

CARIOLOGÍA DE *Dichroplus bergi* STAL (Orthoptera - Acrididae) *

ALEJO MESA

Facultad de Agronomía y Div. de Zoología Agrícola del Min.
de Ganadería y Agricultura, Montevideo, Uruguay

INTRODUCCION

La cariólogía de *Dichroplus bergi* fué estudiada por SAEZ (1956) y MESA (1956). El primero de los autores cita el número cromosómico así como el tipo de mecanismo de determinación sexual de la especie. El segundo autor incluyó el dibujo de una metafase I, donde se aprecia la curiosa manera de disponerse el cromosoma Y, paralelo al plano ecuatorial y en ángulo aproximadamente recto con respecto al brazo del X homólogo.

En la presente publicación profundizamos el estudio de la cariólogía de *D. bergi* e intentamos explicar el particular comportamiento de los cromosomas sexuales.

Este trabajo fué realizado bajo la dirección del Dr. SALVADOR DE TOLEDO PIZA, a quien agradezco sus valiosas sugerencias. Quiero además hacer presente mi reconocimiento al Dr. WILLY BEÇAK del Instituto Butantan de San Pablo y al Dr. ALMIRO BLUMENSCHNEIN de la Cátedra de Genética de la Esc. Sup. de Agr. "Luiz de Queiroz", por su colaboración en el trabajo fotográfico.

MATERIAL Y METODOS

Trece ejemplares machos de *D. bergi* fueron estudiados en esta oportunidad. Sus procedencias son las siguientes: Pi-

* Trabajo efectuado en el Laboratorio de 9a. Cátedra de Zoología de la Escuela Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" de la Universidad de San Pablo (Piracicaba, Brasil).

racicaba (San Pablo), 19-X-61, 2 ejempl.; Indaiatuba (S. P.), 22-XI-61, 1 ejempl.; Porto Feliz (S. P.), 22-XI-61, 1 ejempl.; San Pedro (S. P.), 10-XI-61, 2 ejempl.; Sierra del Cazador (Rio de Janeiro), 28-XII-61, 1 ejempl.; Sierras de Mantiqueira (Minas Gerais), 2-I-62, 6 ejempl.

En los trece especímenes se aplicó el método de coloración de Feulgen por aplastado, previa fijación de las glándulas sexuales en Carnoy I.

OBSERVACIONES

Tal como fué ya observado por SAEZ (1956) y MESA (1956), los trece ejemplares estudiados en este trabajo presentan diez pares de autosomas acrocéntricos y un mecanismo neo X — neo Y de determinación sexual, con el primer elemento metacéntrico y el segundo acrocéntrico.

Las metafases goniales muestran 21 cromosomas acrocéntricos y uno metacéntrico (X). Uno de los cromosomas acrocéntricos tiene el brazo menor más grande que los restantes cromosomas (Y) (lám. I, A; foto 1).

De acuerdo a su longitud podemos agrupar los autosomas de la siguiente manera: dos pares mayores, cinco medianos y tres menores. Los dos pares mayores son ligeramente desiguales. Los cinco medianos van decreciendo gradualmente de longitud, de manera que el menor de ellos es casi la mitad de la longitud del mayor. En cuanto a los cromosomas menores, el octavo y el noveno son casi del mismo largo; no así el décimo, que es de muy corta longitud y fácil de identificar en cualquier fase. Los tres pares antecitados presentan en la profase I heteropicnosis en la región proximal, que es bastante más intensa en el cromosoma noveno (fig. 1).

Los cromosomas grandes tienen generalmente dos quiasmas, el tercero suele tener dos y los restantes uno y sólo raramente dos.

El complejo sexual se ha formado por la fusión del cromosoma X con uno de los autosomas de longitud mediana del juego. En las metafases goniales el X aparece con los brazos aproximadamente iguales y uno de ellos (primitivo X) heterocromático negativo. El cromosoma Y presenta el brazo menor algo más grande que el resto de los cromosomas acrocéntricos, de manera que es fácil de individualizar (lám. I, A; foto 1). Lo mismo acontece en las anafases II en que se encuentra presente este elemento (lám. I, F).

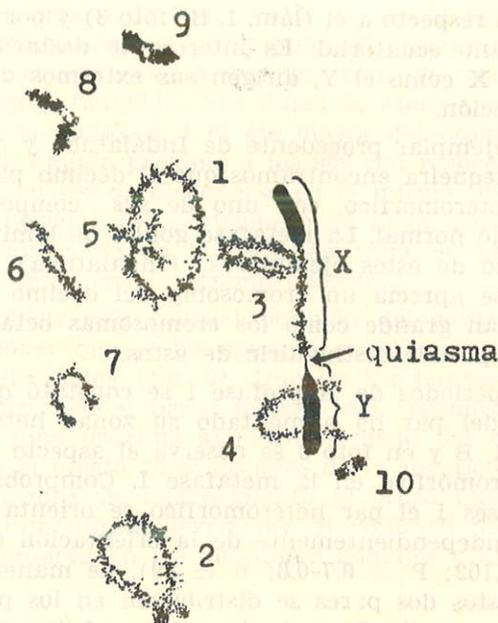


Fig. 1- *Dichroplus bergi*. Estado diploténico medio.

Los cromosomas sexuales aparecen en la profase I apareados solamente en un punto desde el paquiténico inicial. El primitivo X se muestra heteropicnótico positivo y el brazo fusionado, eucromático (fig. 1). El cromosoma Y en cambio aparece totalmente heterocromático positivo, de tal manera que sería difícil distinguirlo del X durante las profases, si no fuera por la longitud ligeramente menor del primero y por el fino hilo cromatínico que generalmente delata el quiasma entre ambos.

Aparentemente la zona de apareamiento entre el X y el Y es muy reducida y tal vez por esa razón no se produce el contacto entre los dos cromosomas en algunos casos, como fué observado en unas pocas profases (foto 2) y en una metafase I (lám. I, D). El porcentaje en que falla el apareamiento puede estimarse en 1% aproximadamente.

En las metafases I, el cromosoma Y aparece unido por un quiasma al brazo del X homólogo, y con su eje mayor no dispuesto en la misma dirección que este último como acontece en todos los mecanismos neo X — neo Y hasta ahora estudiados en acridios, sino inclinado en un ángulo aproximado

a los 90° con respecto a él (lám. I, B; foto 3) y por lo tanto paralelo al plano ecuatorial. Es interesante destacar que tanto el primitivo X como el Y, dirigen sus extremos distales en la misma dirección.

En un ejemplar procedente de Indaiatuba y otro de Sierras de Mantiqueira encontramos que el décimo par de cromosomas es heteromórfico, con uno de sus componentes más grande que lo normal. La metafase gonial de lámina I, A, pertenece a uno de estos ejemplares (Indaiatuba) y por esta razón solo se aprecia un cromosoma del décimo par. Su homólogo es tan grande como los cromosomas octavo y noveno y resulta imposible distinguirlo de estos.

En los períodos de la profase I se constató que el miembro mayor del par ha aumentado su zona heterocromática. En lámina I, B y en foto 3 se observa el aspecto que presenta el par heteromórfico en la metafase I. Comprobamos que en las metafases I el par heteromórfico se orienta en el plano ecuatorial independientemente de la orientación del par X — Y ($X^2 = 0,102$; $P = 0,7-0,8$; $n = 89$), de manera que en la anafase I estos dos pares se distribuyen en los polos también independientemente. Durante la anafase I los miembros de este par se separan llevando sus respectivas cromátidas con la misma longitud.

DISCUSION

Los pocos casos de mecanismos XY hallados en acridios han surgido indudablemente a partir de un sistema más primitivo de tipo X0 por fusión del cromosoma X con un autosoma. El miembro no fusionado del par pasa a comportarse como cromosoma Y. Cuando este mecanismo es reciente, los cromosomas incorporados al mecanismo sexual se aparean en toda su longitud y se producen intercambios de cromátidas como en un bivalente normal. A medida que el sistema evoluciona, la zona de apareamiento se reduce al extremo distal y el cromosoma Y se torna más y más heterocromático (Discusión en SAEZ & DIAZ, 1958; WHITE, 1940, 1941, 1956).

La mayoría de los sistemas neo X — neo Y estudiados en acridios, se encuentran en la etapa final de ese proceso. Un caso de creación reciente se da en *Neuquenina fector*, donde el apareamiento entre los primitivos autosomas es casi total y el número de quiasmas llega a cuatro (MESA, 1961).

Dichroplus bergi posee un mecanismo cromosómico de

determinación sexual de tipo neo X — neo Y aparentemente muy evolucionado, con el cromosoma Y enteramente heteropcnótico en las profases I y con una zona de apareamiento e intercambio muy reducida. Nos llamó la atención en este sistema que en la metafase I el eje mayor del cromosoma Y se dispone en un ángulo próximo a los 90° con respecto a su brazo homólogo, en vez de disponerse en la misma línea. Esto sugiere que la posición del centrómero no es la usual y se halla en esta especie cerca de la reducida zona de apareamiento, en vez de hallarse en el extremo opuesto.

Para explicar esta inusual posición del centrómero, habría que suponer que se ha operado en el cromosoma Y una inversión pericéntrica (fig. 2). Uno de los puntos de ruptura debió producirse en el brazo menor del cromosoma Y y el otro en una zona próxima al extremo distal del brazo mayor, de modo que el efecto final después de la inversión, fué el de incorporar la zona de apareamiento al brazo menor del cromosoma Y, aumentando levemente el volúmen de este brazo, tal como se observa en las metafases goniales y en las anafases II.

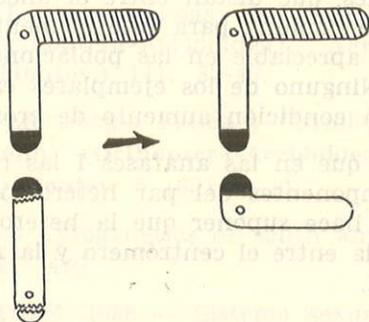


Fig 2 - Esquema del posible origen del mecanismo X — Y en *D. bergi*.

El trozo incorporado al minúsculo brazo del cromosoma Y lleva la zona de apareamiento, y lo reducido de su volúmen sugiere que la inversión se produjo cuando el sistema estaba ya en su etapa final de desarrollo.

Es lógico pensar que a medida que se reduce el área de intercambio, aumenta la posibilidad de que el apareamiento no se produzca, al debilitarse la fuerza de atracción en el zi-

goténico. Hemos encontrado en efecto varias profases en que evidentemente el cromosoma Y y el brazo homólogo del X no habían entrado en contacto, manteniéndose aveces en zonas distantes del núcleo. Esa falta de apareamiento fué observada inclusive en una metafase I (lám. I, D). Si bien no se efectuaron determinaciones numéricas, estimamos el porcentaje de fallas en el orden del 1%. Esto significa que el mecanismo cromosómico de determinación sexual en *D. bergi* no tiene un funcionamiento perfecto, pues cabe la posibilidad de que se produzcan gametas masculinas de constitución XY y O, y por lo tanto individuos de tipo XXY y XO, anormales desde el punto de vista sexual y que serán tal vez encontrados (si no son letales), al analizar muestras numerosas de poblaciones de esta especie.

El par heteromórfico hallado en ejemplares procedentes de Indaiatuba y Sierra de Mantiqueira, probablemente ha tenido su origen en un aumento de cromatina en el componente mayor y no en una pérdida en el menor, que teóricamente sería letal en forma homocigota. La idéntica morfología del cromosoma con aumento de cromatina en los ejemplares de las dos localidades, que distan entre sí unos 200 quilómetros, sugiere un origen común para este elemento y por lo tanto una penetración apreciable en las poblaciones de *D. bergi* de estas latitudes. Ninguno de los ejemplares estudiados era homocigota para la condición aumento de cromatina.

El hecho de que en las anafases I las respectivas cromátidas de los componentes del par heteromórfico tengan la misma longitud, hace suponer que la heterocromatina adicional está ubicada entre el centrómero y la zona de intercambio que es distal.

RESUMEN

El número y conformación cromosómicas de ejemplares de *Dichroplus bergi* procedentes de los Estados de San Pablo, Rio de Janeiro y Minas Gerais (Brasil), son los mismos que los hallados por SAEZ (1956) y MESA (1956) en ejemplares de Uruguay, demostrándose así la constancia de la constitución cromosómica de la especie a través de una amplia distribución geográfica.

Los autosomas suman diez pares de cromosomas acrocéntricos y el mecanismo cromosómico de determinación sexual

es de tipo neo X—neo Y. El cromosoma Y se dispone en la metafase I paralelo al plano ecuatorial y en ángulo recto con su homólogo (autosoma fusionado al X). Para explicar este inusual comportamiento, suponemos que ha ocurrido una inversión pericéntrica en el cromosoma Y, cuyo efecto final fué el de limitar la zona de apareamiento al brazo menor del cromosoma Y, aumentando levemente el volumen de este brazo. La inversión debió producirse en un periodo muy avanzado de evolución del mecanismo neo X—neo Y.

En dos ejemplares, uno procedente da Indaiatuba (San Pablo) y el otro de las Sierras de Mantiqueira (Minas Gerais), se encontró que el décimo par de autosomas es heteromórfico, probablemente por aumento de cromatina en uno de sus componentes, y que la distribución de estos cromosomas con respecto a los cromosomas X e Y en la anafase I, se realiza al azar.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- MESA, A., 1956 — Los cromosomas de algunos Acridoideos Uruguayos (Orthoptera-Acridoidea). *Agros (Rev. Asoc. Estud. Agron. Montev.)* 141: 32-45.
- MESA, A., 1961 — Morfología Fállica y Cariología de *Neuque-
nina fictor* (Rehn) (Orthoptera-Acridoidea). *Com. Zool.
Mus. Hist. Nat. Montev.* 5 (89): 1-11.
- SAEZ, F. A., 1956 — Cytogenetics of south american Orthop-
tera. *Nature* 177: 490.
- SAEZ, F. A. & A. DIAZ, 1958 — Sistema sexual Neo X—Neo
Y en *Xyleus laevipes* (Orthoptera: Romaleinae). *Arch.
Soc. Biol. Montev.* 23: 13-27.
- WHITE, M. J. D., 1940 — The origin and evolution of multi-
ple sex-chromosome mechanism. *J. Genet.* 40: 303-336.
- WHITE, M. J. D., 1941 — The evolution of the sex chromoso-
mes. II. The X-chromosome in the *Tettigonidae* and *Acri-
didae* and the principle of "Evolutionary Isolation" of the
X. *J. Genet.* 42 (1-2): 173--190.
- WHITE, M. J. D., 1956 — *Animal cytology and evolution*, cap.
XV y XVI, Cambrid. Univ. Press, 2a. ed.

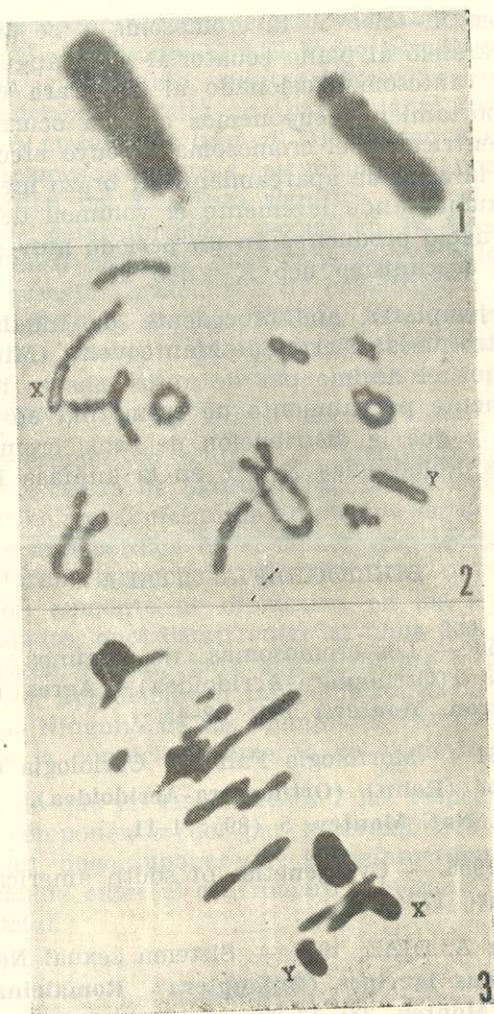
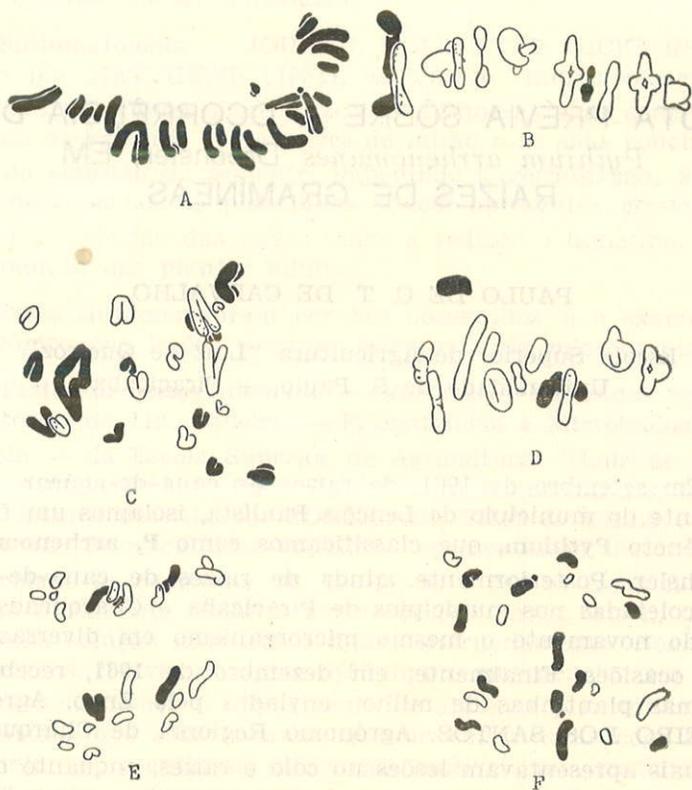


Foto 1 - *D. bergi*. Autosoma (izquierda) y cromosoma Y (derecha) en metafase gonial, mostrando el mayor volumen del brazo menor del cromosoma sexual.

Foto 2 - *D. bergi*. Diploténico con cromosomas X e Y sin aparearse.

Foto 3 - *D. bergi*. Metafase I del ejemplar de Indaiatuba, con el décimo par de cromosomas heteromórfico (segundo a la izquierda).



Lam. I. Cromosomas de *D. bergi*: A y B, metafase gonial y metafase I del ejemplar de Indaiatuba, con el par de cromosomas menores heteromórficos; C, anafase I; D, metafase I con ausencia de apareamiento entre el X y el Y; E y F, anafases II con X e Y respectivamente.