulgaris x P. coccineus subsp. polyanthus como lo indican los coeficientes de correlación (Cuadro 20; Fig. 8 y 9).

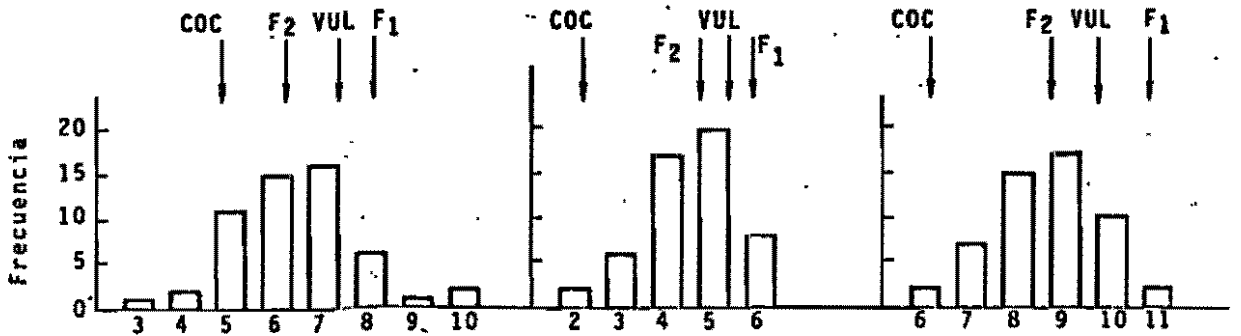
FIGURA 6

SEGREGACION DEL LARGO, ANCHO Y NUMERO DE NERVADURAS DE LAS BRACTEOLAS EN LA F₂ DE TRES CRUCES P. VULGARIS x P. COCCINEUS SUBSP. COCCINEUS

C63 S-630-B x P.I. 201.297



NEP2 x P.I. 165.421



JUNIN 25 x HAMMOND'S DWARF

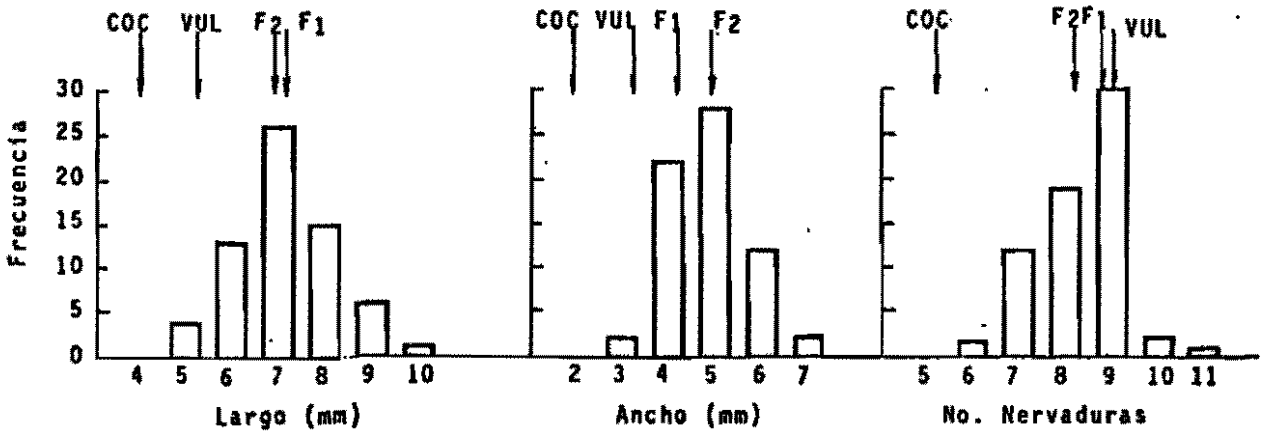
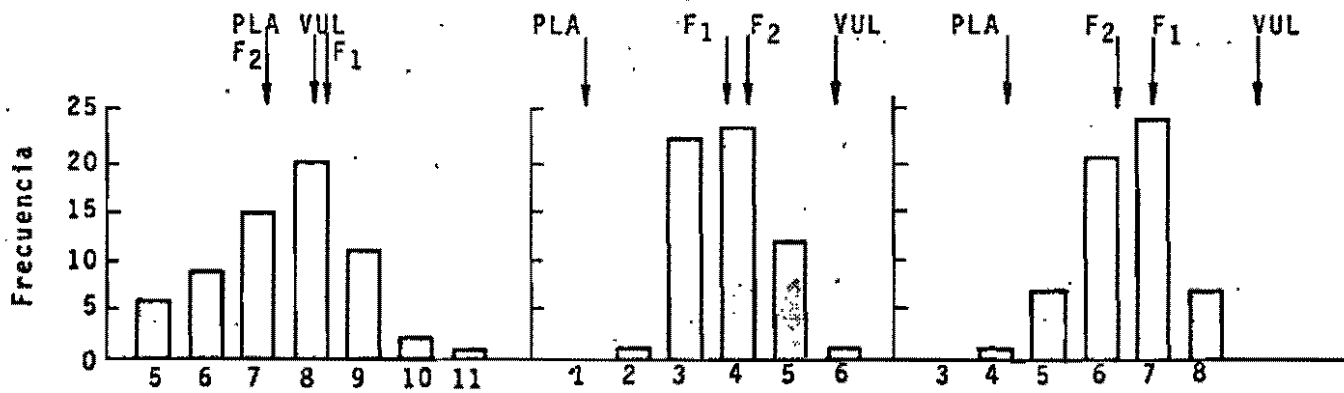


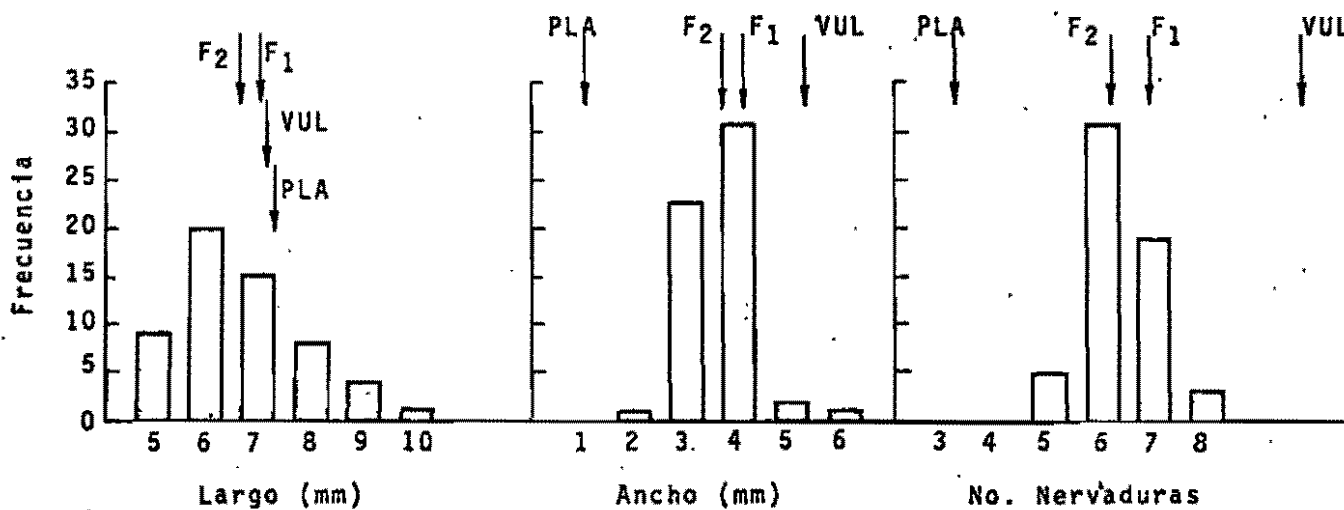
FIGURA 7

SEGREGACION DEL LARGO, ANCHO Y NUMERO DE NERVADURAS DE LAS BRACTEOLAS EN LA F₂
DE DOS CRUCES P. VULGARIS x P. COCCINEUS SUBSP. POLYANTHUS

C63. S-630-B x NI 373



BRASIL 2 x NI 373



Quadro 20. - Segregación del largo, ancho y número de nervaduras de las bracteolas en cruces *P. vulgaris* x *P. coccineus*.

Coeficientes de correlación

	Largo - Ancho	Ancho - Nervaduras	Largo - Nervaduras
<i>P. vulgaris</i> x <i>P. coccineus</i> subsp. <i>coccineus</i>			
C63 S-630-B x P.I. 201.297	0,97	0,67	0,34
Puebla 87 x P.I. 201.297	0,80	0,44	0,32
Nep 2 x P.I. 165.421	0,79	0,49	0,54
Junín 25 x Hammond's Dwarf	0,67	0,72	0,39
<i>P. vulgaris</i> x <i>P. coccineus</i> subsp. <i>polyanthus</i>			
C63 S-630-B x NI 373	0,46	0,72	0,22
Brasil 2 x NI 373	0,40	0,49	0,04

FIGURA 8

RECOMBINACION ENTRE EL LARGO Y EL ANCHO DE LAS BRACTEOLAS EN LA
F₂ DE UN CRUCE *P. VULGARIS* x *P. COCCINEUS* SUBSP. *COCCINEUS*
(C63 S-630-B x P.I. 201.297)

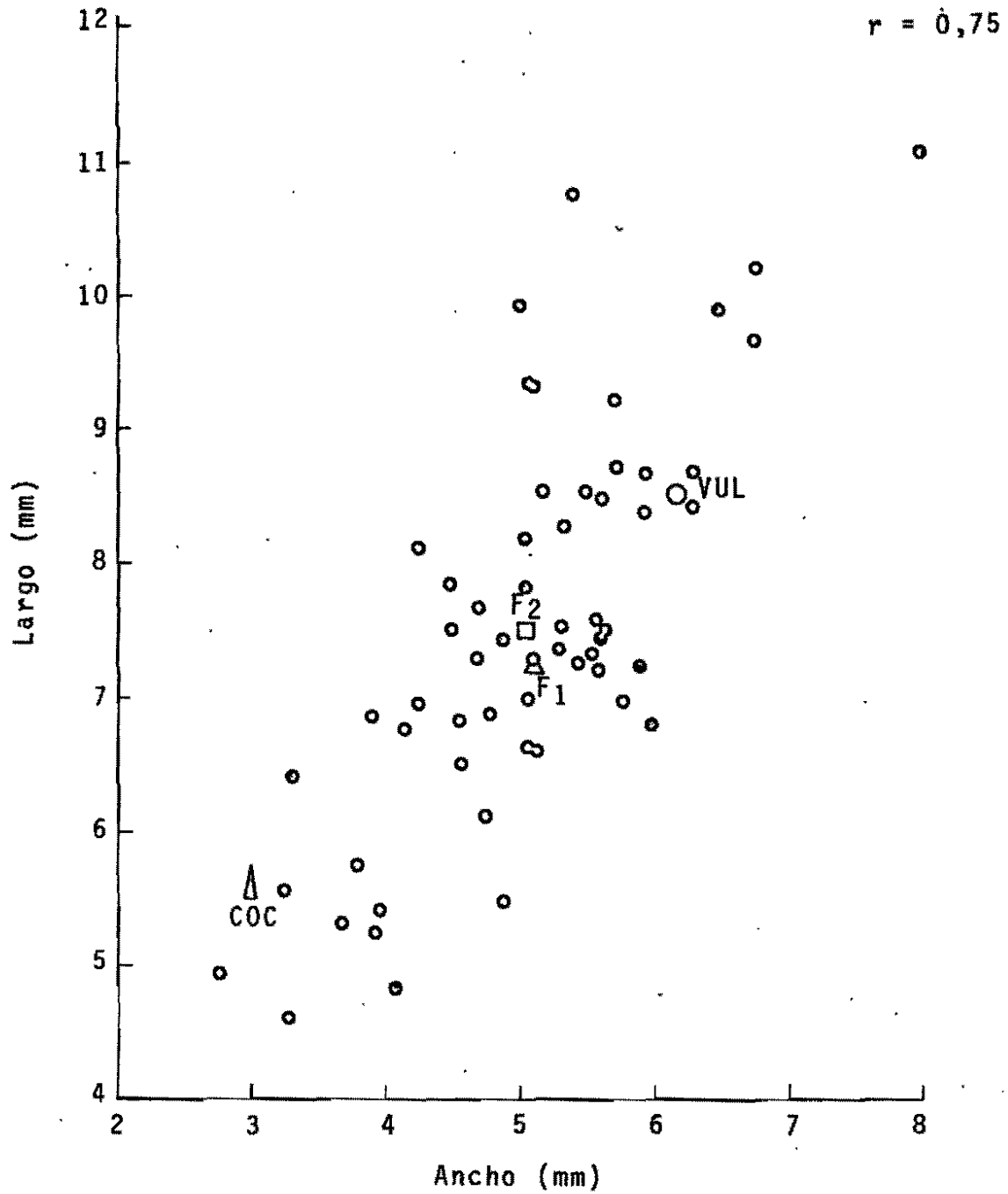
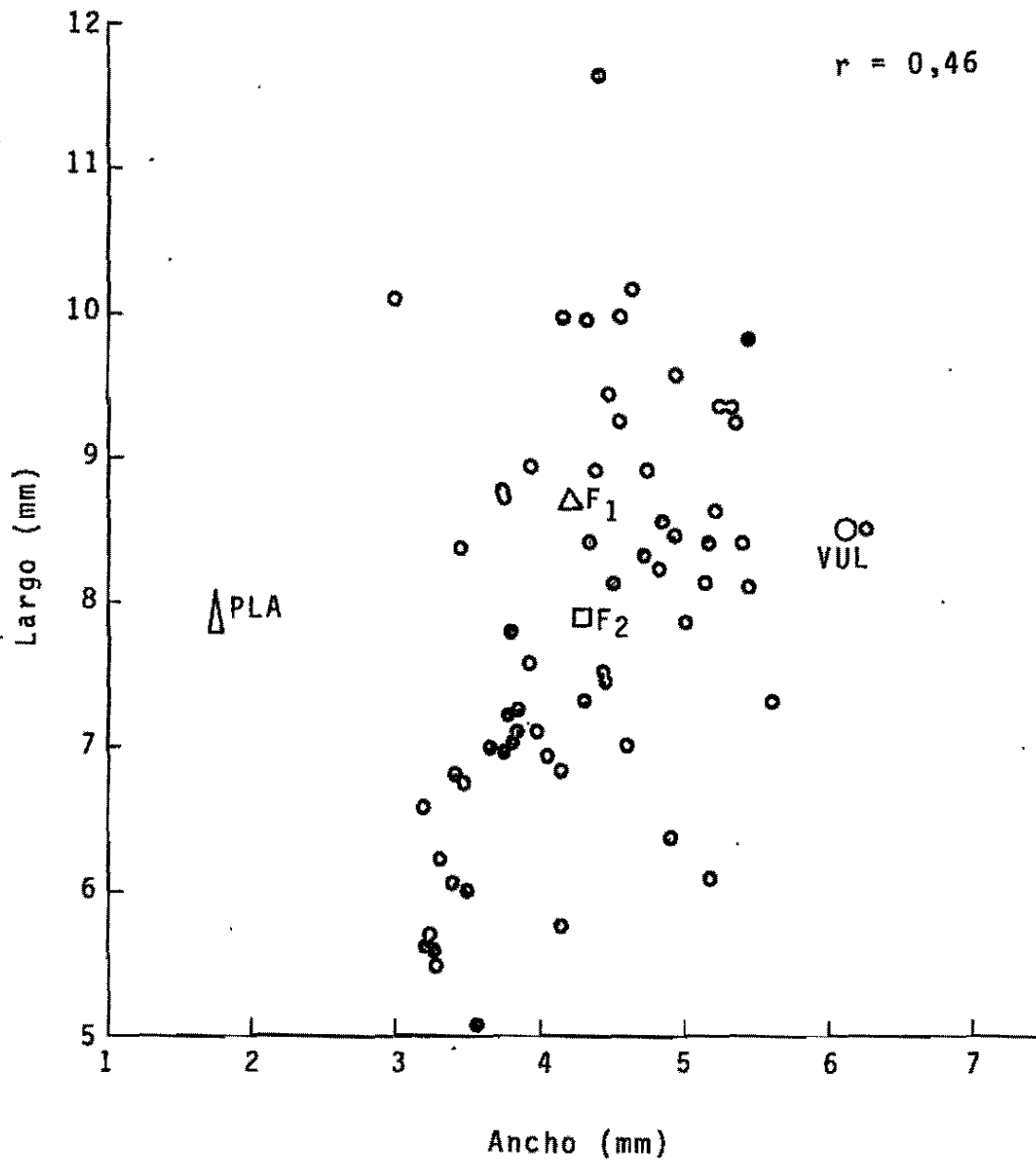


FIGURA 9

RECOMBINACION ENTRE EL LARGO Y EL ANCHO DE LAS BRACTEOLAS EN LA
F₂ DE UN CRUCE *P. VULGARIS* x *P. COCCINEUS* SUBSP. *POLYANTHUS*
(C63 S-630-B x NI 373)



El significado genético de estas segregaciones queda todavía por determinar pero se puede destacar la importancia que tiene la combinación de progenitores sobre la segregación de las progenies en los cruces P. vulgaris x P. coccineus subsp. coccineus, así que las mayores posibilidades de recombinación en los cruces P. vulgaris x P. coccineus subsp. polyanthus.

4.- Variabilidad generada

4.1. Arquitectura de la planta:

Se han seleccionado varios materiales que puedan ser de interés para mejorar las características arquitecturales de la planta. Algunos de estos materiales están ya en las generaciones F₃ o F₄ y están relacionados con las siguientes características.

- 1) Resistencia al volcamiento
- 2) Hipocotilo y epicotilo largos
- 3) Folíolos pequeños
- 4) Duración de area foliar
- 5) Alto número de nudos en el tallo principal de plantas determinadas.

4.2. Resistencia al Mosaico Dorado

En la progenie de un cruce con una línea de P. coccineus subsp. coccineus resistente al Mosaico Dorado, se seleccionaron varias plantas de semillas rojas con tolerancia a esta enfermedad.

5.- Programa futuro:

Para el futuro, se puede orientar los trabajos en las siguientes direcciones.

5.1. Evaluación del germoplasma de *P. coccineus*

Se necesita conocer mejor el potencial de la especie *P. coccineus*, especialmente de la subespecie polyanthus. Esto implica recolecciones adicionales, un incremento activo de la colección y una evaluación extensa de esta, sobre todo en cuanto a esas características para las cuales ha sido poco evaluada: por ej.: tolerancia a Empoasca, Ascochyta, etc.

5.2. Estudio de las segregaciones

Se necesita comprobar cuál es la forma más eficiente de conseguir expresiones altas de características *P. coccineus* en materiales *P. vulgaris*.

5.3. Proyectos de cruzamientos

Manejo de las progenies de los proyectos de cruzamiento siguientes:

a) Arbustivos - Arquitectura de la planta I: cruces con 4 líneas de *P. coccineus* subsp. coccineus, seleccionadas por su epitotilo y pedúnculo largo.

b) Arbustivos - Arquitectura de la planta II: cruces con 5 líneas arbustivas de *P. coccineus* subsp. coccineus, de México, Portugal y Chile

c) Trepadores - Resistencia múltiple a Ascochyta, Roya, Antracnosis: cruces con 2 líneas de *P. coccineus* subsp. coccineus y 2 de *P. coccineus* subsp. polyanthus, provenientes de las zonas altas de Guatemala y resistentes a un complejo de enfermedades que incluye a Ascochyta, Roya, Antracnosis, etc.

d) Arbustivos - Resistencia múltiple a Empoasca, Añublo bacterial común: cruces con 5 líneas de P. coccineus subsp. coccineus, provenientes de Puerto Rico.

e) Arbustivos - Resistencia al Mosaico Dorado: cruces con 8 líneas de P. coccineus subsp. coccineus, provenientes de Guatemala, México, Zaire y Ruanda.

Agradecimientos:

Agradezco a la Unidad de Recursos Genéticos y al Programa de Frijol por la ayuda prestada para el manejo y las evaluaciones de las progenies, a James García, de la Unidad de Servicios de Datos, por el análisis estadístico y a Ricardo Carrillo, Daniel Zambrano, Herman Usma y Carlos Aullón por su ayuda técnica.

BIBLIOGRAFIA

- BERGLAND - BRUCHER, O. & BRUCHER, H. (1974). Murutungo, eine semi-domestizierte Wildbohne (Phaseolus flavescens Piper) aus der tropischen Gebirgen Sudamerikas. *Angew. Botanik* 48: 208-220.
- BRAAK, J.P. y KOOISTRA, E. (1975). A successfull cross between Phaseolus vulgaris L. and Phaseolus ritensis Jones with the aid of embryoculture. *Euphytica* 24: 669-679.
- KLOZ, J. (1971). Serology of the Leguminosae. In: *Chemotaxonomy of the Leguminosae*. Eds. Harbone, J.P., Boulter, D. & Turner, B.L. Academic Press, London: pp. 309-365.
- LAMPRECHT, H. (1941). Die Artgrenze zwischen Phaseolus vulgaris L. und multiflorus Lam. *Hereditas*. 27: 51-175.
- LAMPRECHT, H. (1948). Zur Losung des Artproblems. Neue und bisher bekannte Ergebnisse der Kreuzung Phaseolus vulgaris L. x coccineus L. und reziprok. *Agr. Hort. Genet.* 6: 87-241.
- LE MARCHAND, G. & MARECHAL, R. (1977). Chromosome pairing in interspecific hybrids reveals the value of pollen morphology for deducting phylogenetic affinities in the genus Phaseolus. In: *Interspecific hybridizations in plant breeding. Proc. 8th. Congr. Eucarpia, Macrid, 1977.* pp. 335-337.
- MARECHAL, R. (1971). Observations sur quelques hybrides dans le genre Phaseolus. II. Les phenomenes meiotiques. *Bull. Rech. Agron. Gembloux* 6: 461-489.
- MARECHAL, R. & BAUDOUIN, J.P. (1978). Observations sur quelques hybrides dans le genre Phaseolus. IV. L'hybride Phaseolus vulgaris x Phaseolus filiformis. *Bull. Rech. Agron. Gembloux* 13: 233-240.

MARECHAL, R. & BAUDOUIN, J.P. (1980). Comunicación personal.

MARECHAL, R., MASCHERPA, J.M. & STAINIER, F. (1978). Etude taxonomique d'un groupe complexe d'especés des genres Phaseolus et Vigna (Papilionaceae) sur la base de données morphologiques et polliniques, traitées para l'analyse informatique. Boissiera, Geneve, Vol. 28, 273 p.

RABAKOARIHANTA, A., SHII, C.T., MOK, M.C. & MOK, D.W.S. (1980). Meiosis and fertility of interspecific hybrids between Phaseolus vulgaris L. and P. acutifolius A. Gray. Theor. Appl. Genet. 57: 59-64.

RUDORF, W. (1961). Untersuchungen über die bei der Bastardierung von Phaseolus vulgaris L. ♀ x Phaseolus coccineus L. ♂ und der reziproken Bastardierung auftretenden besonderen Probleme. II. Untersuchungen über die Genetik der Spaltung der F₁. Z. Pfl. Zucht. 46: 307-324.

SMARTT, J. (1970). Interspecific hybridization between cultivated American species of the genus Phaseolus. Euphytica 19: 480-489.

STAINIER, F. (1974). Contribution à l'étude palynologique des Papilionaceae - Phaseoleae - Phaseolinae. III. Etude de quelques especes des genres Phaseolus L., Vigna Savi et Physostigma Balf. Bull. Jard. Bot. Nat. Belg. 44: 1-15.

WALL, J.R. (1970). Experimental introgression in the genus Phaseolus. I. Effect of mating systems on interspecific gene flow. Evolution 24: 356-366.

WALL, J.R. & YORK, T.L. (1957). Inheritance of seedling cotyledon position in Phaseolus species. J. Heredity. 48: 71-71.