

## EL GENOMA DEL FRIJOL

CAROLA ESCOBAR,  
DAVID TALLEDO,  
TERESA NAMISATO.

Laboratorio de Biología Celular y Genética,  
Sección de Citogenética,  
Facultad de Ciencias Biológicas,  
Universidad Ricardo Palma,  
Apto. 138, Lima-PERU.

### RESUMEN

El artículo presenta un análisis comparativo de los cariotipos de cuatro especies del género *Phaseolus* L., una de ellas evidenciada por primera vez en el presente trabajo. Se describen los cromosomas de cada cariotipo en función de su longitud relativa ( $L'$ ), índice centromérico ( $P$ ) y otras peculiaridades individuales y se propone un sistema para clasificarlos. En base a las observaciones realizadas y a la revisión de los resultados de otros investigadores se sugiere el número base ( $x=11$ ) de cromosomas para las especies del género.

### SUMMARY

The article presents a comparative analysis of the karyotypes of four species of *Phaseolus* L.; one of them is reported by the first time. This publication describes the chromosomes of each karyotype according to its relative longitude ( $L'$ ), centromeric ratio ( $P$ ) and other individual features, and a classification system is proposed. According to the results and bibliographical revision, the chromosomal base number ( $x=11$ ) in this species is suggested.

KEY WORDS: *Phaseolus*, chromosomes, karyotypes.

### INTRODUCCION

Entre las leguminosas de la flora mundial existen 7 géneros importantes: *Cicer*; *Lens*; *Lupinus*; *Medicago*; *Phaseolus*; *Pisum* y *Vicia*, siendo sin lugar a dudas el género *Phaseolus* ( $2n=22$ ) el de mayor relevancia en América Latina, con 4 especies anuales de importancia económica: *Ph. acutifolius* Gray, *Ph. coccineus* L., *Ph. lunatus* L. y *Ph. vulgaris* L.

Para las especies del género *Phaseolus* existen suficientes investigaciones en cuanto a su dispersión, valor alimenticio y cruzamientos interespecíficos. Sin embargo, los trabajos cariológicos sobre estos cultivos son escasos y se limitan fundamentalmente a informar sobre el número cromosómico, careciendo casi totalmente de caracterizaciones cariotípicas, a pesar que estas especies son consideradas como cultivos con prioridad uno para trabajos en recursos genéticos en América Latina (Holle, 1984).

Recientes investigaciones en *Ph. vulgaris* L. (Turkov y col.; 1988), *Ph. acutifolius* Gray, *Ph. coccineus* L. y *Ph. lunatus* L. (Escobar y col.; 1989, 1991, 1992) reportan las fórmulas cariotípicas de estas especies y corroboran la presencia de 11 pares de cromosomas pequeños. Sin embargo, un análisis cariomorfológico que permita comparar los cariotipos de especies del género *Phaseolus* y estudiar su polimorfismo cromosómico puede facilitar tanto la utilización de los métodos del fitomejoramiento analítico como la elucidación de la senda evolutiva del género. La

dificultad para evidenciar los cromosomas de estas especies se debe principalmente a su pequeño tamaño, comprendido entre 2 y 4 micras. En la presente investigación se utiliza una metodología que incluye el pre-tratamiento con inhibidores mitóticos específicos y bajas temperaturas positivas, lo que hace posible una mejor diferenciación de los cromosomas. Se presenta un análisis paramétrico completo de cada cromosoma; determinando su longitud absoluta, longitud relativa e índice centromérico, así como el índice de espiralización de cada complemento con el propósito de evidenciar los caracteres morfológicos de los cromosomas de cada colección estudiada y facilitar la caracterización de las mismas utilizando criterios objetivos y cuantificables.

El desarrollo de métodos para el análisis cariomorfológico en las 4 especies más importantes de *Phaseolus* puede contribuir a la elucidación de la senda evolutiva del género y brindar un aporte de importancia práctica que sirva como base en la elaboración de programas de fitomejoramiento genético, considerando la relación existente entre la morfología cromosómica de los gametos de los progenitores y la fertilidad de los híbridos.

### MATERIALES Y METODOS

Para cada una de las especies estudiadas se usaron 50 semillas certificadas. Las semillas fueron proporcionadas por el Banco de Semillas del Instituto Nacional de

Investigaciones para la Agricultura (INIA), filial de Ica. El trabajo se desarrolló en condiciones de laboratorio, fluctuando la temperatura de éste entre 18-20°C en los meses de invierno y 22-28°C en los meses de verano.

Las semillas fueron colocadas en placas Petri sobre papel filtro humedecido, a temperatura ambiente. Para las coloraciones se tomaron raíces secundarias de 1.0 - 1.5 cm. de longitud, tratándolas con una solución acuosa de ABN al 1%, a bajas temperaturas positivas durante 2:30 hrs. Luego se procedió a fijarlas en una solución fresca de Carnoy, posteriormente fueron coloreadas con orceína acética según métodos usuales (O'Mara, 1948; Tjio y Levan, 1954). Las microfotografías fueron tomadas en un microscopio con cámara incorporada (Nikon) utilizando una película de baja sensibilidad (Mikrat 300, ASA 1) a 800 aumentos.

Para el análisis cariomorfológico fueron seleccionadas 10 metafases por especie que presentaron índices de espiralización similares con un margen de error del 10%, según lo recomendado por Sasaki en 1961. Las microfotografías fueron ampliadas hasta un aumento total de 4,000X. Los parámetros morfométricos (i.e.: Longitud absoluta -L<sup>a</sup>, Índice centromérico -I<sup>c</sup>, Longitud relativa -L<sup>r</sup>) fueron calculados a partir de mediciones de los cromosomas realizadas sobre las ampliaciones de las microfotografías.

En base a estos resultados para cada especie se plantearon las fórmulas cariotípicas:  $K(n=) = M + SM + A$ , donde K= cariotipo, n= complemento haploide y M, SM

y A significan metacéntricos, sub-metacéntricos y acrocéntricos, respectivamente. Estas fórmulas se plantean por primera vez.

## RESULTADOS

### *Phaseolus acutifolius*

Para esta especie se evidenció la fórmula cariotípica:  $K(n=11) = 7M + 4SM$ .

Los índices centroméricos (I<sup>c</sup>) para los pares 1-7 son similares, presentándose en un rango comprendido entre 43.19% para el par 1 y 49.56% para el par 6. Si tomamos en cuenta las longitudes relativas (L<sup>r</sup>) observaremos similitud para los pares 1-2 (L<sup>r</sup><sub>1</sub>=11.65%, L<sup>r</sup><sub>2</sub>=11.34%). Los pares 3, 4 y 5 presentan diferencias tanto entre sí como con respecto a los demás metacéntricos. Las L<sup>r</sup> de los pares 6-7 son iguales (L<sup>r</sup><sub>6</sub>=7.26%, L<sup>r</sup><sub>7</sub>=7.26%).

Entre los sub-metacéntricos encontramos I<sup>c</sup> que varían entre 35.78% y 33.23%, para los pares 9 y 11 respectivamente; mientras que las L<sup>r</sup> varían significativamente para los pares 8 y 9 (L<sup>r</sup><sub>8</sub>=11.30%, L<sup>r</sup><sub>9</sub>=8.65%) y son similares para los pares 10 y 11 (L<sup>r</sup><sub>10</sub>=7.84%, L<sup>r</sup><sub>11</sub>=7.72%).

En base a los parámetros morfométricos registrados es posible identificar los pares 3, 4, 5, 8, 9. Los pares 1-2, 6-7 y 10-11 presentan similitud tanto para la L<sup>r</sup> como para su I<sup>c</sup>, por lo que no es posible individualizarlos (Ver Cuadro N°1, Foto 1).

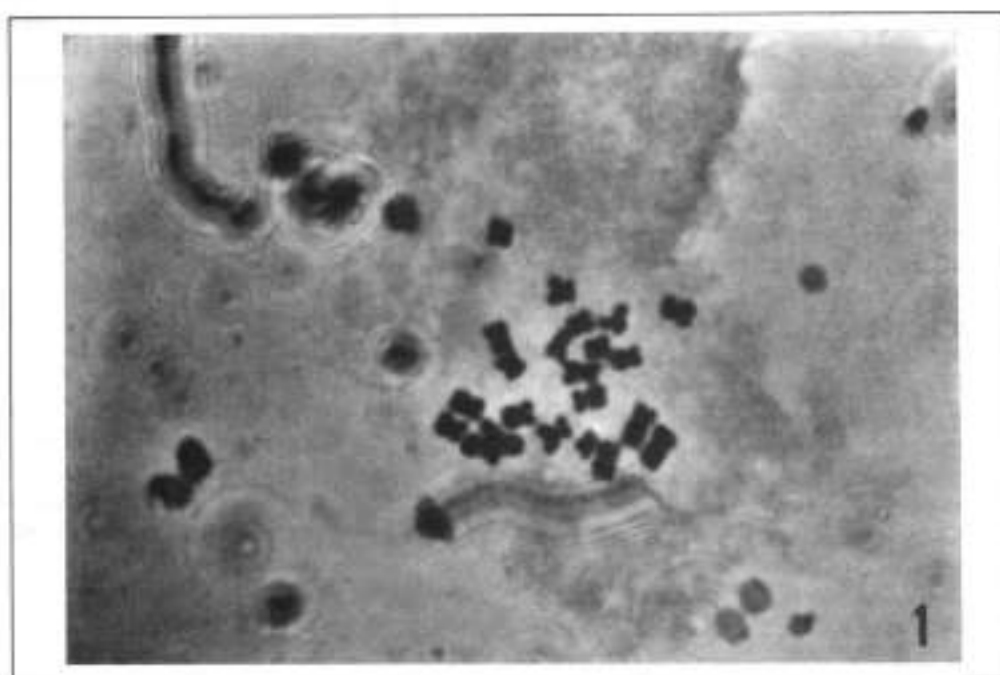


Foto 1. Metafase de *Phaseolus acutifolius* Gray "Frijol tépary"

Cuadro N° 1. Características Cariomorfológicas de *Phaseolus acutifolius*.

Nº PAR	bc(%)	bl(%)	Lr(%)	Ic(%)	TIPO
1º	5.02	6.63	11.65	43.14	Metac.
2º	5.28	6.06	11.34	46.58	Metac.
3º	4.64	5.29	9.93	46.77	Metac.
4º	4.25	4.76	9.01	46.92	Metac.
5º	3.63	4.41	8.04	45.16	Metac.
6º	3.60	3.66	7.26	49.56	Metac.
7º	3.34	3.92	7.26	46.26	Metac.
8º	4.04	7.26	11.30	35.56	Submetac.
9º	3.10	5.55	8.65	35.78	Submetac.
10º	2.70	5.14	7.84	34.32	Submetac.
11º	2.57	5.15	7.72	33.23	Submetac.

*Phaseolus aureus*

Para *Ph. aureus* «frijol chino» se registró una fórmula cariotípica **K(n=11)= 6M + 4SM + 1A**.

Entre los cromosomas metacéntricos, los pares 1-6 presentan un índice centromérico comprendido en un rango de 43.60% para el par 4 y 47.06% para el par 3. Respecto a las longitudes relativas ( $L'$ ) observamos similitud para los pares 2, 3 y 4 ( $L'_2=9.75\%$ ,  $L'_3=9.29\%$ ,  $L'_4=9.02\%$ ). Los pares 1, 5 y 6 se diferencian tanto entre sí como con respecto a los demás metacéntricos ( $L'_1=10.38\%$ ,  $L'_5=8.24\%$ ,  $L'_6=6.92\%$ ).

En los 4 pares de sub-metacéntricos observados, el  $I'$  varía entre 32.45% y 33.13% para los pares 9 y 10, respectivamente, mientras que las  $L'$  presentan variaciones

significativas en todos los pares ( $L'_7=10.16\%$ ,  $L'_8=9.43\%$ ,  $L'_9=8.36\%$ ,  $L'_{10}=7.55\%$ ), no encontrándose ninguna similitud entre ellos.

El par 11 es el único par de cromosomas acrocéntricos registrado en todas las metafases seleccionadas en esta especie. Su característica principal es su bajo índice centromérico ( $I'=22.68\%$ ), mientras que su longitud relativa es la más alta ( $L'_{11}=10.92\%$ ). Por las características mencionadas se puede afirmar que el par 11 es un par fácilmente individualizable en el cariotipo de *Ph. aureus*.

En base a los parámetros morfométricos es posible identificar los pares 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11. Los pares 2-3 son los únicos que presentan similitud, tanto para su longitud relativa ( $L'_2=9.75\%$ ,  $L'_3=9.29\%$ ) como para su índice centromérico ( $I'_2=47.03\%$ ,  $I'_3=47.06\%$ ) (Ver Cuadro N°2, Foto 2).

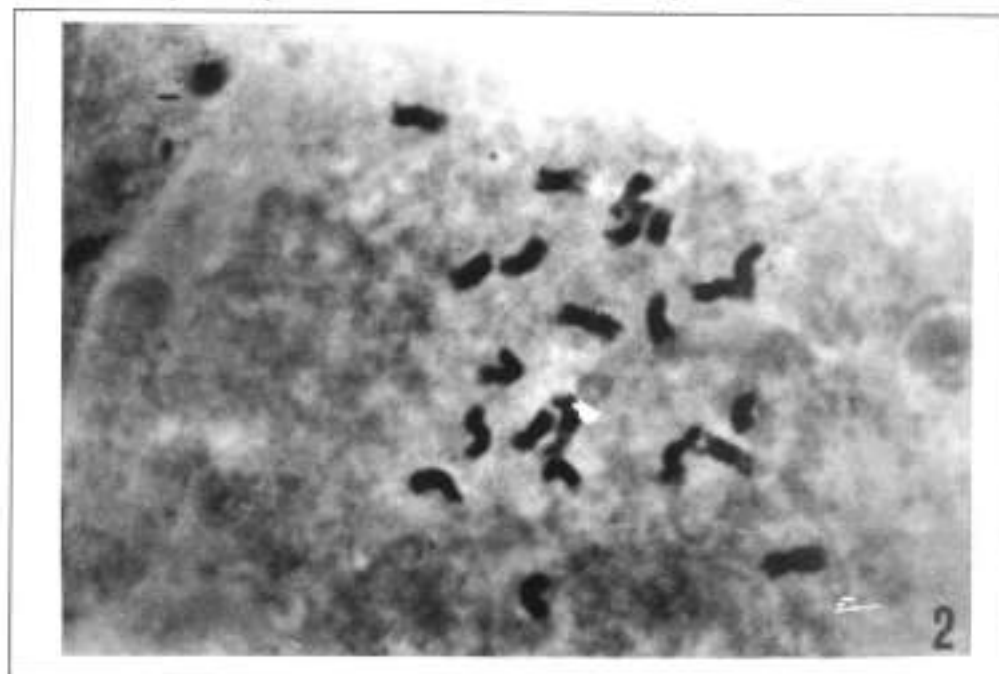


Foto 2. Metafase de *Phaseolus aureus* L. (Sin.: *Vigna radiata*) "Frijol chino"

Cuadro N° 2. Características Cariomorfológicas de *Phaseolus aureus*.

N° PAR	bc(%)	bl(%)	Lr(%)	Ic(%)	TIPO
1°	4.75	5.63	10.38	46.10	Metac.
2°	4.59	5.16	9.75	47.03	Metac.
3°	4.37	4.92	9.29	47.06	Metac.
4°	3.93	5.09	9.02	43.60	Metac.
5°	3.83	4.41	8.24	46.90	Metac.
6°	3.25	3.67	6.92	46.94	Metac.
7°	3.27	6.89	10.16	32.51	Submetac.
8°	3.12	6.31	9.43	33.05	Submetac.
9°	2.67	5.69	8.36	32.45	Submetac.
10°	2.45	5.10	7.55	33.13	Submetac.
11°	2.50	8.42	10.92	22.68	Acroc.

*Phaseolus coccineus*

Se obtuvo una fórmula cariotípica  $K(n=11) = 7M + 4SM$ , que coincidió en términos generales con la registrada para *Ph. acutifolius*.

En esta especie los índices centroméricos para los pares de cromosomas metacéntricos 1-6 varían entre 43.27% y 44.70%; El valor obtenido para el par 7, un cromosoma isobraquial casi perfecto ( $I^2=48.30\%$ ), difiere significativamente de los valores de este parámetro para los demás metacéntricos. Si tomamos en cuenta las longitudes relativas observaremos similitud para los pares 1, 2, 3 ( $L'_1=10.99\%$ ,  $L'_2=10.55\%$ ,  $L'_3=10.20\%$ ). Los pares 4, 5, 6 y 7 presentan diferencias, tanto entre sí como con respecto a los demás metacéntricos ( $L'_4=9.33\%$ ,  $L'_5=8.34\%$ ,  $L'_6=7.72\%$ ,  $L'_7=6.80\%$ ).

Entre los submetacéntricos encontramos índices centroméricos que varían entre 29.38% y 32.09%, para

los pares 9 y 11, respectivamente, mientras que las longitudes relativas varían significativamente para los pares 8 y 9 ( $L'_8=10.00\%$ ,  $L'_9=9.23\%$ ) y son semejantes para los pares 10 y 11 ( $L'_{10}=8.60\%$ ,  $L'_{11}=8.29\%$ ).

Los parámetros morfométricos registrados en el Cuadro N° 3 permiten identificar en términos generales los pares 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Mientras que los pares 2-3 y 10-11 presentan gran similitud, tanto para su longitud relativa como para su índice centromérico, lo que dificulta su individualización (Ver Cuadro N°3, Foto 3)

*Phaseolus lunatus*

En *Ph. lunatus* «pallar» se evidenció la fórmula cariotípica  $K(n=11) = 9M + 2SM$ , obtenida del análisis cariomorfológico de 10 metafases.

En los 9 pares de cromosomas metacéntricos se observó un índice centromérico que varía entre 46.21% y

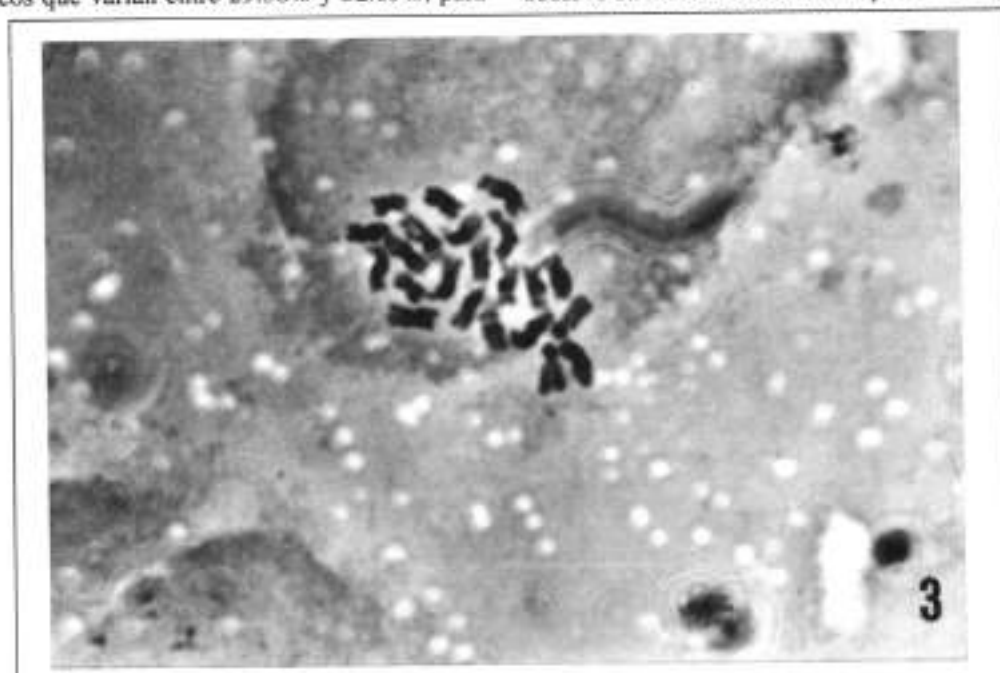


Foto 3. Metafase de *Phaseolus coccineus* L. "Frijol ayocote"



Cuadro N° 3. Características Cariomorfológicas de *Phaseolus coccineus*

N° PAR	bc(%)	bl(%)	Lr(%)	lc(%)	TIPO
1°	4.89	6.10	10.99	44.70	Metac.
2°	4.70	5.85	10.55	44.57	Metac.
3°	4.41	5.79	10.20	43.27	Metac.
4°	4.07	5.26	9.33	43.68	Metac.
5°	3.68	4.66	8.34	43.92	Metac.
6°	3.47	4.25	7.72	44.50	Metac.
7°	3.28	3.52	6.80	48.30	Metac.
8°	3.12	6.88	10.00	31.20	Submetac.
9°	2.71	6.52	9.23	29.38	Submetac.
10°	2.61	5.99	8.60	30.14	Submetac.
11°	2.66	5.63	8.29	32.09	Submetac.

43.40%, siendo la secuencia decreciente de variación la siguiente :46.21%, 46.09%, 46.04%, 45.62%, 45.19%, 44.34%, 43.76%, 43.66% y 43.40%. para los pares 1, 3, 4, 8, 2, 9, 7, 6 y 5 respectivamente. Tomando en cuenta las longitudes relativas observaremos similitud en los pares 5,6 y 7 ( $L'_5=8.87\%$ ,  $L'_6=8.70\%$ ,  $L'_7=8.64\%$ ). Los demás pares presentan grandes diferencias, tanto entre sí como con respecto a los demás metacéntricos.

En los 2 pares de cromosomas submetacéntricos, pares 10 y 11, podemos observar variaciones significativas para ambos, tanto en su índice centromérico como en su longitud absoluta ( $I'_{10} = 32.25\%$ ,  $I'_{11} = 35.25\%$ ,  $L'_{10} = 10.05\%$ ,  $L'_{11} = 8.53\%$ ).

Estos resultados nos permiten identificar los pares 1,2,3,4,8,9,10,11. Los pares 5, 6 y 7 presentan gran similitud en cuanto a sus parámetros morfométricos, por lo que no es posible individualizarlos en base a los mismos (Cuadro N°4, Foto 4).

## DISCUSION

Para iniciar el estudio cariomorfológico de *Ph. acutifolius*, *Ph. aureus*, *Ph. coccineus* y *Ph. lunatus* fue necesario utilizar un prefijador a fin de acumular el mayor número de metafases. Entre los inhibidores mitóticos conocidos en nuestro medio (8- hidroxiquinolona- Tjio y Levan, 1950; colchicina- O'Mara, 1948 y alfa-bromonaftaleno Morrison, 1953) se escogió el alfa-bromonaftaleno por los resultados obtenidos por Turkov (1984) y Escobar (1989, 1991) en estudios cariotípicos de especies del género *Phaseolus*. Estos investigadores coinciden en señalar la acción exitosa del alfa-bromonaftaleno a bajas temperaturas positivas en especies cuyos cromosomas presentan longitudes menores que 4 micras.

Del análisis cariotípico en *Ph. acutifolius*, *Ph. aureus*, *Ph. coccineus* y *Ph. lunatus* se establece que el número cromosómico de estas especies es de 22 cromosomas

( $2n=22$ ) en sus células somáticas, corroborándose una vez más lo planteado por Kawakami (1930), Senn (1938), Berger y col. (1958), Dhaliwal y col. (1962), Thomas (1964, cit. de: Bolkhovskikh y col., 1969), Karpechenko (1925), Turkov (1984), Escobar (1989, 1991), Khairallah y col. (1991) y Bracamonte (1992). Sin embargo en el presente trabajo no se ha encontrado en ningún caso células con  $2n=44$  como lo reportó Bolkhovskikh (1969) en *Ph. aureus*, pese a que la muestra analizada fue de 1000 células para cada especie. Por ello, nos parece posible que la observación de  $2n=44$  en células somáticas de esta especie se deba a errores metodológicos.

Bracamonte en 1992 propone para *Ph. lunatus* la fórmula cariotípica de  $K(n=11) = 9SM + 2A$  en base a resultados obtenidos por técnicas de bandeamiento cromosómico y utilizando como criterios de clasificación los propuestos por Mok y Mok (1976). Sin embargo, las imágenes y resultados presentados por Bracamonte (1992) y Mok y Mok (1976) para corroborar sus afirmaciones carecen de representatividad. En vista que Bracamonte no usa ninguna pre-fijación para el tratamiento de las muestras (lo que dificulta la obtención de un mayor número de células metafásicas con cromosomas decondensados y distanciados) es probable que la imposibilidad de medir, identificar y realizar análisis cariotípicos exitosos y confiables, reportada en el trabajo mencionado, se deba a que simplemente no se logró estandarizar la técnica para la colocación de los cromosomas de células somáticas de especies del género *Phaseolus*, pese a que la misma ha sido reportada detalladamente por Escobar (1989, 1991) y Talledo y col. (1993).

Por otro lado, las técnicas de bandeamiento cromosómico suelen ser más sofisticadas que las de coloración monocromática. Es más, la naturaleza intrínseca de los mecanismos de coloración diferencial en cromosomas de vegetales no está clara y cada uno de los tipos de los mismos en la mayoría de los casos se denomina en base más a la técnica utilizada que a la secuencia de «bandas» obtenidas, como lo demuestra la controversia producida



Foto 4. Metafase de *Phaseolus lunatus* L. "Pallar"

Cuadro N° 4. Características Cariomorfométricas de *Phaseolus lunatus*.

N° PAR	bc(%)	bl(%)	Lr(%)	Ic(%)	TIPO
1°	5.14	5.97	11.11	46.21	Metac.
2°	4.58	5.58	10.16	45.19	Metac.
3°	4.47	5.25	9.72	46.09	Metac.
4°	4.24	4.97	9.21	46.04	Metac.
5°	3.85	5.02	8.87	43.40	Metac.
6°	3.79	4.91	8.70	43.66	Metac.
7°	3.79	4.85	8.64	43.76	Metac.
8°	3.63	4.35	7.98	45.62	Metac.
9°	3.12	3.89	7.01	44.34	Metac.
10°	3.24	6.81	10.05	32.25	Submetac.
11°	3.01	5.52	8.53	35.25	Submetac.

entre Blakey y col. (1976) y Greilbuber (1977). Por este motivo consideramos que cualquier estudio cariotípico debe ser iniciado a partir de coloraciones monocromáticas antes de intentar un «bandeamiento», ya que se corre el riesgo de enfrentar problemas de resolución óptica en especies con cromosomas pequeños (2-4 u.), pretendiendo lograr una resolución de bandas de 0.4 u., como sería el caso de las especies del género *Phaseolus*.

Debido a que la nomenclatura propuesta en 1976 por Mok y Mok ha sido elaborada en forma empírica, utilizando como referencia resultados aparentemente poco representativos, en la presente investigación hemos tomado como criterios de clasificación los propuestos por Levan y col. en 1964 y Naranjo y col. en 1983, que son los comúnmente aceptados.

En base a los resultados obtenidos por coloración monocromática y la clasificación cariotípica propuesta

por Escobar (1991) se estableció por primera vez la siguiente fórmula cariotípica para *Ph. aureus*:  $K(n=11) = 6M + 4SM + 1A$ .

Para *Ph. lunatus* se propone la fórmula:  $K(n=11) = 9M + 2SM$ .

Esta fórmula difiere de la propuesta por Escobar en 1989:  $K(n=11) = 1M + 9SM + 1SA$ , lo que se debe a que los P obtenidos en dicho trabajo no presentan similitud con los del trabajo actual: las metafases seleccionadas para este cultivo en la investigación de 1991 no presentan el mismo grado de condensación que las seleccionadas para la presente investigación, por lo que no es posible comparar los datos obtenidos.

Para *Ph. acutifolius* y *Ph. coccineus* se corrobora la fórmula cariotípica:  $K(n=11) = 7M + 4SM$ , planteada en 1991 por Escobar.

Cuadro N° 5. Distribución de los Cromosomas y sus tipos por especie en el género Phaseolus.

Especies	Tipos de cromosomas			Fórmula Cariotípica	Simetría
	M(%)	SM(%)	A(%)		
<i>Ph. acutifolius</i>	63.64	36.36	00.00	K=7M + 4SM	+ +
<i>Ph. aureus</i>	54.55	36.36	9.09	K=6M + 4SM + 1A	+ -
<i>Ph. coccineus</i>	63.64	36.36	00.00	K=7M + 4SM	+ +
<i>Ph. lunatus</i>	81.82	18.18	00.00	K=9M + 2SM	+ + +

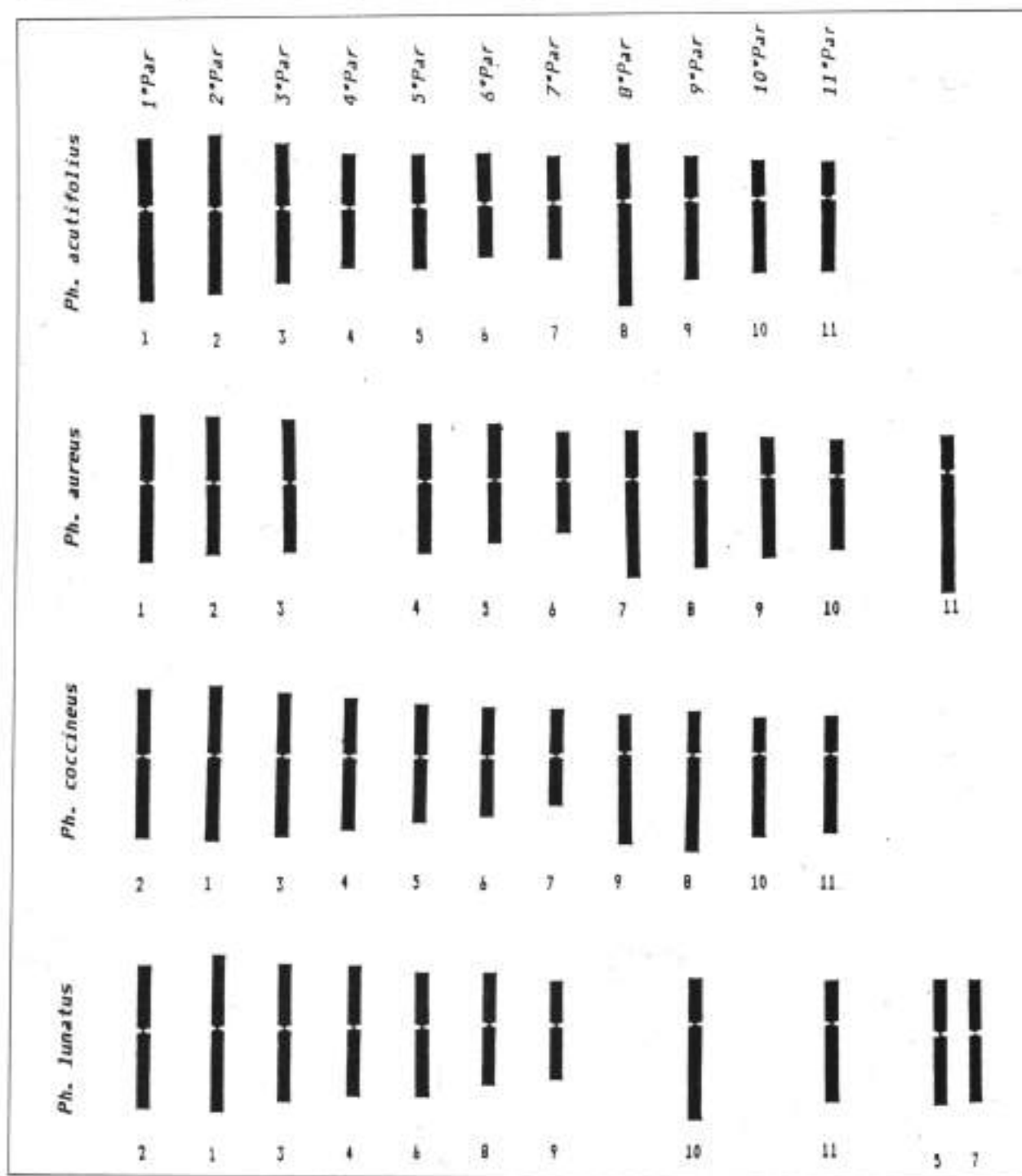


Fig. N° 1. Análisis Comparativo de la Morfología Cromosómica en Especies del Género Phaseolus.

Se representan los ideogramas de las 4 especies, tomando como referencia el de *Ph. acutifolius*. Nótese la "homeología" entre algunos cromosomas y las diferencias entre otros.

La interpretación de las fórmulas cariotípicas y los resultados obtenidos del análisis cariotípico comparativo en *Ph. acutifolius* y *Ph. coccineus*,  $K(n=11)=7M+4SM$ , con cromosomas metacéntricos en un 63,64 % y sub-metacéntricos en un 36,36%; *Ph. aureus*,  $K(n=11)=6M+4SM+1A$ , con cromosomas metacéntricos en un 54,54%, resolución de bandas de 0.4 u., como sería el caso de las especies del género *Phaseolus*.

Debido a que la nomenclatura propuesta en 1976 por Mok y Mok ha sido elaborada en forma empírica, utilizando como referencia resultados aparentemente poco representativos, en la presente investigación hemos tomado como criterios de clasificación los propuestos por Levan y col. en 1964 y Naranjo y col. en 1983, que son los comúnmente aceptados.

En base a los resultados obtenidos por coloración monocromática y la clasificación cariotípica propuesta por Escobar (1991) se estableció por primera vez la siguiente fórmula cariotípica para *Ph. aureus*:  $K(n=11)=6M+4SM+1A$ .

Para *Ph. lunatus* se propone la fórmula:  $K(n=11)=9M+2SM$ .

Esta fórmula difiere de la propuesta por Escobar en 1989:  $K(n=11)=1M+9SM+1SA$ , lo que se debe a que los P obtenidos en dicho trabajo no presentan similitud con los del trabajo actual: las metafases seleccionadas para este cultivo en la investigación de 1991 no presentan el mismo grado de condensación que las seleccionadas para la presente investigación, por lo que no es posible comparar los datos obtenidos.

Para *Ph. acutifolius* y *Ph. coccineus* se corrobora la fórmula cariotípica:  $K(n=11)=7M+4SM$ , planteada en 1991 por Escobar.

La interpretación de las fórmulas cariotípicas y los resultados obtenidos del análisis cariotípico comparativo en *Ph. acutifolius* y *Ph. coccineus*,  $K(n=11)=7M+4SM$ , con cromosomas metacéntricos en un 63,64 % y sub-metacéntricos en un 36,36%; *Ph. aureus*,  $K(n=11)=6M+4SM+1A$ , con cromosomas metacéntricos en un 54,54%, sub-metacéntricos en un 36,36% y acrocéntricos en un 9,09% y *Ph. lunatus*,  $K(n=11)=9M+2SM$ , con 81,82% de cromosomas metacéntricos y un 18,18% de sub-metacéntricos; nos permiten establecer una alta simetría de los cariotipos de las especies estudiadas, coincidiendo con lo propuesto en 1991 por Escobar para la especie *Ph. acutifolius*, *Ph. coccineus* y *Ph. lunatus* «pallar». La simetría del cariotipo de *Ph. aureus* se reporta por primera vez (Cuadro N° 5, Fig. N°1).

## CONCLUSIONES

1.- El estudio morfológico y comparativo nos ha permitido establecer diferencias de tamaño a nivel citológico, ob-

servándose que las células de las diferentes especies presentan variaciones significativas de tamaño.

2.- La investigación cariotípica corrobora una vez más en las especies estudiadas la existencia de 22 cromosomas ( $2n=22$ ) en sus células somáticas.

3.- Se han determinado las siguientes fórmulas cariotípicas:

<i>Ph. acutifolius</i>	$K(n=11)=7M+4SM$
<i>Ph. aureus</i>	$K(n=11)=6M+4SM+1A$
<i>Ph. coccineus</i>	$K(n=11)=7M+4SM$
<i>Ph. lunatus</i>	$K(n=11)=9M+2SM$

4.- El análisis cariomorfológico establece cariotipos altamente simétricos para todas las especies, siendo esta simetría mayor en *Ph. acutifolius*, *Ph. coccineus* (cromosomas metacéntricos 63,64% y sub-metacéntricos 36,36%) y *Ph. lunatus* (cromosomas metacéntricos 81,82% y cromosomas sub-metacéntricos 18,18%) con un porcentaje de simetría igual a 100% en sus células somáticas, mientras que en *Ph. aureus* este valor es del 91% (cromosomas metacéntricos 54,54% y cromosomas sub-metacéntricos 36,36%).

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresamos nuestro reconocimiento al CONCYTEC (Contrato N° 881-12-93), al Programa Colaborativo COTESU - CIP, al INIA-Ica y a la Universidad Ricardo Palma, Vice-Rectorado Académico, Facultad de Ciencias Biológicas y Departamento Académico de Ciencias, sin cuyo apoyo no hubiera sido posible desarrollar el presente trabajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BLAKEY, D.; FILION, G. 1976. «Differential Giemsa staining in plants». *Chromosoma (Berl)* 56:191-197.
- BOLKHOVSKIKH, Z.; GRIF, V.; MATVIEYEVA, T.; ZAKHARYEVA, O. 1969. «Chromosome numbers of flowering plants». 1a Ed. Editorial Nauka, Leningrado, Moscú 520 pp.
- BRACAMONTE, G.O. 1992. «Citogenética de *Phaseolus vulgaris*». Tesis para... Magister Scientiae en la especialidad de Mejoramiento Genético de Plantas, 76 pp. UNALM, Lima-Perú.
- ESCOBAR G., C. 1989. «Estudio comparativo de tres líneas de cultivo peruanas de *Phaseolus lunatus* L. «pallar»». Tesis para... Bachiller en Biología, 66 pp. Univ. Ricardo Palma, Lima.



- ESCOBAR G.,C. 1991. «Estudio cariotípico comparativo en cuatro especies del género *Phaseolus*: *Ph. acutifolius* Gray. «frijol tepary», *Ph. coccineus* L. «frijol ayocote», *Ph. lunatus* L. «pallar» y *Ph. vulgaris* L. «frijol común»». Tesis para optar el título de Licenciado en Biología, 86 pp. Univ. Ricardo Palma, Lima.
- ESCOBAR G.,C ; TALLEDO, D. y VILLACORTA, J. 1992. «Análisis cariotípico en metafase mitótica en tres líneas de cultivo peruanas de *Phaseolus lunatus* L. «Pallar»». Boletín de Lima N° 83:19-22.
- GREILBUBER, J. 1977. «Why plant chromosomes do not show G- bands». *Theor.Appl.Genet.* 50:121-124.
- HOLLE, M. 1984. *Recursos Genéticos Vegetales de América del Sur: Pasado, Presente y Futuro*. PP. 7-19. En: *Anales del Simposio de Recursos Fitogenéticos*. Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos. Valdivia. Chile. 151 pp.
- KARPECHENKO, G.D. 1925. «Trudy po prikl». *Bot.: Genetike y Sel.* T.14. Byp 2:143-148.
- KHAIRALLAH, M.M.; ADAMS, M.W.; SEARS, B.B. 1991. «Mitochondrial genome size variation and restriction fragment length polymorphisms in three *Phaseolus* species». *Theor. Appl. Genet.* 82:321-328.
- LEVAN, A.; FRIEDGA, K.; SADBORG, K. 1964. «Nomenclature for centromeric position on chromosomes». *Hereditas* 52:201-220.
- MOK, D.W.S. & MOK, M.C. 1976. «A modified Giemsa technique for identifying Bean chromosomes». *J. Hered.* 67:187-188.
- MORRISON, J.W. 1953. «Chromosome behaviour in wheat monosomics». *Heredity* 7:203-217.
- NARANJO, C.; POGGIO, L. & BRANDHAM, P. 1983. «A practical method of chromosome classification on the basis of centromere position». *Genet.* 62:51-53.
- O'MARA, J.G. 1948. «Acetic acid methods for chromosome studies at prophase and metaphase in meristems». *Stain Technol.* 23:201-204.
- SASAKI, M. 1961. «Observations on the modification in size and shape of chromosome due to technical procedure». *Chromosoma* 11:514-522.
- TALLEDO, D.; ESCOBAR, C.; ALLEMAN, V. 1993. «Introducción al análisis cromosómico en vegetales». Univ. Ricardo Palma, Lima-Perú, 141pp.
- TJIO, J.H.; LEVAN, A. 1950. «The use of oxyquinoline in chromosome analyses». *An. Estac. Exp. Aula Dei*, 2, 21.
- TJIO, J.H.; LEVAN, A. 1954. «Some experiences with acetic-orcein». *An. Estac. Exp. Aula Dei*, 3:225-228.
- TURKOV, V.; GUZHOV, YU. L.; SHELEPINA, G.; YLIYANARASHI, S. 1984. «Cromosomas de las plantas cultivadas y de sus predecesores silvestres». Univ. de la Amistad de los Pueblos Patricio Lumumba. Edit. UDN. Moscú 70 pp.
- TURKOV, V.; GUZHOV, YU. L.; SHELEPINA, G.; YLIYANARASHI, S. 1988. «Las investigaciones cromosómicas en vegetales en los problemas del fitomejoramiento, Ingeniería Celular y Monitoreo Genético». Univ. de la Amistad de los Pueblos Patricio Lumumba. Edit. UDN. Moscú 64 pp.