

**Universidad Nacional Agraria
La Molina**

*Escuela de Post - Grado
Especialidad de Mejoramiento Genético
de Plantas*



**Incorporación del Gen I de
Resistencia al Virus del Mosaico
Común (BCMV) en Frijol
(*Phaseolus vulgaris* L.)
Var. Canario Camanejo**

*Tesis para optar el Grado de
MAGISTER SCIENTIAE*

Edgar Virgilio Bedoya Justo

L I M A - P E R U

1 9 9 6

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA - LA MOLINA

ESCUELA DE POST-GRADO

ESPECIALIDAD DE MEJORAMIENTO GENETICO
DE PLANTAS

INCORPORACION DEL GEN I
DE RESISTENCIA AL VIRUS DEL
MOSAICO COMUN (BCMV) EN FRIJOL
(*Phaseolus vulgaris* L.)
VAR. CANARIO CAMANEJO

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE:
MAGISTER SCIENTIAE

EDGAR VIRGILIO BEDOYA JUSTO

Sustentada y aprobada ante el siguiente Jurado:

.....
Dra. Antonietta Gutierrez Rosati
PRESIDENTE

.....
Dr. Felix Camarena Mayta
PATROCINADOR

.....
M.Sc. Amelia Huaranga Joaquín
MIEMBRO

.....
M.Sc. Jorge Nakahodo Nakahodo
MIEMBRO

*A mis padres, a quienes
debo todo cuanto soy,
por su constancia e
innegable apoyo.*

*Mi reconocimiento,
afecto y cariño.*

AGRADECIMIENTO

- Al Dr. Felix Camarena Mayta, patrocinador de esta tesis por su orientación y enseñanza en la ejecución y elaboración del presente trabajo.
- Al Dr. Luis Salazar M.
- Al M. Sc. Segundo Fuentes D.
- A la M. Sc. Amelia Huaranga J.
- A la Dra. Graciela Vilcapoma S.
- A la M. Sc. Clorinda Vergara de S.
- Al Blgo. Juan Flores Torres
- A mis compañeros de estudio, que de una u otra forma me brindaron su ayuda, para la culminación del presente trabajo.

CONTENIDO

I.	INTRODUCCION	1
II.	REVISION DE LITERATURA	4
	2.1. El Virus	5
	2.2. Reacción del Hospedero	10
	2.3. Resistencia Genética.....	14
	2.4. Control Genético del Virus	25
	2.5. Obtención de variedades Criollas de	
	Frijol con Resistencia al Virus	29
III.	MATERIALES Y METODOS	32
	3.1. Lugar y Fecha del Experimento	32
	3.2. Progenitores Utilizados	32
	3.3. Metodología	38
	3.3.1. Campaña Nº 1	39
	3.3.2. Campaña Nº 2	41
	3.3.3. Campaña Nº 3	43
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	53
	4.1. Evaluación de Retrocruzas 1 al Virus	
	del Mosaico Común del Frijol	54

4.2.	Evaluación de Retrocruzas 1 para el Hábito	
	de Crecimiento y Testa de la Semilla	56
4.3.	Evaluación de Retrocruzas 1 para Rendimiento ...	
	de Grano y sus Componentes Primarios	60
4.4.	Eficiencia de las Hibridaciones	71
V.	CONCLUSIONES	75
VI.	RESUMEN	77
VII.	BIBLIOGRAFIA	82
	ANEXOS	

I. INTRODUCCION:

La situación alimentaria en el Perú es alarmante debido al crecimiento demográfico así el incremento de producción de alimentos per cápita ha bajado considerablemente en la última década, aunque la producción total se ha incrementado en casi 20% en la década pasada; por lo tanto se debe introducir mejoras en los cultivos, potenciando las características de producción, calidad y buena adaptación ya sea eliminando susceptibilidades a enfermedades u otros factores limitantes.

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), es una leguminosa de grano, originaria de América, y es la especie más importante cultivada de los cinco continentes. Por lo tanto, es la principal fuente de proteína vegetal de millones de personas de menores recursos y de las áreas rurales. Su contenido de proteína promedio es de 22% y, también, es fuente importante de carbohidratos, vitaminas y minerales.

Del área total sembrada con frijol en el Perú el 33% está ubicado en la Costa de donde se obtiene más del 40% de la producción nacional, en razón de la mayor productividad por hectárea comparada con la Sierra y la Selva.

En la Costa predomina el monocultivo, asimismo las diferentes condiciones agroclimáticas entre las regiones, hace que predominen determinados cultivos con los que tiene que competir el frijol básicamente por suelos y rentabilidad. En la Costa Norte, son el arroz, maíz y caña de azúcar, los cultivos más frecuentes; el algodón, maíz y camote en la Costa Central; en tanto que, el arroz y las hortalizas lo son en la Costa Sur; de este modo, el frijol es un cultivo de rotación con maíz y arroz en la Costa Norte; con maíz, papa y camote en la Costa Central, y con arroz en la Costa Sur.

La productividad (kg/ha) del frijol en la Costa, es una de las más altas de América Latina (1 150); sin embargo, los rendimientos podrían ser muy superiores, dada las condiciones agroclimáticas, las posibilidades de manejo tecnificado y la existencia de variedades mejoradas de alto potencial de rendimiento (1 800 a 2 500 kg/ha).

Las variedades criollas o nativas que se cultivan en la Costa, tiene buen potencial de rendimiento pero son muy susceptibles a enfermedades, plagas y otros factores limitantes de la producción. Aún cuando se ha logrado generar variedades resistentes a las principales enfermedades como el virus del mosaico común (BCMV) y roya; además de ser precoces, para la Costa Norte y Central; el potencial productivo del frijol no ha crecido

significativamente debido a que aún persisten diversos problemas fitosanitarios y las variedades mejoradas no han sido ampliamente adoptadas debido a su baja adaptación en el tiempo y el espacio como sucede principalmente en la Costa Sur; donde a pesar de los esfuerzos del INIA por generar nuevas variedades los agricultores prefieren seguir cultivando las variedades criollas por las razones ya expuestas; un ejemplo de esto es la siembra de la variedad Canario Camanejo, cultivada en un 90% de las 7 000 hectáreas que se cultivan en la Costa Sur; en los valles de Camaná, Ocoña y Majes (Arequipa); pero su producción y productividad se ve fuertemente afectada principalmente por el virus del mosaico común, ocasionando pérdidas en el rendimiento hasta un 50%.

En vista del gran avance de los Programas actuales de Mejoramiento Genético con la identificación y manipulación de fuentes de resistencia al BCMV, el presente trabajo tiene como objetivo incorporar el gen I de resistencia al virus del mosaico común (BCMV), a la variedad criolla Canario Camanejo, mediante el método de las cruas regresivas.

II. REVISION DE LITERATURA.

El género *Phaseolus* tiene una antigüedad de 5 300 A.C. y comprende aproximadamente a 180 especies todas provenientes del nuevo mundo (VOYSEST, 1993).

DEBOUCK (1986) citado por VOYSEST (1993) apoyado en sus exploraciones de México a Argentina, considera que las formas y especies silvestres de *Phaseolus* tiene tres centros de diversidad.

- Un centro Meso-Americano, el más rico en especies que se extiende desde el Sur Oeste de Norteamérica hasta el Sur de Panamá.
- Un centro Nor-Andino, que se extiende del Oeste de Venezuela al Norte del Perú.
- Un centro Sur-Andino que se extiende del Norte del Perú a la Argentina.

Por la gran diversidad de formas, colores y tamaños, evidencian la gran importancia que tuvo la especie entre las culturas Pre Colombinas. Los granos pequeños y redondos se encuentran distribuidos en la zona del Caribe y el

Brasil, los granos medianos en México y Guatemala y los granos grandes se encuentran en la región del Perú y son consideradas como la raza P (Peruana) (SINGH, DEBOUCK Y GEPTS, 1988) citados por VOYSEST (1993); y son el producto de las continuas selecciones realizadas a través de siglos. Las pocas variedades criollas que aún se cultivan en la costa (Canario Camanejo, Pecho de Paloma, etc.), provienen de selecciones en las variedades cultivadas en la Sierra (VOYSEST, 1993).

2.1. El Virus:

El Mosaico del frijol común fue primeramente reconocido en los Estados Unidos como una enfermedad virósica por STEWART y REDDICK (1917) citados por DRIJFHOUT (1978) y fue llamado mosaico 'común' para distinguir del virus del mosaico amarillo del frijol. La enfermedad anteriormente había sido reportada por IWANOWSKI (1889) en Rusia. Este virus se presenta en muchos países, evidentemente esta distribuido mundialmente y probablemente coexiste con el hospedero. La denominación del mosaico común del frijol, virus del mosaico del frijol, virus 1 del frijol han sido usados como sinónimos (MARTIN, 1978) citado por DRIJFHOUT (1978). Su equivalente en inglés es bean common mosaic virus (BCMV).

REDDICK y STEWART (1917) citados por DRIJFHOUT (1978), fueron los primeros en probar que el virus es transmitido a través de las semillas, por otra parte, (REDDICK, 1931; NELSON y DOW, 1933) citados por DRIJFHOUT (1978), encontraron que el virus también era transmitido a través del polen. La transmisión por semilla es irregular, dependiendo del estado de crecimiento en el tiempo de la infección, la variedad y el strain. Aunque la infección ocurre después de la floración el virus usualmente no alcanza la semilla (NELSON, 1932). Cuando la infección ocurre a los botones florales, antes o después de la fertilización las plantas no producen semillas infectadas con el BCMV (SHIPPERS, 1963).

Las partículas del BCMV se observan con facilidad por medio del microscopio electrónico en savia extraída o en preparaciones parcialmente purificadas. Las partículas virales son flexibles y filamentosas, de 730-750 nanómetros de largo por 12-15 nanómetros de ancho (BURGA et al., 1974) citados por el CIAT (1980a). Su morfología es muy similar a las partículas producidas por el virus del mosaico amarillo del frijol. Las inclusiones citoplasmáticas también pueden observarse fácilmente en forma de filamentos, cuerpos laminados y molinetes (CAMARGO et al., 1969; HOCH et al., 1978) citados por el CIAT (1980a). Estas partículas virales son transportadas a través del floema, y se pueden detectar en las partes superiores de la planta 24-48 horas después

de la inoculación y en el sistema radicular a las 60 horas (EKPO, 1972) citado por el CIAT (1980a).

La infección puede abarcar la totalidad del cultivo, y las pérdidas en rendimiento varían de 35-98% (BURGA y SHEFFER, 1974). En el año de 1975, HAMPTON citado por el CIAT (1980a) informó que el número de vainas por planta disminuía en 50 y 64% y el rendimiento de semilla por planta entre 53 y 68 %, de acuerdo con la cepa del virus. Igualmente, GALVEZ y CARDENAS (1974) indicaron que las pérdidas en rendimiento fluctuaban de 6-98%, según la variedad y la edad al momento de la infección.

El número de hospedantes del BCMV es más limitado que el del BYMV (mosaico amarillo); sin embargo incluye las siguientes especies: *Phaseolus vulgaris*, *Phaseolus coccineus* L., *Phaseolus lunatus* L., *Phaseolus polyanthus* Greenman, *Phaseolus acutifolius* Gray, *Vigna aconitifolia* (Jacq.) Maréchal, *Vigna radiata* (L.) Wilczek, *Vigna umbellata* (Thumb.) Ohwi & Ohashi, *Vigna mungo* (L.) Hepper, *Vigna unguiculata* (L.) Walpers, *Vigna angularis* (Willd.) Ohwi & Ohashi, *Macroptilium atropurpureum* (DC.) Urban, *Macroptilium lathyroides* (L.) Urban, *Vicia faba* L., *Crotalaria spectabilis* Roth, *Canavalia ensiformis* (L.) DC., *Lupinus albus* L., *Nicotiana clevelandii* Gray, *Pisum sativum* L. sens. lat., *Medicago sativa* L., *Trifolium pratense* L., *Rhynchosia minima* (L.) DC. y *Dolichos lablab* L.

Las partículas del BCMV se pueden transmitir mecánicamente, en el polen y en la semilla de plantas infectadas, y por medio de insectos vectores. En América Latina, la transmisión por la semilla es la vía más importante de diseminación, pues los programas de certificación de semilla se ocupan principalmente de evaluar su pureza genética y por lo tanto no son garantía de que ésta semilla estará libre de virus. Sólo los cultivares que posean resistencia de carácter recesivo pueden transmitir el virus por semilla (CIAT, 1983). El porcentaje de semilla infectada proveniente de un lote de plantas infectadas, depende del cultivar y de la época en que se haya presentado la infección; cuando las plantas han alcanzado la etapa de formación de vainas sin haber sido infectadas por el virus, es baja la probabilidad de que el virus infecte la semilla. EL porcentaje de semilla infectada en la mayoría de los cultivares observados en el CIAT oscila entre 15 y 50% (CIAT, 1983). Las hojas infectadas con el BCMV que se utilizan como fuente de inóculo, se homogenizan en agua o soluciones tampón como fosfato de potasio, y luego se aplican manualmente a las hojas de plantas sanas susceptibles (MORALES, 1979). Muchos investigadores le agregan al inóculo ciertos abrasivos, como el carborundo para facilitar la introducción de las partículas virales en las células de la planta (CAFATI, 1968; ZAUMEYER et al., 1957) citados por el CIAT (1980a).

La eficiencia de inoculación en el invernadero es de casi 100%, pero bajo condiciones de campo es menor debido a los factores ambientales adversos que pueden afectar tanto al virus como a la planta (CIAT, 1985a).

Los granos de polen, óvulos y flores de plantas infectadas pueden transmitir las partículas virales (ZAUMEYER y THOMAS, 1957; EKPO y SAETTLER, 1975). Las semillas de las variedades susceptibles de *Phaseolus vulgaris*, *P. coccineus*, *P. polyanthus*, *Vigna mungo*, *Macroptilium lathyroides* y *Rhynchosia minima*, también son portadoras de la infección (MEINERS et al., 1977; NOBLE et al., 1968; PROVVIDENTI, 1976) citados por el CIAT (1980a). Se ha encontrado que las partículas del BCMV pueden sobrevivir en la semilla de frijol por lo menos 30 años (ZAUMEYER y THOMAS, 1957).

Los insectos vectores, tales como los áfidos, pueden transmitir el BCMV con gran eficiencia de plantas infectadas a plantas sanas. Entre los áfidos registrados como vectores se encuentran *Macrosiphum euphorbiae* Thomas, *Acyrtosiphon pisum* (Harris), *Myzus persicae* (Sulzer), *Aphis fabae* Scopoli, *Aphis rumicis* L. y *Aphis medicaginis* Koch (ZAUMEYER, 1969). La eficiencia de la transmisión depende de la hoja (fuente de inóculo) en la cual los áfidos se alimentan, y el período anterior y posterior a la

alimentación de los áfidos (ZETTLER et al., 1977) citados por el CIAT (1980a).

Las plantas y semillas infectadas de las variedades susceptibles de frijol, así como las malezas hospedantes, constituyen las fuentes iniciales de inóculo del BCMV en el trópico y otras regiones (ROBERTSON, 1962).

2.2. Reacción del Hospedero:

El BCMV puede producir tres clases de síntomas: mosaico, necrosis sistémica (raíz negra), y lesiones locales; según la variedad, la edad al momento de la infección, la cepa y las condiciones ambientales. Los síntomas del mosaico se manifiestan en variedades infectadas sistémicamente y pueden ocasionar un moteado, enroscamiento, raquitismo y deformación de las hojas primarias, especialmente si la infección primaria tiene lugar mediante semilla contaminada. Las hojas trifoliadas presentan enroscamiento, deformación y un mosaico de color amarillo y varias tonalidades verdes. Las hojas infectadas parecen más delgadas y alargadas que las sanas y sus ápices se enroscan hacia el envés deformando la hoja (CIAT, 1980b y 1985a).

ZAUMEYER Y THOMAS (1957) indican que por lo general, las plantas infectadas sistémicamente tienen vainas más

pequeñas, con un número menor de semillas por vaina, que las vainas provenientes de plantas sanas. Asimismo mencionan que en las vainas infectadas ocasionalmente aparecen pequeñas manchas de color verde oscuro; esta clase de vainas maduran más tarde que las sanas. También manifiestan que los síntomas sistémicos del mosaico se expresan más claramente a temperaturas moderadas entre 20 y 25° C.

Una necrosis vascular severa con una decoloración del tallo puede ocasionar la muerte de la planta. Este síntoma fue descrito por JENKINS (1940) citado por DRIJFHOUT (1978), hasta que GROGON Y WALKER (1948) citados por el mismo autor descubrieron que este fue también causado por el BCMV. Todos los haces vasculares de la planta pueden ser afectados y la planta muere si es infectada joven (CIAT, 1985). En el año de 1978, DRIJFHOUT menciona que cuando la infección es tardía, parte de la planta puede morir y muchas de las vainas, aún las partes aparentemente saludables, muestran decoloraciones negruzcas por la necrosis vascular de las paredes de la vaina.

De acuerdo al CIAT (1980b) los síntomas de la necrosis sistémica o raíz negra se presentan en las variedades que poseen resistencia (gen hipersensible I) al mosaico sistémico y que son infectadas por cepas capaces de inducir necrosis a temperaturas bajas (20° C) u otras cepas a

temperaturas altas (26-32° C). La infección puede abarcar de 40-100% de la plantación, y se origina a partir de áfidos que transmiten las partículas del BCMV, adquiridas en plantas de frijol susceptibles u otros hospedantes, a plantas resistentes.

ZAUMEYER y THOMAS, (1957); HUBBELING, (1972) y DRIJFHOUT, (1978) indican que los síntomas de raíz negra se manifiestan inicialmente como lesiones foliares o en el meristema apical de la planta; las hojas trifoliadas jóvenes que se marchitan, se tornan de color opaco y luego se ennegrecen. Eventualmente toda la planta se marchita y muere.

Mucho más antes que el CIAT (1980a) mencionara acerca de la raíz negra; GROGON y WALKER (1948) citados por DRIJFHOUT (1978) indicaron que la necrosis sistémica aparece en las variedades que tienen un tipo de resistencia dominante originada por el cv. Corbett Refugee. También mencionan que el mosaico común fue encontrado en plantas con resistencia dominante después de la inoculación con BCMV.

Asimismo DRIJFHOUT (1978) menciona que después de la inoculación, las lesiones locales pueden ser encontradas antes de la necrosis sistémica. Las lesiones locales son inducidas no solamente en plantas con resistencia dominante del cv. Corbett Refugee. Otro tipo de lesión local son

inducidos algunas veces en plantas susceptibles para el mosaico. ZAUMEYER (1969) mencionó que pequeños anillos necróticos blancos, de 2-3 mm de diámetro, en hojas inoculadas de algunos cultivares con algunos strain y lesiones de anillos marrones, de diámetro 5-7 mm, en otros genotipos con los mismos strain. La producción de estos tipos de lesiones locales fueron seguidos por un mosaico sistémico.

DRIJFHOUT (1978) indica sobre las lesiones locales muy pequeñas encontradas en el cv. Monroe; éstas lesiones las describe como puntos rojos oscuros circulares de aproximadamente 0,4 mm en la parte superior de las hojas, apareciendo aproximadamente 4-5 días después de la inoculación, las lesiones aumentan en los próximos 4-5 días a 0,8-1,0 mm. Menciona también que el número y la claridad de las lesiones fueron altas a 20° C, buena a 24° C y pobres de 16 a 18° C. A temperaturas superiores, los puntos en forma de anillo han desarrollado necrosis de las venas superficiales. Monroe esta entre las variedades susceptibles a algunos strain mostrando mosaico, pero resiste a otros.

QUANTZ (1957) menciona sobre las hojas de las variedades resistentes a la infección sistémica del mosaico se pueden presentar lesiones locales, que pueden ser inducidas por medio de la inoculación mecánica o de la transmisión por

áfidos. Estas manchas o lesiones necróticas son de color rojizo a café oscuro, y de tamaño y frecuencia variables. Menciona que entre las variedades conocidas como hospedantes que desarrollan lesiones locales se encuentran Great Northern U.I. 31 y 123, Pinto 111, Potomac, Stringless Green Refugee, Plentiful y Monroe.

2.3. Resistencia Genética:

REDDICK y STEWART (1918) referido por DRIJFHOUT (1978) mencionan a la variedad Robust como la primera en mostrar resistencia al mosaico común. esta variedad fue desarrollada el año de 1916 en Michigan por SPRAGE, mediante selección de un lote de semillas comerciales que estaban debilitadas por hospedar al virus, Robust se mostraba sobresaliente a cualquier grado de inóculo.

PIERCE (1934) reportó que existen dos tipos de resistencia en el cual uno es heredado dominantemente como Corbett Refugee y otro recesivamente como las variedades Robust y Great Northern U.I. 1.

ALI (1934) fue el primero en proponer la resistencia al BCMV en términos genéticos, los resultados que obtiene son referidos a la infección causada por el strain Tipo. La F2 del cruce entre las variedades Stringless Green Refugee x

US 5 Refugee y Str. Green Refugee x Idaho Refugee obtiene una segregación susceptible y resistente en una proporción de 1 : 3.

Otros resultados obtenidos por ALI (1950) al realizar la cruce Stringless Green Refugee x Robust, obtiene en la generación F2 1 resistente:3 susceptibles mediante inoculación mecánica; tampoco encontró diferencias entre los cruces recíprocos. La F3 de este cruce segregó 1 resistente; 2 segregantes (1R:3S); 1 susceptible. Por consiguiente la resistencia en Robust esta gobernada por un gen simple recesivo diferenciado. En cruzamientos entre variedades resistentes obtiene una F2 en la proporción de 13 resistentes:3 susceptibles; mediante la inoculación usando injerto de aproximación consigue una proporción de 9 necrosis sistémica:4 sanas:3 moteadas.

ALI (1950) propone la siguiente nomenclatura para los genes encontrados: A es el gene dominante, es esencial para la invasión del virus y desarrollo del mosaico, hace que los tejidos sean susceptibles. I es el gen que previene la expresión del mosaico, solo en presencia del gen A, siendo su reacción inhibitoria, condiciona la reacción de hipersensibilidad por la producción de ciertas sustancias las cuales en presencia del virus activo causan la muerte de la célula sin suprimir la propia acción del gen A. El gen A junto al recesivo del inhibidor (i) permite la

entrada y avance del virus en el floema y se expresa como mosaico. La combinación aI, origina plantas resistentes pero con reacción de hipersensibilidad al ser inoculados mediante injerto. La combinación ai, origina plantas resistentes a la infección y al ser inoculadas artificialmente no presentan reacción de hipersensibilidad (necrosis). En base a estos descubrimientos ALI (1950) propuso los siguientes genotipos para las cuatro variedades estudiadas en la forma siguiente: variedad Stringless Green Refugee (AAii), con síntomas moteado y moteado a la inoculación mecánica e injerto respectivamente; variedad U.S. Refugee (AAII), con síntomas resistente e hipersensible a la inoculación mecánica e injerto, con comportamiento genético dominante a la resistencia; variedad Idaho Refugee (AAII), con síntomas resistente e hipersensible a la inoculación mecánica e injerto respectivamente con comportamiento dominante; variedad Robust (aaii) con síntomas resistente y resistente a la inoculación mecánica e injerto respectivamente, con comportamiento genético recesivo a la resistencia.

Asimismo ANDERSON y DOW (1945) determinaron que la herencia de la resistencia al BCMV, en el cruzamiento de las variedades U.S. 5 Refugee x T-279.1 (Var. Mexicana) está gobernada por un gen simple dominante.

Por otro lado, el cruzamiento entre Great Northern U.I. Nº 31 una variedad resistente, con variedades susceptibles tales como Michelite, Cranberry y Dark Red Kidney, los cuales originaron dos tipos de reacción diferente que depende de la resistencia o susceptibilidad de los progenitores al BCMV. Así plantas resistentes al virus 1 cruzada con Great Northern U.I. 31 producen plantas F1 resistentes al mosaico y las plantas F2 segregan 3 resistentes : 1 enferma, indicando que la resistencia está gobernada por un gen dominante. El cruzamiento recíproco origina plantas F1 susceptibles al BCMV y la generación F2 segrega 1 resistente : 3 susceptibles, lo cual indica que la resistencia está gobernada por un gene recesivo.

PETERSEN (1958) en Alemania hace cruces entre las variedades susceptibles Bagnolais y Saxa, el Topcrop 'hipersensible' y resistente Great Northern U.I. 15; inoculados con el strain Voldagsen; distinguió plantas con reacción de hipersensibilidad de las resistentes mediante la inoculación a través de injerto. Las plantas hipersensibles mostraron necrosis sistémica y las resistentes permanecieron asintomáticas.

PETERSEN (1958) explica estos resultados como sigue: genes A_v y S_v (v de Voldagsen) son susceptibles y causan susceptibilidad. En presencia del gen A_v , el gen dominante I_v , controla la reacción de hipersensibilidad. La

resistencia está controlada por los recesivos de ambos genes, a_1 y s_1 aún con I_1 o i_1 , i_1 , y sobre la base de esta hipótesis llega a mostrar los genotipos de las variedades en estudio de la forma siguiente: Saxa Stringless, $A_1A_1 S_1 S_1 i_1 i_1$, susceptible; Bagnolais, $A_1 A_1 s_1 s_1 i_1 i_1$, susceptible; Topcrop, $A_1A_1 s_1 s_1 I_1 I_1$, hipersensible y Great Northern $a_1 a_1 s_1 s_1 i_1 i_1$, resistente.

Desde 1943, varios strain BCMV han sido reportados principalmente en los Estados Unidos y Holanda (CIAT, 1985a). En el año 1934 RICHARDS y BURKHOLDER citados por DRIJFHOUT (1978), reportaron plantas de Michelite con los síntomas de BCMV, de la misma forma que Robust algunos años después. Ambas variedades fueron inmunes al virus manteniéndose por varios años; ellos trabajaron con seis aislados de plantas de frijol cultivadas en New York con experimentos de inoculación. Robust y Michelite probaron susceptibilidad a dos aislados pero inmunidad a los otros cuatro. Esto demostró de la ocurrencia de una variante de BCMV. Este fue llamado línea New York 15 (NY 15). Great Northern U.I. 15 fue susceptible a este strain, pero la resistencia fue encontrada en las variedades Great Northern 1 y 54. El virus original, por el cual las variedades Robust y Michelite fueron resistentes han sido entonces reportados como líneas Tipo. DEAN Y HUNGERFORD (1946) citados por el CIAT (1980a) reportaron al strain NY 15 en el cv. Idaho. La variedad Red Mexican U.I. 34 fue también

susceptible a este strain, mientras que Great Northern 56, 81 y 123 así como Great Northern 1 y 54 probaron resistencia (CIAT, 1985a).

En Alemania FRANDSEN (1952) citado por el CIAT (1985a), describió los strain Voldagsen y Marienau. Robust, Michelite y Red Mexican 34 fueron susceptibles para el strain Voldagsen. Michelite y Red Mexican 34 producen también lesiones circulares locales además del mosaico. Los strains difieren de las líneas NY 15 en la que no es patogénica para Great Northern 15. El cv. Wachs Rheinland fue susceptible para el strain Voldagsen y resistente para el strain Marienau.

DEAN y WILSON (1959) citados por DRIJFHOUT (1978) reportaron un strain de infección Great Northern 123 y 31. Este ha sido descubierto en Idaho en 1954 y fue últimamente registrado como Idaho y strain B (CIAT, 1985a). Estos establecieron que las variedades produjeron resistencia dominante para el strain Tipo, que fueron resistentes y susceptibles al nuevo strain. Ellos consideran al cv. Improved Tendergreen (dominante resistente) así como susceptible para el strain Tipo y strain Idaho, pero resistentes al strain NY 15.

ZAUMEYER y THOMAS (1957) reportaron el strain Florida. Los síntomas del strain Florida en variedades susceptibles

fueron más severos que aquellos causados por los strain Tipo, NY 15 o Idaho. El cv. Stringless Green Refuge fue susceptible al strain Florida; pero fue resistente al strain Pinto 111, Michelite, Sanilac, Red Mexican 34, Great Northern 123 y 31. Plantas del cv. Topcrop no mostraron necrosis total cuando se inoculó con strain Florida a 32° C, así como cuando fue inoculado con el strain Tipo y NY 15.

HUBBELING (1972) ha descrito los strains Imuna, Michelite y Great Northern en los cultivares Imuna, Michelite y Great Northern respectivamente. El comparó éstos strains con el strain W reportado en Holanda por VAN DER WANT (1954) y diferenciados con los cv. Dubbele Witte, Imuna, Michelite, Great Northern 123 y Widusa. Mientras el strain W sólo ataca a Dubbele Witte, cada uno de los strain Imuna y Michelite, también dieron síntomas tanto en Imuna y Michelite; pero no en Great Northern 123, el cual fue susceptible para el strain Great Northern. El strain Michelite difiere de Imuna ya que presenta necrosis local y sistémica a 20° C, así como Widusa y otras variedades con genes dominantes de resistencia.

Un strain fue encontrado por SILBERNAGEL (1966) citado por DRIJFHOUT (1978), en una línea PI de *P. vulgaris* (PI 1976905) de México, el cual se ha indicado como strain Mexicano. El Strain difirió de los mencionados

anteriormente por su habilidad de transmitirse por semilla a través de los cultivares Red Mexican 35 y su incapacidad para infectar al cv. Improved Tendergreen. Los síntomas inducidos por este strain en ciertas variedades de frijol fue severo como el strain Florida. La necrosis inducida por los strain Tipo y NY 15 sobre Topcrop, cuando se le sometió a 32° C por 3 días fue similar al inducido por este nuevo strain.

MORENO et al., (1968) ha reportado en Costa Rica un aislado que afecta a las variedades que son susceptibles al strain Tipo, pero a diferencia del strain Tipo no induce necrosis local en Topcrop a 32° C. Asimismo no hubo diferencia en el espectro de patogenicidad en el aislado de Costa Rica del strain Tipo y strain Florida. El cv. Stringless Green Refugee fue susceptible al aislado de Costa Rica mientras que Pinto 111, Michelite, Sanilac y Topcrop fueron resistentes.

GAMEZ et al., (1974) reportaron el strain Perú, realizaron comparaciones con los cultivares probados con el strain Costa Rica y compararon con los strain Tipo, NY 15, Florida, Idaho y México. Ninguna de las variedades utilizadas resistentes al strain Tipo fueron atacadas por el strain Perú o strain Costa Rica.

En Holanda DRIJFHOUT (1978) registró dos strain codificados como los NL7 y NL8. El strain NL7 fue aislado en 1974 en un desconocido cultivar Peruano. Este dio un típico mosaico gris en los diferenciales Dubbele Witte y Stringless Green Refugee. Este strain atacó a Imuna y Puregoldwax en contraste al strain W, mientras los otros diferenciales con genotipo recesivo ii, los cultivares Redlands Grenleaf B. Great Northern 123, Michelite 62, Sanilac, Great Northern 31 y Red Mexican 34 fueron resistentes a este strain. No hubo reacción en los diferenciales con genotipos dominantes I cvs. Jubila, Improved Tendergreen 40031, Widusa, Black Turtle Soup y Amanda.

El strain NL8 ha infectado a Sanilac, Michelite y Red Mexican así como también a Dubbele Witte y Stringless Green Refugee, ambos susceptibles a todos los strains. Se indució necrosis local a 20° C en todos los diferenciales con genotipos dominante I; pero se obtuvo necrosis sistémica en Black Turtle solamente.

DRIJFHOUT (1978), distribuyó 22 variedades en once grupos de resistencia, y clasificó las 15 cepas virales conocidas en siete grupos de patogenicidad. GALVEZ et al., (1977) citado por el CIAT (1980b) propusieron un sistema similar de nomenclatura (BCMV-1 a BCMV-7) para diferenciar éstos siete grupos básicos.

Las variedades de los grupos de resistencia del uno al seis no manifiestan necrosis sistémica a ninguna de las cepas virales, pero sí presentan síntomas sistémicos del mosaico a uno o más grupos virales. Estas variedades por lo tanto poseen alelos recesivos para el gen de necrosis "I". De manera semejante, la línea IVT 7214 (grupo de resistencia 7) tampoco presenta mosaico o necrosis sistémica después de la inoculación con cualquiera de las cepas virales, y posee alelos recesivos para el gen de la necrosis. Las variedades de los grupos de resistencia del ocho al diez desarrollan necrosis sistémica en presencia de una o mas cepas virales, pero ningún síntoma de mosaico con cualquiera de las cepas. Estas variedades poseen, por consiguiente, alelos dominantes para el gen de necrosis. La línea IVT 7233 (grupo de resistencia once) posee igualmente alelos dominantes para el gen de necrosis y desarrolla solamente lesiones necróticas locales.

De los grupos de resistencia; siete grupos de plantas diferenciales con alelos recesivos del gen de necrosis I ($I^* I^*$ diferenciales) y cinco con alelos dominantes de I (II diferenciales). DRIJFHOUT (1978) realizó cruces entre los diferenciales $I^* I^*$ originando una generación F1 que indica que la resistencia al BCMV es recesiva y que algunas interacciones entre plantas diferenciales originan progenies F1 resistentes a determinados strain.

DRIJFHOUT (1978) menciona también que los resultados en la generación F2 ofrecen una mejor apreciación del carácter recesivo que gobierna la resistencia. Como los genes que controlan la resistencia es no específica y complementaria para una serie de genes que confieren resistencia específica. La resistencia sólo se da en presencia del gen no específico y el gen específico para determinado strain. El gen no específico está presente en condición recesiva en todos los diferenciales 'no necrótico' Unidos excepto en Dubbele Witte y los genes específicos para cada strain son independientes del gene no específico.

De los seis genes recesivos distinguidos por DRIJFHOUT (1978), uno no específico presente en Dubbele Witte y cinco específicos, de los cuales cuatro gobiernan la resistencia a diferentes rangos de strains conocidos. DRIJFHOUT (1978) teniendo como base los estudios realizados propone una nomenclatura: bc-u gene con resistencia no específica, necesario para complementar la acción de los genes específicos bc-1 gene 'Imuna', bc-1² gene 'RG-B', bc-2 gene 'Michelite', bc-2² gene 'GN31', bc-3 gene 'IVT 7214'; donde bc son las iniciales del bean common mosaic virus; el sufijo 'u' denota el gene no específico; los sufijos -1, -2, -3, designan los tres diferentes loci de los genes específicos; el número 2 sobrescrito de bc-1 y bc-2 indica que éstos genes son alelos con bc-1 y bc-2 respectivamente.

Asimismo DRIJFHOUT (1978) realizó cruces entre plantas de los grupos de resistencia ocho al once portadores de II, con cultivares I*I* como Imuna, Michelite y Great Northern 31 y se probaron las F2 con los respectivos strains. Los resultados obtenidos dieron que Widusa no posee ningún gene específico para resistencia; Jubila y Topcrop tienen sólo el bc-1. En IVT 7233 están presentes bc-u, bc-1², y bc-2, pero bc-1² falta en algunas plantas. También observó que Jubila y Topcrop pertenecen al mismo grupo de resistencia; siendo los genes de las plantas diferenciales de los grupos ocho al once: grupo ocho, Widusa, bc-u* bc-1* bc-3* I; Jubila grupo nueve a, bc-u* bc-1 bc-2* bc-3* I; Topcrop, grupo nueve b, bc-u* bc-1 bc-2* bc-3* I; Amanda, grupo diez 10, bc-u* bc-1² bc-2² bc-3* I y IVT 7233 grupo once, con genotipo bc-u bc-2² bc-3* I y bc-u bc-1* bc-3* I.

2.4. Control Genético del Virus:

El uso de variedades resistentes al mosaico común es la principal forma de control (CIAT, 1985a). Sin embargo la fácil transmisión del BCMV por la semilla y la abundancia de áfidos vectores en la mayor parte de las áreas de producción de frijol, son factores que se constituyen en una amenaza constante de introducción de cepas necróticas de virus capaces de quebrar la resistencia genética de tipo monogénico dominante. Así, la incorporación de resistencia

genética deberá además estar apoyada por un severo control fitosanitario, en lo que se refiere al uso de semilla libre de cepas exóticas del BCMV (CIAT, 1980b).

Con la identificación de fuentes de resistencia al mosaico común del frijol, esta enfermedad viene recibiendo prioridad en los Programas actuales de Mejoramiento Genético del Frijol (MORALES, 1980).

En América Latina, la mayoría de los cultivares nativos son susceptibles a todas las cepas conocidas de BCMV. El mosaico común afecta particularmente los cultivos de frijol en áreas de producción localizadas por debajo de los 1 500 msnm. La presencia de cepas necróticas del BCMV en países como Chile, agrava aún más la situación general del cultivo con respecto a esta enfermedad (MORALES, 1980). El BCMV, en especial, sus cepas necróticas, constituyen el principal problema viral del cultivo de frijol en Africa (CIAT, 1985).

La resistencia de la planta de frijol al BCMV se ha estado utilizando desde hace 70 años cuando se descubrió la variedad resistente Robust. Posteriormente se comprobó que la resistencia de Robust se debía a un solo gen recesivo (ZAUMEYER y THOMAS, 1957). entre las variedades que se desarrollaron aprovechando la resistencia de Robust se encuentran Great Northern U.I 1, 59, 81 y 123, Red Mexican

U.I 3 y 34, Royal Red U.I. 78 y 111 (SMITH, 1962). Estas variedades han sido resistentes a la cepa típica del BCMV por más de 50 años (ZAUMEYER, 1962).

Hace aproximadamente 50 años se identificó otra fuente de resistencia en Corbett Refugee, que era conferida por un solo gen dominante (gen hipersensible afectado por la raíz negra). La resistencia de la mayoría de las variedades desarrolladas en los Estados Unidos proviene de Corbett Refugee, y entre ellas se destacan Wisconsin Refugee, Idaho Refugee, Refugee U.S. 5 (ZAUMEYER y THOMAS, 1957). Esta resistencia ha sido efectiva durante casi 60 años (ZAUMEYER, 1969). En el año de 1974 BURKE y SILBERNAGEL sugirieron incorporar la resistencia de Corbett Refugee en un número amplio de variedades comerciales.

Estas fuentes de resistencia también se han empleado para desarrollar las variedades resistentes existentes en América Latina, entre ellas Ica-Tui e Ica-Pijao en Colombia; Titán y Arroz 3 en Chile; Perú 257 en Perú; Tacarigua en Venezuela; Jamapa y Sataya 425 en México (10, 16, 32, 48 y 71).

El Programa de Frijol del CIAT, depende de un único gene dominante (II) para resistencia (CIAT, 1985a). Como política el programa ha establecido que todas las líneas que salgan del CIAT y todas aquellas que entren al vivero

del equipo de frijol del CIAT deben ser resistentes al BCMV. Normalmente, la progenie F2 se inocula con mezcla de diferentes cepas del virus para detectar y eliminar materiales susceptibles (CIAT, 1982). Actualmente se han seleccionado 11 líneas homocigotas resistentes al BCMV con el tipo de grano 'Calima' de color rojo moteado y más de 15 líneas con los tipos de grano 'Red Mexican', 'Pompadour' y 'Sangretoro'; algunas ya han sido aceptadas para su producción comercial en América Central (CIAT, 1984). En México se ha obtenido la línea A 409, en Argentina las líneas A 494 y A 497, con características semejantes a la variedad comercial local (CIAT, 1983). En el Perú se han obtenido las Líneas CIFEN 691 (Blanco Larán), Nema 89022 (Larán Mejorado), Panamito Molinero, CIFAC 87005 (Canario 2000), CIFAC 87133 (Canario Centinela), Muy Finca (grano blanco pequeño) (INIA, 1992; VALLADOLID, 1993)

En tanto que este trabajo ha demostrado ser muy exitoso, hay razas del virus que, en condiciones ambientales específicas, rompen esta resistencia. Esto ocurre en importantes países productores de frijol como Burundi, Chile y Ruanda (CIAT, 1982).

2.5. Obtención de Variedades Criollas de Frijol con Resistencia al BCMV:

A pesar de las ventajas que ofrecen las variedades mejoradas de frijol, las variedades "criollas" o tradicionales (Canario Camanejo) tienen especial importancia no sólo para muchos agricultores que las prefieren o que no tienen acceso a las variedades mejoradas y a su semilla, sino también para los fitomejoradores que encuentran en ellas un recurso indispensable para el desarrollo de materiales adaptados a las condiciones y preferencias del agricultor (19, 25 y 26).

La preferencia de los agricultores por las variedades criollas frecuentemente se debe a que éstas tienen ciertas características de color, tamaño y forma que facilitan su comercialización; con frecuencia estas variedades son más precoces que las mejoradas y es posible que algunas se adapten mejor a factores ambientales desfavorables como la salinidad; adicionalmente, es probable que la variedad criolla ya se encuentre bien adaptada al sistema de cultivo del agricultor. Otra posible causa de la preferencia por las criollas es que los agricultores consideren que éstas tienen mejores características culinarias (STEPHEN, 1986).

Para incorporar resistencia al BCMV en todos sus materiales conforme a la política establecida por el CIAT,

el Programa de Frijol del CIAT, observó que la resistencia dominante conferida por el gene I ofrecía la ventaja de no permitir la transmisión por semilla de ninguna cepa del virus (CIAT, 1984).

Asimismo se observó que las líneas con los colores más comerciales como los tipos rojos pequeños, rojos moteados, amarillos y otras resultaban siempre susceptibles al BCMV, y luego se confirmó por las proporciones de la segregación, que la susceptibilidad al BCMV (gene i) estaba ligada a los genes que conferían un "buen" color (CIAT, 1983). Esta situación se mantuvo invariable hasta cuando se obtuvieron frijoles llamados Pompadour Chicos (progenies de Pompadour Checa x Turrialba 1), los cuales produjeron progenies de buenos colores resistentes al BCMV (STEPHEN, 1986).

Superado el problema de ligamiento genético, se hizo posible la iniciación de un Programa de Retrocruzamientos con criollos para introducir en éstos resistencia al BCMV, manteniendo al mismo tiempo su buen color comercial (STEPHEN, 1986). El método de Retrocruzamiento es útil para llevar genes determinados a una variedad deficiente en unas o pocas características. En este método se hacen Retrocruzamientos recurrentes con el progenitor de mejores características agronómicas, pero deficiente en alguna o unas pocas, mientras se efectúan selecciones por los caracteres que se quieren transferir del progenitor

donante; asimismo no será necesario hacer la valoración al producto final porque sus caracteres son los mismos que los del progenitor recurrente excepto en aquellos que se ha mejorado (ALLARD, 1975; CIAT, 1981; CHAVEZ, 1990). El uso de Retrocruzamientos, ha sido una de las herramientas básicas más útiles para el mejoramiento de cultivos autógamos en particular ha servido para introducir resistencias monogénicas dominantes como el gene I (3, 23).

Aunque típicamente se recomiendan 5 o 6 ciclos de Retrocruzamientos, dos son suficientes para recuperar un 87% de "Sangre Criolla"; este porcentaje equivale a recuperar 9 o 10 cromosomas criollos de los 11 que tiene el frijol, al igual que la mayoría de las características deseables que se mencionaron antes (12, 65).

Los materiales así obtenidos tendrán valor en si para los agricultores que deseen seguir sembrando criollos, ahora resistentes al BCMV, y también serán útiles en programas de cruzamientos. Al obtener criollos resistentes al BCMV, se podrán usar más ampliamente para cruzarlos con otros materiales resistentes donantes de características deseables, sin que las progenes segregen materiales susceptibles. Por lo tanto, se podrá manejar un mayor número de progenes de "Criollos", o enviar poblaciones de las mismas para que sean seleccionadas en otros países (25, 26 y 65).

III. MATERIALES Y METODOS:

3.1. Lugar y fecha del experimento:

El desarrollo del plan de Hibridaciones Iniciales, Retrocruzas 1 (RC1), Retrocruzas 2 (RC2); así como las evaluaciones de los Híbridos F1 y de las Retrocruzas 1 (RC1), se efectuaron en terrenos de la Universidad Nacional Agraria la Molina, que tiene las siguientes coordenadas: Latitud 12° 05' 06" Sur y Longitud 76° 57' 07" Oeste. La Altitud es de 238 msnm con una temperatura promedio anual de 19° C. El trabajo de las Hibridaciones Iniciales se efectuó en la denominada "Campaña Nº 1" de primavera, entre los meses de Setiembre y Enero de 1995, las Retrocruzas 1 (RC1) en la "Campaña Nº 2" de otoño, entre los meses de Marzo y Julio de 1995, las Retrocruzas 2 (RC2) así como las evaluaciones de la F1, F2 y RC1, en la "Campaña Nº 3" de primavera, entre los meses de Octubre de 1995 y Enero de 1996.

3.2. Progenitores utilizados:

En el trabajo se utilizaron tres progenitores; la variedad criolla a mejorarse: Canario Camanejo, utilizado

como progenitor recurrente; y dos cultivares portadores del gen I de resistencia al virus del mosaico común, el Canario Centinela y el Canario 2000 cuyas características principales son:

3.1.1. Canario Camanejo:

- Origen:

La variedad Canario Camanejo, fue la principal variedad comercial hasta que fueron liberadas nuevos cultivares en los años 60; ahora se le cultiva mayormente en la Costa Sur, se le conoce también como Canario Corriente.

Según SINGH; DEBOUCK y GEPTS (1988) citados por VOYSEST (1993), pertenece al centro de diversidad Sur Andino y es considerado como la raza P (Peruana); es el producto de las continuas selecciones realizadas a través de siglos. Su cultivo en la Costa proviene de selecciones en las variedades cultivadas nativas de la Sierra (VALLADOLID, 1993)

- Características:

Hábito de crecimiento	: Indeterminado
Altura promedio de planta	: 55 cm
Días a floración	: 60
Color de flor	: Blanco

Días a madurez fisiológica	:	115
Días a madurez de cosecha	:	135
Color de grano	:	Amarillo
Tamaño y forma de grano	:	Grande, elíptico
Testa de la semilla	:	Opaco
Peso de 100 Semillas	:	50 g
Semillas por vaina	:	4-5
Perfil de vaina	:	Recta
Rendimiento promedio	:	1 500 kg/ha
Rdto. máximo alcanzado	:	4 000 kg/ha
Forma de consumo	:	Grano verde y seco
Aceptación comercial	:	Excelente

- **Adaptación:**

Se adapta en los valles de Costa Central; especialmente en Costa Sur (Camaná, Ocoña, Majes), en siembras de Marzo a Mayo.

- **Reacción a enfermedades y plagas:**

Nombre común	Nombre científico	Reacción
Virus del mosaico común	<i>BCMV</i>	Susceptible
Roya	<i>Uromyces phaseoli</i> (R.) Wint.	Susceptible
Oidium	<i>Erysiphe polygoni</i> DC.	Tolerante
Mosca minadora	<i>Liriomyza huidobrensis</i> B.	Tolerante

3.1.2. Canario Centinela:

- Origen:

Proviene de selecciones masales e individuales realizadas en la cruza: CC 7816-12-1-CM-CM x Canario Divex 8130, la cruza inicial se inició en el CIAT luego introducida a Chincha en 1984, en la generación F2 (VALLADOLID, 1993).

- Características:

Hábito de crecimiento	: Determinado
Altura promedio de planta	: 53 cm
Días a floración	: 50
Color de alas de flor	: Lila blanco
Días a madurez fisiológica	: 90
Días a madurez de cosecha	: 120
Color de grano	: Amarillo
Tamaño y forma de grano	: Mediano ovoide
Testa de la semilla	: Semibrillante
Peso de 100 semillas	: 44 g
Semillas por vaina	: 5
Perfil de vaina	: Recto
Rendimiento promedio	: 1 900 kg/ha
Rdto. Máximo alcanzado	: 3 105 kg/ha
Forma de consumo	: Grano verde y seco
Aceptación comercial	: Muy buena

- **Adaptación:**

Se adapta bién en los valles de la Costa Central (Lima e Ica), en siembras de Febrero a Junio.

- **Reacción a enfermedades y plagas:**

Nombre común	Nombre científico	Reacción
Virus del mosaico común	<i>BCMV</i>	Resistente
Roya	<i>Uromyces phaseoli</i> (R.) Wint.	Resistente
Nemátode	<i>Meloidogyne incognita</i> (K y W) Chitwood	Susceptible

3.1.3. Canario 2000:

- **Origen:**

Proviene de selecciones individuales y masales realizadas en la cruce CIFAC 1233 x Canario Divex 8130; realizada en la Estación Experimental Agropecuaria de Chincha en 1983 (VALLADOLID, 1993).

- **Características:**

Hábito de crecimiento	: Determinado
Altura promedio	: 54 cm
Días a floración	: 50
Color de alas de la flor	: Lila claro
Días a madurez fisiológica	: 90
Días a madurez de cosecha	: 120

Color de grano	: Amarillo
Tamaño y forma de grano	: Grande, ovoide
Testa de la semilla	: Semibrillante
Peso de 100 semillas	: 54 g
Semillas por vaina	: 4 a 5
Perfil de vaina	: Curvada
Rendimiento promedio	: 1 737 kg/ha
Rdto. máximo alcanzado	: 2 590 kg/ha
Forma de consumo	: Grano verde y seco
Aceptación comercial	: Muy buena

- **Adaptación:**

Se adapta bien en los valles de la Costa Central (Zonas productoras de Lima e Ica), en siembras desde Febrero a mediados de Junio.

- **Reacción a enfermedades y plagas:**

Nombre común	Nombre científico	Reacción
Virus del mosaico común	<i>BCMV</i>	Resistente
Roya	<i>Uromyces phaseoli</i> (R.) Wint.	Resistente
Nemátode	<i>Meloidogyne incognita</i> (K y W) Chitwood	Susceptible
Mosca minadora	<i>Liriomyza huidobrensis</i> B.	Resistente

3.3. Metodología:

De acuerdo al objetivo establecido en la presente investigación, la principal característica en estudio fué transferir el gen I de resistencia al virus del mosaico común en la variedad criolla Canario Camanejo, utilizando como método de mejoramiento a las cruzas regresivas (Retrocruzamiento); cuya homocigocis hacia el progenitor recurrente Camanejo, según ALLARD (1975); STEPHEN (1986); CIAT (1985a); y CHAVEZ (1990), considerando el caracter que gobierna la resistencia de tipo monogénica y dominante; se alcanza con la misma velocidad que con la autofecundación (Cuadro Nº 1).

Cuadro Nº 1: Evolución de poblaciones despues de dos Retrocruzamientos sucesivos en frijol. ALLARD (1975); STEPHEN (1986); CIAT (1985a); CHAVEZ (1990).

Campañas	Progenitores	Frec. de la descendencia.	
		Ii	ii
Hibridación	ii x II	1	0
RC1	Ii x ii	0,5	0,5
RC2	(0,5Ii+0,5ii)xii	0,25	0,75

3.3.1. Campaña Nº 1 (Hibridaciones Iniciales):

En esta campaña se inició en condiciones de invernadero; con las hibridaciones iniciales utilizando a la variedad criolla Canario Camanejo como progenitor masculino y femenino con las líneas portadoras del gen I de resistencia al BCMV (gen hipersensible), Canario Centinela y Canario 2000. Se realizó estos dos tipos de cruzamientos por una consideración: Confirmar que los híbridos F1 obtenidos fueran realmente híbridos; ya que éstos se les utilizó en la primera Retrocruza (Campaña Nº 2). Según el ítem (3.2) el Canario Camanejo es de hábito de crecimiento indeterminado y las líneas Canario Centinela y Canario 2000 son hábito de crecimiento determinado. El hábito de crecimiento indeterminado es dominante sobre el hábito de crecimiento determinado (CIAT, 1985a); cuando el Canario Camanejo se utiliza como progenitor femenino hay la posibilidad de confundir un híbrido F1 con una autofecundación; esto porque la eficiencia en el cruzamiento con la técnica de hibridación utilizada sólo se obtuvo un máximo de 50%, considerada como normal por el CIAT (1979b). Sin embargo cuando el Canario Camanejo se le utiliza como progenitor masculino la F1 tendrá que ser un híbrido y de hábito de crecimiento indeterminado.

- Técnica de Hibridación Utilizada.- Para la realización de los cruzamientos se ha adoptado la técnica por emasculación con estigma cubierto. Esta técnica es la que se utiliza en el Programa de Mejoramiento de Frijol del Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT (1979b); cuya metodología completa aparece en la guía de estudio: Serie 04SB-08.02 de agosto de 1979 (CAMPOS et al., 1979).

Lo básico de esta técnica consiste en emascular el botón floral madre y luego polinizar dejando las alas para protección del botón floral.

Las labores seguidas durante el cruzamiento fueron:

- De un total de 100 individuos por progenitor se seleccionaron las 50 más vigorosas.
- Se realizó siete cruzamientos por planta seleccionada.
- Se hibridó siguiendo la metodología de emasculación con estigma cubierto.
- Cosecha de vainas híbridas, trillado e identificación con sus respectivas etiquetas por familia, y por tipo de cruce.
- Embolsado y almacenamiento en cámara fría hasta la siembra de la siguiente campaña.

- **Eficiencia de la Hibridación.**- La eficiencia de la hibridación es una medida que establece la relación entre el número de cruzas efectivas y el número total de cruzas efectuadas, expresada en términos de porcentaje.

$$\% \text{ Eficiencia de hibridación} = \frac{\text{Número de cruzas efectivas}}{\text{Número de cruzas efectuadas}} \times 100$$

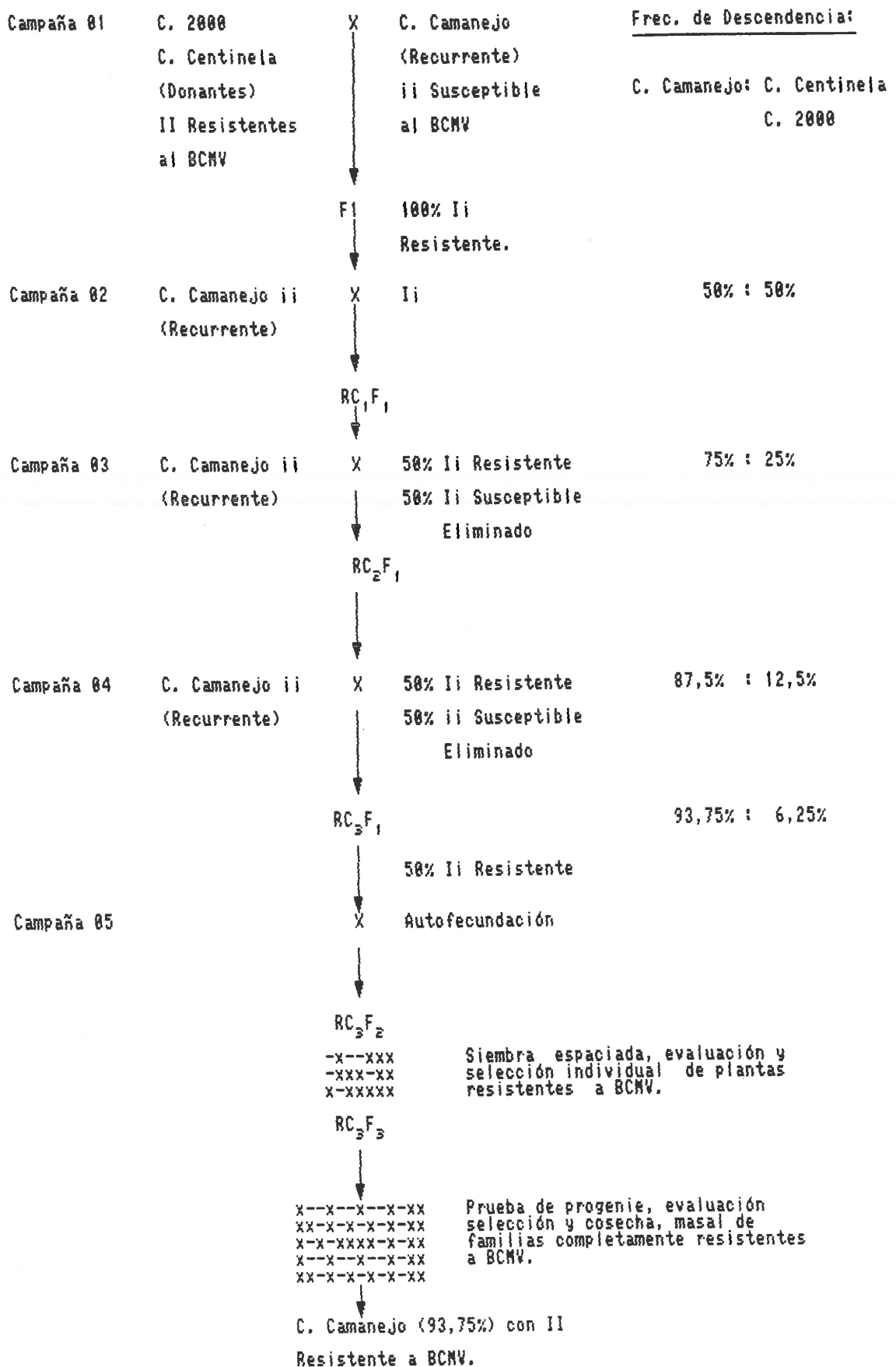
- **Nº de semillas híbridas a obtener.**- Considerando la eficiencia en la hibridación se tuvo como meta lograr un mínimo de 200 semillas híbridas por tipo de cruce.

3.3.2. Campaña Nº 2 (Retrocruzamiento 1):

Del total de híbridos por tipo de cruce (200), sólo se utilizó el 40% (80 semillas), 80 provenientes del cruce entre Camanejo x Centinela y 80 provenientes del cruce de Camanejo x 2000; el resto fue guardada en almacén. Posteriormente se procedió a realizar la primera Retrocruza (RC1) en condiciones de invernadero, siendo el Camanejo el recurrente (variedad a mejorar) (Figura Nº 1).

Sólo se ejecutaron tres hibridaciones por planta; la metodología en el cruzamiento fue similar a la utilizada en la Campaña anterior; asimismo no se eliminaron todas las flores autopolinizadas; dejando un promedio de cinco

FIGURA N° 01: CAMPANAS Y PROCESO DEL METODO DE MEJORAMIENTO POR RETROCRUZAMIENTO PARA LA TRANSFERENCIA DEL GEN I DE RESISTENCIA AL BCMV EN EL CULTIVAR CANARIO CAMANEJO.



por planta, con el objetivo de obtener la segregación F2 en la Campaña siguiente.

- Nº de semillas híbridas a obtener.- se tuvo como meta obtener un mínimo de 120 semillas híbridas (RC1), por tipo de cruce.

3.3.3. Campaña Nº 3 (Retrocruzamiento 2):

En esta Campaña, además de realizar la Retrocruza 2 (RC2), se evaluó la Retrocruza 1 (RC1) considerando dos caracteres: hábito de crecimiento y testa de la semilla, y un ensayo en condiciones de campo entre los progenitores, F1, F2 y RC1 para evaluar el rendimiento y sus componentes primarios del frijol.

3.3.3.1. Retrocruza 2:

Del total de semillas híbridas obtenidas (RC1) en la Campaña Nº 2, se utilizó para realizar la segunda Retrocruza (RC2) el 60% (72 semillas), por tipo de cruce; o sea 72 semillas híbridas provenientes de la cruce (Camanejo x Centinela) x Camanejo, y 72 semillas híbridas provenientes del cruce entre (Camanejo x 2000) x Camanejo; en condiciones de campo, previa inoculación mecánica con savia extraída de plantas infectadas con el BCMV; lo que permitió identificar los genotipos

resistentes portadores del gen I en condición heterocigota Ii; sobre los cuales se ejecutó la Retrocruza 2 (RC2), siendo el Camanejo el recurrente. La inoculación mecánica con savia se realizó de la siguiente manera:

Materiales:

- Hojas de plantas infectadas de frijol de la variedad Canario Camanejo. Se utilizaron hojas del ápice.
- Carborundum (malla 600).
- Buffer fosfato 0.01 M pH 8.0
- Mortero y pistilo esterilizados.
- Hisopos de algodón.
- Papel toalla, tijera.
- Estacas de madera.
- Probeta graduada 100 ml.
- Pulverizador manual.
- Piseta con agua desionizada.
- Tela gasa.

Procedimiento:

- En la etapa de crecimiento V2 (hojas primarias), se seleccionó solo 50 plantas a inocularse, el resto se dejó como indicadora (MEJIA, 1991).
- Se tomó hojas jóvenes de la fuente de inóculo; luego se trituró en mortero con el mazo del

mortero hasta obtener una solución homogénea de jugo; se diluyó el jugo en 1:10 con buffer fosfato.

- Se escurrió el líquido ayudado de la gasa y se depositó en una bolsa de plástico.
- Se espovoreó con carborundum las hojas (haz de la hoja), de las plantas a inocularse.
- Con el hisopo de algodón humedecido de savia, se frotó suavemente las hojas; se frotó empezando desde el peciolo hacia la punta de la hoja sosteniendo la hoja por el envés con la otra mano; se evitó presionar demasiado y se procuró no frotar varias veces sobre la misma hoja.
- Después de la inoculación se enjuagó las hojas inoculadas con agua.
- Se identificó las plantas inoculadas, colocándo estacas de 50-60 cm en cada planta.

Evaluación:

A partir del séptimo día de realizada la inoculación, se inició con las evaluaciones visuales; a los 20 días se eliminó todos los individuos que presentaron los síntomas típicos del virus del mosaico común del frijol (BCMV).

Para complementar la inoculación mecánica realizada a las plántulas; se sembró alrededor del experimento, frijol

de la variedad Camanejo, con semilla proveniente de campos de agricultores infectada con BCMV, con 15 días de anticipación. Se instalaron dos surcos.

Con los genotipos declarados resistentes preliminarmente, se realizó el indexado, con savia extraída de cada una de las plantas; se inoculó con ellas plantas indicadoras. Se utilizó (*Chenopodium quinoa* L.) variedad Sajama (CIAT, 1980a), con el objetivo de declarar en forma definitiva a los genotipos resistentes, para luego ejecutar la Retrocruza 2 (RC2).

La metodología para el indexado fue similar a la técnica de la inoculación mecánica con savia descrita anteriormente, con la diferencia de que las plantitas de quinoa variedad Sajama tuvieron entre ocho a diez hojas y fue realizado en condiciones de invernadero.

3.3.3.2. Evaluación de Retrocruzas Nº 1:

Dos caracteres de importancia agronómica y comercial que diferencian el Canario Camanejo del Canario Centinela y Canario 2000, son el hábito de crecimiento y el brillo/opacidad de la testa (items 3.2); caracteres gobernados monogénicamente (CIAT, 1985a). Las variedades de frijol cuyo tallo principal termina en inflorescencia son de hábito de crecimiento determinado, así como aquellos que

solo tienen inflorescencias axiales y un ápice terminal vegetativo, son llamados indeterminados (CIAT, 1986).

Según el items (3.2) el Canario Camanejo es de hábito de crecimiento indeterminado y de testa opaca; asimismo se indica que el Centinela y el 2000, son de hábito de crecimiento determinado y de testa semibrillante. Para la evaluación se tomó 100 individuos de la variedad Camanejo, 100 híbridos F1 para ambos tipos de cruzas (Camanejo x Centinela y Camanejo x 2000) y 100 individuos de las Retrocruzas 1 (Camanejo x Centinela) x Camanejo y (Camanejo x 2000) x Camanejo respectivamente.

3.3.3.3. Ensayo en condiciones de campo:

Con el objeto de evaluar preliminarmente el parecido de las Retrocruzas 1 (tratamientos 8 y 9) con el progenitor recurrente Camanejo (tratamiento 1), se instaló y condujo un ensayo en condiciones de campo, bajo el Diseño Experimental de Bloques Completos Aleatorios con nueve tratamientos y tres repeticiones. En los Cuadros N^o 2, 3 y la Figura N^o 2 se aprecian los tratamientos, el análisis estadístico y el croquis del campo experimental.

3.3.3.3.1. Características del campo experimental:

Parcelas de 2 surcos por tratamiento.-

- . Número de semillas por surco : 20
- . Largo : 4 m
- . Ancho : 1,8 m
- . Area de parcela : 7,2 m²

Bloques.-

- . Número de parcelas : 9,0
- . Largo : 12,6 m
- . Ancho : 4,0 m
- . Area efectiva : 50,4 m²
- . Calles : 1,0 m

Total área experimental.-

- . Largo total : 14,0 m
- . Ancho total : 12,6 m
- . Area total : 176,4 m²

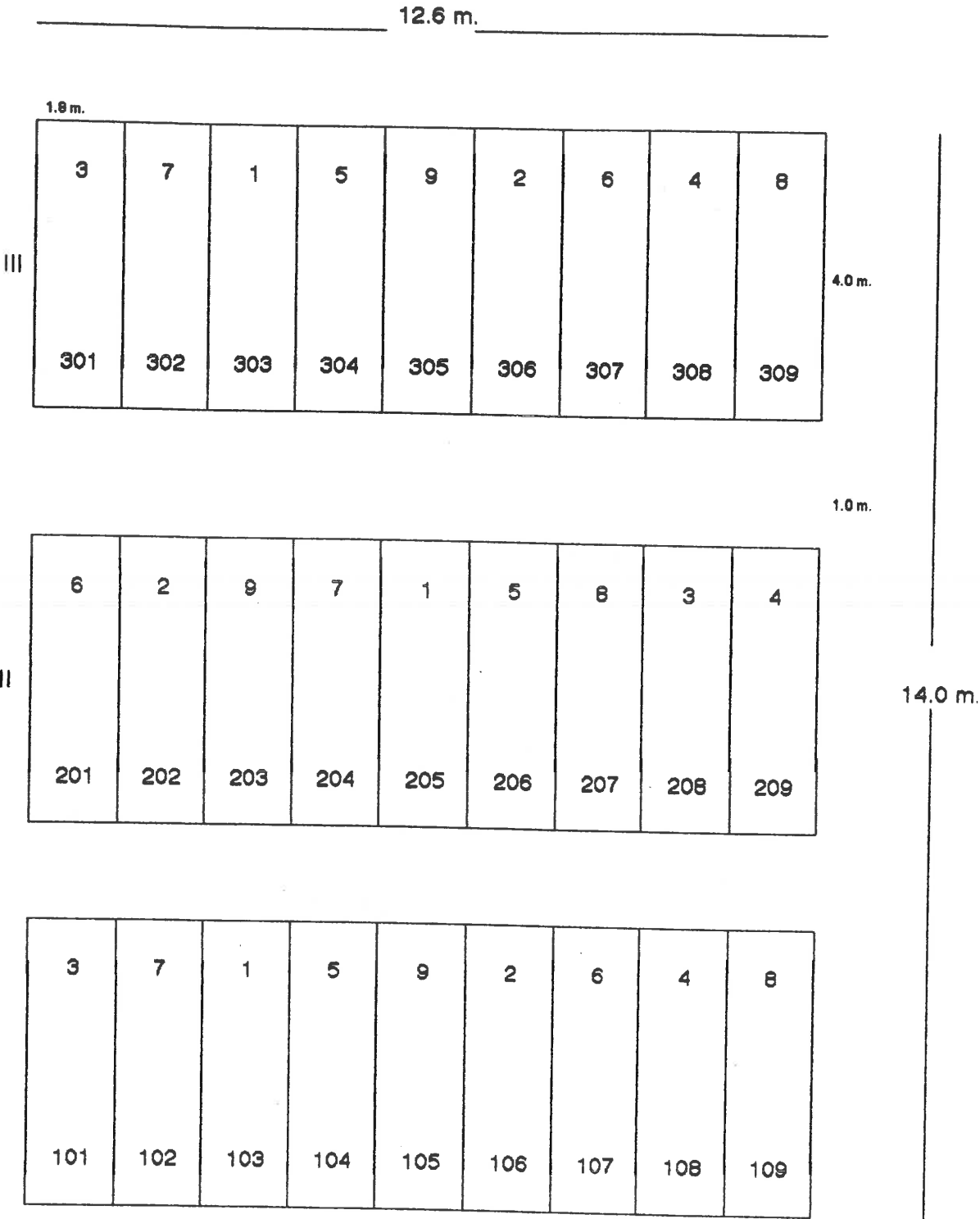
Cuadro Nº 2: Tratamientos evaluados.

Nº	Tratamientos	Color de grano
1	Canario Camanejo (1)	Amarillo
2	Canario Centinela (2)	Amarillo
3	Canario 2000 (3)	Amarillo
4	Híbrido F1 (1)x(2)	Amarillo
5	Híbrido F1 (1)x(3)	Amarillo
6	Generación F2 (1)x(2)	Amarillo
7	Generación F2 (1)x(3)	Amarillo
8	Retrocruza 1 {(1)x(2)}x(1)	Amarillo
9	Retrocruza 1 {(1)x(3)}x(1)	Amarillo

Cuadro Nº 3: Análisis de variancia.

F. de V.	GL.	CM.	E[CM]
Bloques	$r-1$	CM_B	$\frac{\sum \delta_e^2}{e} + t \frac{\sum \delta_B^2}{B}$
Tratamientos	$t-1$	CM_T	$\frac{\sum \delta_e^2}{e} + r \frac{\sum T^2}{GL_t}$
Error	$(t-1)(r-1)$	CM_e	$\frac{\sum \delta_e^2}{e}$
Total	$tr-1$		

FIGURA N° 2: Croquis del campo experimental.



3.3.3.3.2. Características evaluadas.- En el ensayo se evaluaron el rendimiento de grano seco y sus componentes primarios (número de vainas por planta, número de granos por vaina y peso de 100 semillas).

. **Para número de vainas con grano.**- A la madurez fisiológica se contó el total de vainas con grano en cinco plantas tomadas al azar por parcela; luego se obtuvo el promedio por parcela y finalmente el promedio de las tres repeticiones.

. **Para el número de granos por vaina.**- Primero se estimó el promedio de granos por vaina por planta (total de granos por planta entre número de vainas con grano), luego se obtuvo el promedio de cinco plantas por parcela y finalmente el promedio de las tres repeticiones.

. **Para peso de 100 semillas.**- Se tomó al azar 100 semillas sanas por tratamiento y se peso en una balanza con aproximación de una décima de gramo. Los resultados finales de peso de 100 semillas son el promedio de tres repeticiones.

. **Para rendimiento de grano seco.**- Se tomó el peso de grano seco de cinco plantas tomadas al azar por parcela en gramos los resultados constituyen el promedio de tres repeticiones.

3.3.3.3.3. Análisis estadístico.- El análisis estadístico se efectuó de acuerdo al Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar; luego para realizar las comparaciones de medias entre los tratamientos, se realizó la prueba de comparaciones de Duncan al nivel de 0,05.

3.3.3.3.4. Manejo agronómico del ensayo.- La preparación del terreno abonamiento, deshierbos, aporque y control de plagas, fué realizado de la forma convencional para el cultivo de frijol en Costa.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION:

A partir del Cuadro Nº 4 hasta el Cuadro Nº 9 se presentan los resultados y sus correspondientes discusiones sobre las actividades y evaluaciones realizadas a los tratamientos; tales como: Susceptibilidad al virus del mosaico común (BCMV), evaluación de las Retrocruzas 1, hábito de crecimiento, testa de la semilla, rendimiento de grano seco y sus correspondientes componentes primarios; asimismo sobre la eficiencia de hibridación. las claves para los tratamientos son las siguientes:

- 1 = Canario Camanejo.
- 2 = Canario Centinela.
- 3 = Canario 2000.
- 4 = Híbrido F1 (Camanejo x Centinela).
- 5 = Híbrido F1 (Camanejo x 2000).
- 6 = Generación F2 (Camanejo x Centinela).
- 7 = Generación F2 (Camanejo x 2000).
- 8 = Retrocruza 1 (Camanejo x Centinela) x Camanejo.
- 9 = Retrocruza 1 (Camanejo x 2000) x Camanejo.

4.1. EVALUACION DE LA RETROCROZA 1 AL VIRUS DEL MOSAICO COMUN:

En el Cuadro N^o 4 se muestran los valores observados obtenidos, después de efectuar la inoculación mecánica con savia, sobre la población de Retrocruzamiento 1, con la finalidad de detectar visualmente los genotipos resistentes (Ii), para ejecutar sobre ellos la Retrocruza 2 y descartar los genotipos susceptibles (ii), al virus del mosaico común.

Los síntomas típicos que mostraron los genotipos declarados susceptibles fueron: moteado, enroscamiento, raquitismo y deformación de las hojas primarias; las hojas trifoliadas presentaron enroscamiento, deformación y un mosaico de color amarillo y varias tonalidades verdes; siendo las hojas más delgadas y alargadas, sus ápices se enroscaron hacia el envés, deformando la hoja; estos síntomas concuerdan con lo descrito por el CIAT (1980a y 1985a).

Los resultados del Cuadro N^o 4 indican que no hubo diferencias significativas entre las proporciones observadas con las esperadas, utilizando la prueba de Chi Cuadrado (X^2); estos resultados confirman lo manifestado por DRIJFHOUT (1978); PETERSEN (1958); ALI (1950); ANDERSON y DOW (1945) y PIERCE (1934), que la resistencia es heredada

CUADRO N° 4: Número de plantas de frijol con síntomas del virus del mosaico común (BCMV), y plantas sin síntomas a los 20 días después de la inoculación mecánica con savia.

Tratamiento	N° de plantas	Descendencia (RC1)				χ^2 ($\alpha=0,05$)
		Valor observado		Valor esperado		
		R	S	R	S	
8	65	29	36	32,5	32,5	0,554 NS
9	63	25	38	31,5	31,5	2,286 NS

8= Retrocruza 1 (Camanejo x Centinela) x Camanejo

9= Retrocruza 1 (Camanejo x 2000) x Camanejo

R= Resistente

S= Susceptible

dominantemente; así como también por el CIAT (1980a), que esta resistencia depende de un solo gen dominante (II). la proporción observada también nos confirma que el gen I de resistencia al BCMV ha sido incorporado a la variedad Canario Camanejo.

4.2. EVALUACION DE LA RETROCRUZA 1 PARA HABITO DE CRECIMIENTO Y TESTA DE LA SEMILLA:

En el Cuadro N^o 5 se presentan los resultados de las evaluaciones efectuadas en los tres progenitores (Camanejo, Centinela y 2000), y sus diferentes combinaciones (F1, F2 y RC1), para hábito de crecimiento y testa de la semilla; ambos caracteres fueron evaluados individualmente en un total de 100 plantas.

En relación a los progenitores Camanejo, Centinela y 2000, se confirmó lo descrito por VOYSEST (1993) y VALLADOLID (1993); siendo el Camanejo de hábito de crecimiento indeterminado y de testa opaca y el Centinela con el 2000, de hábito de crecimiento determinado y de testa semibrillante.

En el híbrido F1 Camanejo x Centinela, todas las plantas evaluadas de la generación F1 fueron similares en el hábito de crecimiento a la variedad Camanejo, dominando el hábito

CUADRO Nº 5: Valores observados para el hábito de crecimiento y testa de la semilla para los progenitores (P1 y P2) y generaciones F1, F2 y RC1 de dos tratamientos de frijol

Caracter	Tratamiento	Nº de plantas	Descendencia de las diferentes combinaciones														
			P1			P2			F1			RC1			F2		
			I	D	O/B	I	D	O/B	I	D	O/B	I	D	O/B	I	D	O/B
Hábito de crecimiento (HC)	4	100	100	0	100	0	100	100	0	100	0	100	97	3	77	23	
	5	100	100	0	100	0	100	100	0	100	0	100	96	4	79	21	
Testa de la semilla (O/B)	4	100	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	46	54	19	81
	5	100	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	42	58	22	78

HC: I = Indeter. O/B: O = Opaco
 D = Determinado B = Semibrillante

P1 = Canario Camanejo
 P2 = Canario Centinela y Canario 2000, en tratamientos 4 y 5 respectivamente

de crecimiento indeterminado sobre el determinado. También en la misma cruce todas las plantas de la generación F1 fueron similares en la testa de la semilla al Centinela; dominando la testa semibrillante sobre la testa opaca. En la generación F2, la segregación de ambos caracteres en forma individual ocurrió en la relación 3:1 (indeterminado:determinado), para hábito de crecimiento, y para la testa de la semilla 1:3 (opaca:semibrillante). Para la Retrocruza 1 (Camanejo x Centinela) x Camanejo, la segregación para ambos caracteres en forma individual ocurrió en la proporción 1:0 (indeterminado:determinado) y 1:1 (opaco:semibrillante).

En la cruce Camanejo x 2000 ; todas las plantas de la generación F1 fueron similares en el hábito de crecimiento al Camanejo; lo mismo se observó para la testa de la semilla, donde todas las plantas fueron similares al 2000; al igual que en el híbrido Camanejo x Centinela, el hábito de crecimiento indeterminado es dominante sobre el determinado y la testa semibrillante es dominante sobre la testa opaca. Asimismo en la generación F2 de ambos caracteres en forma individual ocurrió en la proporción 3:1 (indeterminado:determinado), para hábito de crecimiento y 1:3 (opaca:semibrillante), para la testa de la semilla. Para la Retrocruza 1 de (Camanejo x 2000) x Camanejo, la segregación observada fue de 1:0

(indeterminado:determinado), para hábito de crecimiento y 1:1 (opaca:semibrillante), para la testa de la semilla.

El Cuadro Nº 5, indica que el hábito de crecimiento indeterminado es controlado por un gen dominante; las plantas son indeterminadas cuando son homocigotas u heterocigotas dominantes y las plantas son de crecimiento determinado sólo cuando son homocigotas por el alelo recesivo, estos resultados concuerdan con lo manifestado por el CIAT (1985a).

Igualmente, para la testa de la semilla, este carácter es gobernado por un gen; en presencia del homocigoto u heterocigoto dominante la testa de la semilla es semibrillante, y con dos alelos recesivos la testa es opaca; al igual que el carácter hábito de crecimiento, los resultados obtenidos para el carácter testa de la semilla, concuerdan con lo manifestado por el CIAT (1985a).

Por otra parte, para estos caracteres; el hábito de crecimiento por su naturaleza dominante, en la Retrocruza 1 todos los individuos fueron de tipo indeterminado y según el Cuadro Nº 5, del total de individuos, el 50% de ellos se encuentran en estado homocigoto y el restante 50% se encuentra en estado heterocigoto. Para la testa de la semilla opaca que es la característica a recuperar; por su naturaleza recesiva en la Retrocruza 1; sólo el 50% de

individuos presentan la testa opaca, el otro 50% esta en condición heterocigota pero enmascarado por su alelo dominante.

4.3. EVALUACION DE LA RETROCRUZA 1 PARA RENDIMIENTO DE GRANO SECO Y SUS COMPONENTES PRIMARIOS:

En el ensayo efectuado en condiciones de campo, con el objetivo de evaluar preliminarmente el parecido de las poblaciones RC1 (tratamientos 8 y 9) con el progenitor recurrente (Camanejo), progenitores portadores del gen I de resistencia al BCMV (Centinela y 2000), así como también los híbridos F1 4 y 5 (Camanejo x Centinela y Camanejo x 2000), con sus respectivas generaciones F2; para la cual se estudió y discutirá el rendimiento de grano seco y sus componentes primarios; tales como número de vainas por planta; número de granos por vaina y el peso de 100 semillas.

4.3.1. Rendimiento de grano:

En el Cuadro Nº 6 se muestran los resultados del análisis de variancia para rendimiento de grano seco por parcela (promedio de cinco plantas); se observa que existieron diferencias altamente significativas entre

los tratamientos, lo que indica que por lo menos uno de ellos rindió más que los otros en promedio; con un coeficiente de variabilidad de 11,51%; considerado de muy bueno, según CALZADA (1981).

Para determinar los tratamientos de mayor potencial de rendimiento se realizó la prueba de significación de Duncan (Cuadro Nº 8), lo que indica que los tratamientos 8 y 9 Retrocruzas 1 (Camanejo x Centinela) x Camanejo y (Camanejo x 2000) x Camanejo, con rendimientos promedios de 602,49 y 565,55 g respectivamente fueron estadísticamente similares ocupando el primer lugar; superando inclusive a los tratamientos 4 y 5 que fueron los híbridos F1: Camanejo x Centinela y Camanejo x 2000 respectivamente; asimismo el último lugar lo ocuparon los progenitores donantes Canario Centinela y Canario 2000 con rendimientos promedios de 230,26 y 205,02 g respectivamente (Cuadro Nº 7).

En lo referente a las generaciones F2 de los tratamientos 6 y 7 (Camanejo x Centinela y Camanejo x 2000) según el Cuadro Nº 7 se observó una disminución en el rendimiento, en relación a sus respectivos híbridos F1; siendo el rendimiento promedio logrado de 502,65 y 470,42 g, para los híbridos F1: Camanejo x Centinela y Camanejo x 2000 respectivamente, a diferencia de sus respectivas generaciones F2, que sólo alcanzaron un

CUADRO N° 6: Análisis de variación para rendimiento y sus componentes primarios en frijol.

F. de V.	GL	CM N° Va/PI	CM N° Gr/Va	CM Peso 100 S. (g)	CM Rdto/Parc (g)
BLOQUES	2	440,847**	0,018	0,191	24484,820*
TRATAMIENTOS	8	805,544**	0,146**	7,336**	55859,620**
ERROR	16	32,682	0,004	0,973	2326,620
C.V. (%)		11,57	1,43	2,09	11,51

CUADRO N° 7: Resultado del número de vainas con grano, número de granos por vaina, peso de 100 semillas y Rdto. por parcela en frijol (promedio de cinco plantas).

Tratamiento	N° de vainas/ planta	N° de granos/ vaina	Peso de cien semillas (g)	Rdto./Parc. (g)
1	42,03	4,50	46,17	425,87
2	27,90	4,66	47,33	230,26
3	23,40	4,03	50,17	205,02
4	55,80	4,53	47,73	502,65
5	55,17	4,27	46,00	470,42
6	53,20	4,53	48,93	398,94
7	47,10	4,20	47,57	370,91
8	67,17	4,50	46,47	602,49
9	72,77	4,03	45,13	565,55
Promedio	49,39	4,35	47,30	419,12

CUADRO N° 8: Rendimiento promedio y prueba de Duncan de los nueve tratamientos de frijol.

Orden de mérito	Tratamiento	Rdto g/parc.	Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$)
1°	8	602,49	a
2°	9	565,55	ab
3°	4	502,65	bc
4°	5	470,42	c
5°	1	425,87	cd
6°	6	398,94	d
7°	7	370,91	d
8°	2	230,26	e
9°	3	205,02	e
Promedio		419,12	

rendimiento de grano seco promedio de 398,94 y 370,71 g respectivamente.

Según el Cuadro N^o 1 la frecuencia en la descendencia de las Retrocruzas 1 es de 50% para el progenitor donante y 50% para el progenitor recurrente en ausencia de selección; de tal manera considerando este carácter rendimiento, las Retrocruzas 1 deberían tener un rendimiento parecido o cercano al progenitor recurrente Canario Camanejo y debió ser menor que los híbridos F1; porque según ALLARD (1975); CIAT (1981); CACERES y MORALES (1985), a manera que se sigue Retrocruzando con el mismo progenitor la población híbrida va pareciéndose progresivamente al progenitor recurrente, es decir, la población converge hacia un sólo genotipo en lugar de dividirse en 2^o genotipos como ocurre con la autofecundación; sin embargo el rendimiento promedio de las Retrocruzas 1 (tratamientos 8 y 9) (Cuadro N^o 7) fue de 602,49 y 565,55 g respectivamente, superando a los híbridos F1 (tratamientos 4 y 5), que solo obtuvieron un rendimiento promedio de 470,42 y 398,94 g respectivamente.

Se podría afirmar según lo mencionado por ALLARD (1975) y STEPHEN (1986), que se estaría presentando una segregación transgresiva de las Retrocruzas 1, para el carácter rendimiento en relación a los progenitores.

4.3.2. Número de vainas por planta:

El Cuadro Nº 6 indica que para la variable evaluada número de vainas por planta, existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos en estudio, es decir que en promedio por lo menos uno de los tratamientos fue superior a los otros.

Con el objetivo de determinar los tratamientos de mayor potencial en número de vainas por planta se efectuó la prueba de significación de Duncan (Anexo Nº 6), se observa dos grupos bien definidos; en el primer grupo ocupa el primer lugar las Retrocruzas 1 (tratamientos 8 y 9), con 67,17 y 72,77 vainas por planta en promedio (Cuadro Nº 7); y en el último lugar el grupo conformado por los progenitores donadores del gen I de resistencia al BCMV (Centinela y 2000); con un promedio de vainas por planta de 27,90 y 23,40 respectivamente.

Con respecto a la generación F2 (Cuadro Nº 7) de los tratamientos 6 y 7 (Camanejo x Centinela y Camanejo x 2000), lograron un promedio de 53,20 y 47,10 vainas por planta, siendo menor que los híbridos F1 (Camanejo x Centinela y Camanejo x 2000), que lograron un promedio de 55,80 y 55,17 vainas por planta respectivamente.

El potencial en el número de vainas por planta mostrado por los tratamientos 8 y 9 (Retrocruzas 1) no tienen relación directa con la frecuencia de la descendencia de las poblaciones porque, según CACERES y MORALES (1985); y STEPHEN (1986) las Retrocruzas 1 tienen en promedio un 75% de "Sangre Criolla" del progenitor recurrente Canario Camanejo; por consiguiente estas Retrocruzas (tratamientos 8 y 9) deberían tener para el carácter número de vainas por planta un parecido o cercanía al progenitor recurrente Camanejo y debió ser menor que los híbridos F1 (tratamientos 4 y 5); porque según lo manifestado por ALLARD (1975); CIAT (1985a); y CACERES y MORALES (1985), de igual forma que el carácter rendimiento de grano seco a manera que se sigue Retrocruzando con el mismo progenitor la población híbrida va pareciéndose progresivamente al progenitor recurrente.

Igual que el carácter rendimiento de grano seco según ALLARD (1975) y STEPHEN (1986), lo que se estaría presentando es una segregación transgresiva de las Retrocruzas 1, para ambos caracteres en relación a los progenitores y especialmente al progenitor recurrente Canario Camanejo.

4.3.3. Número de granos por vaina:

Según los resultados del análisis de variancia para el número de granos por vaina (Cuadro Nº 6); se observa que existen diferencias altamente significativas, es decir que por lo menos uno de los tratamientos sobresalió más que los otros en promedio.

Al efectuar la prueba de significación de Duncan, con el propósito de determinar los tratamientos sobresalientes (Anexo Nº 6); se observa en el primer lugar un grupo muy amplio conformado por los tratamientos: Centinela, híbrido (Camanejo x Centinela), generación F2 Camanejo x Centinela, Canario Camanejo y la Retrocruza 1 (Camanejo x Centinela) x Camanejo, con 4,56, 4,53, 4,53, 4,50 y 4,50 número de granos por vaina respectivamente; en el tercer y último grupo lo conforman el Canario 2000 y la Retrocruza 1 (Camanejo x 2000) x Camanejo (Cuadro Nº 7).

Cabe resaltar que los tratamientos que ocuparon el primer lugar estadísticamente, estuvieron involucrados el Camanejo y el Centinela y sus diferentes combinaciones (F1, F2 y RC1); así como también los tratamientos que ocuparon el segundo y último lugar (grupo 2 y 3), estuvieron involucrados el Camanejo y el 2000.

Al analizar la generación F2 de los tratamientos 6 y 7 para el número de granos por vaina según el Cuadro Nº 7, se observa que no hubo diferencias en relación a sus respectivos híbridos F1, tampoco se observó diferencia con respecto a los progenitores. En promedio el potencial en cuanto al número de granos por vaina fue similar para los diferentes tipos de combinación (F1 y F2).

La ganancia en homocigosis hacia el progenitor recurrente con la Retrocruza 1 (ALLARD, 1975; CIAT, 1985; STEPHEN, 1986 y CHAVEZ, 1990), en que la frecuencia de la descendencia para los híbridos es cero y las Retrocruzas 1 de 50% para el progenitor donante (Centinela y 2000) y 50% para el progenitor recurrente Canario Camanejo (Cuadro Nº 1); tampoco varió ya que el número de granos por vaina se mantuvo en forma similar en las poblaciones; manteniéndose en todas las combinaciones (F1, F2 y RC1) el promedio biparental.

4.3.4. Peso de 100 semillas:

Se encontró diferencias altamente significativas para el peso de 100 semillas (Cuadro Nº 6); esto indica que el potencial mostrado por los tratamientos estudiados

fue diferente, y que por lo menos un tratamiento superó al resto en promedio.

En la prueba de Duncan efectuada, para determinar los tratamientos que ocuparon el primer y último lugar; se observa (Anexo Nº 6), en el primer lugar al grupo al 2000 y la generación F2 del cruce Camanejo x 2000, con un peso promedio de 100 semillas de 50,167 y 48,933 g respectivamente. En el último grupo lo conforman el híbrido F1 Camanejo x 2000 y la Retrocruza 1 (Camanejo x 2000) x Camanejo; con un peso promedio de 100 semillas de 46,00 y 45,13 g respectivamente.

Al analizar la generación F2 de los tratamientos 6 y 7 para el peso de 100 semillas; según el Cuadro Nº 6, se observa que no hay diferencias significativas con respecto a los híbridos F1, así como a sus respectivos progenitores; mateniendose en promedio el peso de 100 semillas en forma similar en las diferentes combinaciones (F1 y F2).

Asimismo la ganancia en la homocigosis hacia el progenitor recurrente que se va adquiriendo con las Retrocruzas (ALLARD, 1975; CIAT, 1985a; STEPHEN, 1986 y CHAVEZ, 1990), se observó que hubo una cercanía en el parecido; ya que al comparar el peso de 100 semillas del progenitor recurrente (Camanejo) fue de 46,17 y las

Retrocruzas 1 (Camanejo x Centinela) x Camanejo y (Camanejo x 2000) x Camanejo fue de 46,47 y 45,13 g respectivamente; estos resultados obtenidos por las Retrocruzas 1 fueron ligeramente menores que sus respectivos híbridos y la generación F2.

4.4. EFICIENCIA DE LA HIBRIDACION:

En las tres Campañas ejecutadas en campos de la Universidad Nacional Agraria la Molina, se efectuaron un total de 1 221 hibridaciones (Anexo N^o 1); se obtuvo 556 cruzas efectivas esto representa el 47,33% (Cuadro N^o 9) de eficiencia de hibridación para la especie, con una desviación estandar de 3,3.

663 cruzas corresponden a la primer Campaña, en condiciones de invernadero, 323 para la cruza Canario Camanejo x Canario Centinela y 340 para la cruza Canario Camanejo x Canario 2000. En la segunda Campaña, también en condiciones de invernadero se efectuaron 336 Retrocruzadas (RC1), siendo 155 para la Retrocruza 1 (Camanejo x Centinela) x Camanejo, y 181 para la Retrocruza 1 (Camanejo x 2000) x Camanejo; finalmente en la Campaña N^o 3, en condiciones de campo se efectuaron 222 Retrocruzadas (RC2) correspondiendo 110 a la Retrocruza 2 {(Camanejo x

CUADRO N° 9: Resultados de eficiencia de hibridación en los seis tipos de cruzas efectuadas.

Cruza	N° Campaña*	Eficiencia (%)
4	1	46
5	1	43
8	2	48
9	2	45
10	3	52
11	3	50
Promedio:		47,33

4= Híbrido F1 Camanejo x Centinela

5= Híbrido F1 Camanejo x 2000

8= Retrocruza 1 (Camanejo x Centinela) x Camanejo

9= Retrocruza 1 (Camanejo x 2000) x Camanejo

10= Retrocruza 2 {(Camanejo x Centinela) x Camanejo} x Camanejo

11= Retrocruza 2 {(Camanejo x 2000) x Camanejo} x Camanejo

* = Campaña en que fueron efectuadas las cruzas.

Centinela) x Camanejo} x Camanejo y 112 a la Retrocruza 2
{(Camanejo x 2000) x Camanejo} x Camanejo.

Ninguno de los progenitores presentó problemas de incompatibilidad; asimismo en promedio en la Campaña Nº 3 se obtuvo mayor eficiencia con un 52% para la Retrocruza 2 que intervino el Canario Centinela y 50% para la Retrocruza 2 en donde intervino el Canario 2000.

Las eficiencias para los diferentes cruzas varió entre un 43% y 52% (Cuadro Nº 9). Las bajas eficiencias logradas en ambos tipos de cruzas, se debería a la procedencia de los progenitores según DEBOUCK (1986) citado por VOYSEST (1993) la variedad criolla Camanejo es de origen Sur-Andino, el Centinela y 2000 son de origen Nor-Andino además de portar el gen I de resistencia al virus del mosaico común que proviene de la variedad Corbett Refugee de origen Meso-Americano, asimismo conforme se avanzó en el número de Retrocruzas la eficiencia se mejora, esto se debería también a un mejor entrenamiento y perfeccionamiento que se va adquiriendo en la ejecución de las cruzas.

También las bajas eficiencias de las hibridaciones o hibridaciones no efectivas, tales como caída de flores y abortos de las vainas a temprana edad podrían ser consecuencia de otros factores externos, algunos de ellos de difícil control; entre los factores se tuvo a la

temperatura, siendo lo ideal entre 18 y 27° C (CIAT, 1979b), este factor afectó principalmente en la segunda Campaña, ya que esta fue efectuada en condiciones de otoño donde las temperaturas estuvieron muy por debajo de éstos límites. Otro factor externo fue la luminosidad alta que penetró al recinto donde se efectuó la polinización; ésta produjo un aumento de la temperatura y causó la desecación del estigma, este factor afectó en las Campañas 1 y 3, ya que fueron ejecutadas en condiciones de primavera-verano. Los vientos en ambiente de baja humedad, pudo causar la desecación del estigma ocasionando caídas de flores en la tercer Campaña, ya que esta fue efectuada en condiciones de campo abierto.

Aunque se alcanzó un promedio en la eficiencia de 47,33%, considerado como muy buena, ya que en el CIAT, utilizando la misma técnica de hibridación se alcanza un promedio de 50% de eficiencia de hibridación.

V. CONCLUSIONES:

De acuerdo al objetivo establecido en el presente trabajo se tienen las siguientes conclusiones:

- 1.- En la primera Retrocruza, se observó que sólo el 50% de las plantas fueron resistentes al virus del mosaico común (BCMV); confirmando que la resistencia incorporada a la variedad criolla Canario Camanejo, por el método de las Retrocruzas es de tipo monogénica y heredada en forma dominante.
- 2.- En la evaluación de la primera Retrocruza se observó que el 100% de las plantas fueron de hábito de crecimiento indeterminado y el 50% de testa de semilla opaca; con estos resultados se habría logrado una homocigocis hacia el progenitor recurrente Canario Camanejo de 50% para el carácter hábito de crecimiento y 25% para la testa de la semilla.
- 3.- Se observó una segregación transgresiva en la segregación de la primera Retrocruza; para los caracteres rendimiento de grano seco y número de

vainas por planta, superando en ambos casos a los híbridos F1, generación F2, y a los progenitores.

- 4.- La expresión del carácter número de granos por vaina no varió significativamente, en las diferentes combinaciones, se mantuvo el promedio biparental, ya sea en los híbridos F1, generación F2 y la Retrocruza 1.
- 5.- Con la primera Retrocruza se observó una ganancia en el parecido o cercanía hacia el progenitor recurrente Canario Camanejo, para el carácter peso de cien semillas, cuyos valores fueron de 46,47 y 45,13 g para, las Retrocruzas 1 (Camanejo x Centinela) x Camanejo y (Camanejo x 2000) x Camanejo, siendo 46,17 g para, el Canario Camanejo respectivamente.
- 6.- Se logró, 48,66 y 46,00% de eficiencia en las hibridaciones que intervinieron el Canario Centinela y el Canario 2000 respectivamente, con un promedio de 47,33%, lográndose la eficiencia más alta en la Retrocruza 2.

VI. RESUMEN:

En la Costa Sur del Perú, la principal variedad de frijol que se cultiva es el Canario Camanejo; ocupa aproximadamente el 90% de área cultivada en esta región; es la principal opción de rotación con el cultivo principal que es el arroz. La susceptibilidad al virus del mosaico común (BCMV) se ha venido acrecentando en los últimos años, llegando a afectar su potencial productivo hasta un 50%, especialmente en campos de agricultores que no utilizan semilla certificada. En las dos últimas décadas se han hecho esfuerzos por generar y liberar nuevos cultivares con resistencia al BCMV; pero los agricultores prefieren seguir cultivando al Canario Camanejo; ya que ésta posee caracteres importantes tales como un peso de 100 semillas de aprox. 45 g., testa de la semilla opaca, que facilita su comercialización; asimismo un hábito de crecimiento indeterminado y su buen rendimiento de grano seco de aprox. 1 500 kg/ha. entre otras.

Con el propósito de mejorar genéticamente a la variedad Canario Camanejo, en los años 1994 y 1995 en la Molina se ejecutó la transferencia del gen I de resistencia al virus del mosaico común (BCMV), mediante el método de Retrocruzamiento; se utilizó como fuentes portadoras del

gen I a los cultivares de frijol Canario Centinela y Canario 2000. Al final de dos Retrocruzamientos y evaluación de la primera se logró los siguientes resultados: en la primera Retrocruza en los cruces de híbridos F1 (Canario Camanejo x Canario Centinela y Canario Camanejo x Canario 2000) con el Canario Camanejo, se observó que el 50% de las plantas fueron resistentes al virus del mosaico común, confirmando la resistencia de herencia simple y dominante, así como su incorporación al Canario Camanejo; para el carácter hábito de crecimiento, se logró con la primera Retrocruza un 50% de homocigocis y para la testa de la semilla un 25%, con respecto al progenitor recurrente Canario Camanejo.

Se observó segregación transgresiva en la segregación de la primera Retrocruza para rendimiento de grano seco y número de vainas por planta, superando a los progenitores, híbridos F1 y sus respectivas generaciones F2; asimismo la expresión del carácter número de granos por vaina no varió significativamente, en las diferentes combinaciones manteniendo el promedio biparental en los híbridos F1, generación F2 y la Retrocruza 1, para peso de cien semillas, se observó una ganancia en el parecido o cercanía hacia el progenitor recurrente Canario Camanejo.

Se logró un promedio de 47,33% en la eficiencia de las hibridaciones, correspondiendo 48,66 y 46,00% de eficiencia

en las hibridaciones que intervinieron el Canario Centinela y el Canario 2000 respectivamente; se logró en la Retrocruza 2 la eficiencia más alta.

SUMMARY

The principal bean variety which is cultivated in the Peruvian southern coast is the Canario Camanejo; it occupies the 90% of cultivated area approximately of the region; it is the principal rotation option with the main crop that is rice. The sensitivity to the bean common mosaic virus (BCMV) has been raised during the last yeards, affecting its productive potential to 50% especially in farmer's who do not use certificated seed. Efforts have been done to generate and liberate new BCMV resistant cultivares; but the farmer's prefer following cultivating Canario Camanejo, because this possess important features such as weight of 100 seeds of 45 g approximately, dull seed test, which makes easy its comercialization; likewise, and indeterminated growing habit and its good dry grain yield of 1 500 kg/ha approximately among others.

With the proposal of genetic improvement of Canario Camanejo, during 1994 and 1995 in "La Molina", the tranfer of resistant gene I to the bean common mosaic virus was made by the Backcross method; as carrier sources of gene I, the Canario Centinela and Canario 2000 bean cultivares were used. At the end of the two Backcross and evaluation of the first, the nest results were achieved: in the first

Backcross of the F1 hybrid crossings (Canario Camanejo x Canario Centinela and Canario Camanejo x Canario 2000) with the Canario Camanejo, it was observed that the 50% of the plants were resistant to the bean common mosaic virus, confirming the simple and dominant heritage resistance, as its incorporation to the Canario Camanejo; for the growing habit character a 50% of homozygosis was achieved with the first Backcross and for the seed test a 25%, related to revert parent Canario Camanejo.

A transgressive segregation was observed in the segregation of the first Backcross for the dry grain yield and number of pods for plants, overcoming to the parents, F1 hybrids and its respective generations F2; likewise, the expression of the number of grains character by pod did not vary significantly, in the different combinations maintaining the biparent average in the F1 hybrids, generation F2 and the Backcross 1, for the 100 seed weight, a gain was observed in the resemblance or closeness to the revert parent Canario Camanejo.

An average of 47,33% was gotten in the hybridation efficiency corresponding to 48,66 and 46,00% of efficiency in the hybridations in which took part the Canario Centinela and the Canario 2000 respectively; in the Backcross 2 the highest efficiency was gotten.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. ALI, M.A., 1950. Genetics of resistance to the common bean mosaic virus (bean virus 1) in the bean (*Phaseolus vulgaris*). *Phytopathology* 40:69-79 pp.
2. ALVAREZ, A. 1977. Determinación de hipersensibilidad al mosaico común del frijol en hojas amputadas y factores genéticos que condicionan su herencia. Resúmenes analíticos sobre frijol (*Phaseolus vulgaris*). CIAT Cali, Colombia. 243 244 pp.
3. ALLARD, R. 1975. Principio de la mejora genética de las plantas 2ª edición. Edit. Omega S.A. España. 163-177 pp.
4. ANDERSEN, A.L. y E.E. DOW. 1945. Inheritance of resistance to the variante strain of the common bean mosaic virus. *Phytopathology* 44:481 (Abstr.).
5. APOLITANO, C. 1981. Selección de plantas de frijol resistentes al virus del mosaico común. Seminario de problemas especiales de Mejoramiento Genético de Plantas. UNA la Molina Lima, Perú. 10 pp.

6. BASCUR, R.G. y G.G. HERRERA. 1983. Programa de mejoramiento del frijol. INIA - Chile. Guía de estudio. 19 pp.
7. BOS, L. 1971. Bean common mosaic virus. Commonwealth Mycological Institute/Association of Applied Biologist. Description of plant viruses Nº 73.
8. BRAHUER, O. 1969. Fitogenética aplicada. Edit. Limusa-Wiley S.A. México. 518 pp.
9. BURGA, M.C. y R. SHEFFER. 1974. Estudios de transmisión por semilla del virus del mosaico común del frijol y su efecto en el rendimiento. Resúmenes 2º Congreso Nacional de Investigadores Agrónomos del Perú (II CONAIP), Lima 12-16 Agosto, 1974. 42-43 pp.
10. BURKE, D.W. y M.J. SILBERNAGEL. 1974. Hipersensitive resistance to bean common mosaic virus in dry field beans. Ann. Rept. Bean improv. coop. 17:22.
11. CABIESES, C. 1978. Frijol valor nutritivo. Ministerio de Agricultura y Alimentación. Lima, Perú. 22 pp.

12. CACERES, O. y F. MORALES. 1985. Incorporación de genes de resistencia dominante y recesiva a cepas de virus del mosaico común en frijol. Acta agronómica 35(4). CIAT. Cali, Colombia. 7-20 pp.
13. CAFATI, C. 1968. Inoculación de frijol con (*Phaseolus virus* 1) a partir de harina de semillas de plantas enfermas. Agricultura Técnica (Chile). Resúmenes Analíticos sobre frijol (*Phaseolus vulgaris*). CIAT Cali, Colombia. 383-384 pp.
14. CAFATI, C. y A. ALVAREZ. 1968. Mejoramiento en frijoles (*Phaseolus vulgaris*) para resistencia al mosaico común (*Phaseolus virus* 1) y su strain NY 15. Agricultura Técnica (Chile). Resúmenes Analíticos sobre frijol. CIAT Cali, Colombia. 384-385 pp.
15. CALZADA, B. 1981. Métodos estadísticos para la investigación. Cuarta edición. Edit. Milagros S.A. Lima, Perú. 644 pp.
16. CIAT. 1974. Programa de Producción de frijol. Informe anual. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Cali, Colombia.

17. CIAT. 1975. Programa de sistema de producción de frijol, mejoramiento genético del frijol común (*Phaseolus vulgaris*) y recursos de germoplasma. Cali, Colombia. 65 pp.
18. CIAT. 1979a. Enfermedades del frijol. 1^{ra} edición. Edit. Trillas. México. 130 pp.
19. CIAT. 1979b. Cruzamiento del frijol. Guía de estudios. Cali, Colombia. 36 pp.
20. CIAT. 1979c. Enfermedades del frijol causados por virus y su control. Guía de estudios. Cali, Colombia. 36 pp.
21. CIAT. 1980a. Problemas de producción del frijol. Cali, Colombia. 425 pp.
22. CIAT. 1980b. Informe anual. Cali, Colombia. 18-25 pp.
23. CIAT. 1981. Mejoramiento del arroz. Mejoramiento por Retrocruzamiento. Cali, Colombia. 13-21 pp.
24. CIAT. 1982. Informe. Cali, Colombia. 8-9 pp.
25. CIAT. 1983. Informe anual del programa de frijol. Cali, Colombia. 44-53 pp.

26. CIAT. 1984. Informe anual. Cali, Colombia. 51-62 pp.
27. CIAT. 1985a. Frijol: Investigación y Producción. Cali, Colombia. 417 pp.
28. CIAT. 1985b. Sistema estandar para la evaluación de germoplasma de frijol. Cali, Colombia. 30 pp.
29. CHAVEZ, R. 1990. Fitomejoramiento. Guía de estudio. Universidad Nacional de Tacna. Tacna, Perú. 80 pp.
30. DEBOUCK, D. 1987. Mejoramiento del frijol gracias a sus formas silvestres. Boletín informativo del Programa de frijol del CIAT, volumen 9, N° 2. Cali, Colombia.
31. DONGO, S. y A. SOTOMAYOR. 1964. Identificación de virus del frijol. Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). Lima, Perú. 11 pp.
32. DRIJFHOUT, E. 1978. Genetic interaction between (*Phaseolus vulgaris*) and bean common mosaic virus with implications for strain identification and breeding for resistance. Centre for Agricultural Publishing and Documentacion Wageningen.

33. EKPO, E. y A. SAETTLER. 1975. Multiplication and distribution of bean common mosaic virus in (*Phaseolus vulgaris*). Resúmenes Analíticos sobre frijol. CIAT Cali, Colombia. 388-389 pp.
34. ELLIOT, F. 1964. Citogenética y mejoramiento de plantas. Edit. Cecesa S.A. México. 474 pp.
35. FRENCH, R. y T. HEBERT. 1982. Métodos de investigación Fitopatológica IICA: San José, Costa Rica. 289 pp.
36. GALVEZ, G.E. y M. CÁRDENAS. 1974. Pérdidas económicas causadas por el virus del mosaico común (BCMV) en cuatro variedades de frijol. Proc. Amer. Phytopath. Soc. 1:121-122.
37. GAMEZ, R., A. OSORES y E. ECHANDI. 1970. Una raza nueva del virus del mosaico común del frijol. Turrialba, Costa Rica. 397-400 pp.
38. GAMEZ, R. 1974. Un Programa de Investigación en virus de Leguminosas de Grano para el Perú. Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). Lima, Perú. 19 pp.

39. GUERRA, J., A. OSORES y E. ECHANDI. 1971. Herencia de la resistencia a la raza peruana del virus del mosaico común del frijol. Resúmenes Analíticos sobre frijol (*Phaseolus vulgaris*). CIAT Cali, Colombia. 249-250 pp.
40. HUBBELING, N. 1972. Resistance in beans to strains of bean common mosaic virus. Institute of Phytopathological Research. Wageningen, the Netherlands.
41. INIA. 1980. Cultivo del frijol. Estación Experimental Agropecuaria, Ica- Perú. 49 pp.
42. INIA. 1984. Reunión de evaluación del Programa de Leguminosas de Grano. Boletín informativo. CIPA VII - Arequipa, Perú. 28 pp.
43. INIA. 1992. Curso sobre manejo del cultivo y producción de la semilla de frijol. Chíncha, Perú. 120 pp.
44. MEJIA, R. 1991. Introducción a la Fitovirología. INIA. Lima, Perú. 211 pp.
45. MEJIA, R. y R. CARHUAZ. 1992. Enfermedades de plantas causadas por virus. INIA. Manual técnico. Lima, Perú. 102 pp.

46. MINISTERIO DE AGRICULTURA y CIAT. 1978. Problemática del frijol en el Perú. Resumen de reunión - Taller. Documento de trabajo. Chincha, Perú. 450 pp.
47. MONT KOC, R. 1993. Principio del control de enfermedades de las plantas. UNA - La Molina. Lima, Perú.
48. MONTENEGRO, R. y A. GALINDO. 1974. El virus del mosaico común del frijol en el estado de Guanajuato y evaluación de la resistencia de variedades. Chapingo, México.
49. MORALES, F. 1979. Purification and serology of bean common mosaic. Turrialba, Costa Rica.
50. MORALES, F. 1980. El virus del mosaico común del frijol. Metodología de investigación de técnicas de control. CIAT. Cali, Colombia. 22 pp.
51. MORALES, F. 1983. El mosaico común del frijol: Metodología de investigación y técnicas de control. Ed. revisada. CIAT. Cali, Colombia. 26 pp.
52. MORALES, F. 1985. Control genético de la raíz negra del frijol en el Africa. Boletín informativo del programa de frijol del CIAT. Volumen 7. Cali, Colombia.

53. MORENO, R., R. GAMEZ y L. GONZALES. 1968. El virus del mosaico común del frijol (*Phaseolus vulgaris*) en Costa Rica. 18:257-263.
54. NELSON, R. 1932. Investigations in the mosaic disease of bean. Michigan Agricultural Experiment Station, Technical Bulletin 118.
55. OMUNYIN, M.E., E.M. GATHARU y D.M. MUKUNYA. 1986. Las cepas del frijol en Africa y su interacción con variedades de frijol con el gene I. Boletín informativo del Programa de frijol del CIAT. Volumen 8, Nº 3. Cali, Colombia.
56. PETERSEN, H.J. 1958. Beitrage Zur Genetik von (*Phaseolus vulgaris*) auf Infektions mit Phaseolus virus 1 Stamm Voldagsen. Zeitschrift fur Pflanzenzuchtung 39:187-224.
57. PIERCE, W. 1934. Virosis of the bean. Phitopathology 24:87 -115.
58. PIERRE, C. 1992. Elementos de Virología Vegetal. Ed. Mundi - Prensa. Madrid, España. 218 pp.

59. QUANTZ, L. 1957. Ein Schalentest Zum Schenellnachweis des Gewohnlinchen Bohnenmosaikvirus (*Phaseolus virus* 1). Nachrichtenbla fur den Deustschen Pflanzenschutzdienst, (Stuttgart) 9:71-74.
60. ROBERTSON Jr., R.S. 1962. The role of seed transmisión in the epidemilgy of bean mosaic in Central Washington. Plant Dis. Reprtr. 46:71-72.
61. SCHEUCH, F. 1981. Estado actual de la Investigación en frijol en el Perú. Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). Lima, Perú. 1-5 pp.
62. SHIPPERS, B. 1963. Transmisión of bean common mosaic virus by seed of (*Phaseolus vulgaris*) cv. Beka. Acta Botánica Neerlandica 12:433-497.
63. SMITH, F. 1962. The mosaico resistance small white 59 variety of bean; a history of its development bulleting of de California. Departament of Agricultura. E.U. 51 (4) 187-199 pp.
64. SMITH, I.M. et al. 1992. Manual de Enfermedades de Plantas. Ediciones Mundi-prensa. Madrid, España.

65. STEPHEN, B. 1986. Obtención de variedades criollas de frijol con resistencia al BCMV. Boletín informativo del programa de frijol del CIAT. Volumen 8, Nº 2. Cali, Colombia.
66. STEEL, R. y J. TORRIE. 1988. Bioestadística: Principios y procedimientos. 2ª edición. Edit. McGraw-Hill/Interamericana de México S.A. de C.V. México. 622 pp.
67. VALLADOLID, A. 1993. El cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la Costa del Perú. Manual Nº 17. INIA. Lima, Perú. 116 pp.
68. VOYSEST, O. 1993. Variedades de frijol en América Latina y su origen. CIAT. Cali, Colombia. 81 pp.
69. ZAUMEYER, W.J. y H.R. THOMAS. 1957. A monographic study of bean diseases and methods for their control. U.S.D.A. Agr. Tech. Bull. Nº 2. 55 pp.
70. ZAUMEYER, W,J. 1969. The origen of resistance to common bean mosaic in snap beans. Seed World 105:8-9.
71. ZIVER, M.A. y C. CAFATI. 1968. Arroz 3, nueva variedad de frijol de exportación. Investigación y Progreso Agrícola (Chile) 2:32.

ANEXOS

ANEXO N° 1: Campaña, número total de hibridaciones realizadas, número total de vainas y número de granos por cruza.

TRATAMIENTO	CAMPAÑA*	N° TOTAL DE HIBRIDAC.	N° TOTAL DE VAINAS	N° TOTAL DE GRANOS
4	1	323	150	225
5	1	340	146	220
8	2	155	75	150
9	2	181	82	147
10	3	110	57	125
11	3	112	56	118
TOTALES	3	1221	566	985

* = Campaña en que fueron efectuadas las cruzas.

Nota: Después de efectuar 100 hibridaciones dentro de cada cruza y Campaña, fué necesario seguir incrementando las hibridaciones, hasta conseguir un mínimo de 200 semillas en la Campaña N°1, 120 en la Campaña N° 2 y 100 en la Campaña N° 3.

ANEXO N° 2: Rendimiento promedio de grano seco por parcela de cinco plantas en gramos de frijol.

TRATAMIENTO	REPETICIONES			TOTAL REPETIC.
	I	II	III	
	\bar{X} PARC	\bar{X} PARC.	\bar{X} PARC.	
1	449,35	445,32	382,95	1 277,62
2	282,37	207,87	200,53	690,77
3	164,69	255,02	195,34	615,05
4	580,40	544,58	382,96	1 507,94
5	553,03	481,02	377,20	1 411,25
6	380,94	439,76	376,13	1 196,83
7	372,12	431,62	308,98	1 112,72
8	668,99	612,29	526,18	1 807,46
9	667,25	541,69	487,70	1 696,64
TOTALES	4 119,14	3 959,17	3 237,97	11 316,28

ANEXO N° 3 : Promedios de número de granos por vaina sobre el total de vainas por parcela de cinco plantas en frijol

TRATAMIENTO	REPETICIONES			TOTAL REPETIC.
	I	II	III	
	\bar{X} PARC.	\bar{X} PARC.	\bar{X} PARC.	
1	4,5	4,5	4,5	13,5
2	4,6	4,6	4,5	13,7
3	4,1	4,0	4,0	12,1
4	4,5	4,6	4,5	13,6
5	4,3	4,4	4,1	12,8
6	4,5	4,6	4,5	13,6
7	4,1	4,3	4,2	12,6
8	4,5	4,5	4,5	13,5
9	4,0	4,1	4,0	12,1
TOTALES	39,1	39,6	38,8	117,5

ANEXO N° 4: Promedios de cinco plantas por parcela para tamaño de semilla expresado como masa de cien semillas en gramos en frijol.

TRATAMIENTO	REPETICIONES			TOTAL REPETIC.
	I	II	III	
	\bar{X} PARC.	\bar{X} PARC.	\bar{X} PARC.	
1	46,0	46,5	46,0	138,5
2	47,5	47,3	47,8	142,6
3	51,5	48,5	50,5	150,5
4	48,0	47,5	47,7	143,2
5	44,5	47,5	46,0	138,0
6	47,5	50,3	49,0	146,8
7	47,0	48,2	47,5	142,7
8	46,5	46,9	46,0	139,4
9	46,0	44,4	45,0	135,4
TOTALES	424,5	427,1	425,5	1 277,1

ANEXO N° 5: Promedios del número de vainas con grano por parcela de cinco plantas en frijol.

TRATAMIENTO	REPETICIONES			TOTAL REPETIC.
	I	II	III	
	\bar{X} PARC.	\bar{X} PARC.	\bar{X} PARC.	
1	45,3	43,5	37,3	126,1
2	35,0	28,3	20,4	83,7
3	15,6	36,6	18,0	70,2
4	63,0	59,6	45,1	167,7
5	69,3	55,6	40,6	165,5
6	59,3	55,3	45,0	159,6
7	49,0	51,3	41,0	141,3
8	73,5	67,5	60,5	201,5
9	82,5	70,5	65,3	218,3
TOTALES	492,5	468,2	373,2	1 333,9

ANEXO N° 6: Prueba de significación de Duncan ($\alpha=0,05$) de los componentes primarios en frijol.

ORDEN DE MERITO	TRATAMIENTO	N° DE Va/PI	N° DE Gr/Va	PESO 100 S.
1°	9	a	c	d
2°	8	a	a	c
3°	4	b	a	bc
4°	5	b	b	c
5°	6	b	a	abd
6°	7	bc	b	bc
7°	1	c	a	c
8°	2	d	a	bc
9°	3	d	c	ad