

LA DISTRIBUCION  
DE  
LOS PIGMENTOS ANTOCIANICOS EN EL ARROZ  
Y SU COMPORTAMIENTO HEREDITARIO <sup>1</sup>

(CON 7 FIGURAS, MÁS 1 LÁMINA EN COLORES FUERA DE TEXTO)

POR JUAN JACINTO BURGOS

---

I. INTRODUCCIÓN

La necesidad de este trabajo se nos impuso cuando estuvo a nuestro cargo, en parte, el estudio y la separación de fenotipos disgregantes en las generaciones F 2 y F 3 de 6 híbridos de arroz (*Oryza sativa* L.), obtenidos en el Gabinete de Cerealicultura de la Facultad de Agronomía de La Plata, para la selección de formas comerciales.

En esa oportunidad se nos presentó el problema de distinguir varias formas de distribución del pigmento antociánico y como los trabajos que pudimos consultar en sus originales, tratan el tema en forma parcial y sólo desde el punto de vista que cada uno persigue, creímos conveniente reunir en un trabajo las distintas formas de distribución del pigmento antociánico, tanto en los órganos como en los tejidos, sobre todo para facilitar estudios posteriores sobre la herencia de los mismos.

Ahora bien, tratándose de un carácter muy sensible a las condiciones del ambiente y en especial a la insolación y temperatura de vera-

<sup>1</sup> Trabajo de tesis presentado por el autor a la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata, para optar al título de Ingeniero agrónomo. La Comisión examinadora, con fecha 15 de abril de 1940, aconsejó su publicación por cuenta de la Facultad, lo que fué resuelto afirmativamente por el H. Consejo Académico en la sesión del 26 de mayo del mismo año. El texto original, depositado en la Biblioteca de la Facultad, está ilustrado con mayor número de láminas en colores.

no, no deseamos atribuirle más alcance geográfico que el de la localidad en la cual se ha efectuado el trabajo.

Hemos incluido, además, una recopilación bibliográfica sobre la herencia de este carácter, que creemos de interés divulgar en nuestro medio. Para ello transcribimos la parte que Matsuura (17) dedica al mismo, agregando algunos trabajos aparecidos últimamente.

Debo expresar mi agradecimiento al ingeniero agrónomo Julio Hirschhorn, jefe del Gabinete de Cerealicultura de la Facultad de Agronomía de La Plata, en cuya sede oficial se realizó el presente trabajo y quien nos facilitó la numerosa colección de arroces que hemos estudiado. Asimismo, agradezco al ingeniero agrónomo Salomón Horovitz, que nos facilitó bibliografía sobre el tema, y al ingeniero agrónomo Néstor R. Ledesma que colaboró en las observaciones de campo.

## II. ANTECEDENTES

La importancia de la pigmentación antociánica en el arroz como carácter taxonómico de diferenciación sistemática, se pone de relieve, desde que se incluye como tal en distintos trabajos sobre clasificación sistemática. Así Roschevics (30) incluye el color antociánico de los estigmas púrpura oscuro, púrpura negruzco y púrpura parduzco, como carácter diferencial en la clasificación sistemática de las especies del género *Oryza*. Hector (7), en un plan de clasificación botánica y agrícola de arroces en Bengala incluye como carácter diferencial de variedades la presencia y distribución de pigmentos en los distintos órganos de la planta verde. Gustchin (3), en la clasificación de subespecies de *Oryza sativa* L. y variedades botánicas, establece el color de las glumelas y aristas como un carácter botánico de diferenciación. Por último agregaremos que Piacco (26), en una clasificación botánica de arroces cultivados, introduce como carácter taxonómico el color de ápice y gluma, agregando para los cultivados en Italia la pigmentación de los órganos vegetativos.

Numerosos son los estudios efectuados sobre el comportamiento hereditario, de los factores que provocan la aparición de los pigmentos y su relación con otros, pero ellos son objeto de una recopilación especial que figura más adelante.

El material bibliográfico que, sobre distribución organográfica e histológica de antocianinas en arroz, ha estado a nuestra disposición, es escaso y fragmentado. Aparte del trabajo de Jones (8) que se ocupa

especialmente de distribución organográfica, hemos contado con los trabajos sobre genética que siempre traen alguna referencia de la distribución de pigmentos en órganos y tejidos.

### III. MATERIAL Y MÉTODO

El material utilizado para estudiar la distribución organográfica e histológica de estos pigmentos fué la colección de arroces que posee el Gabinete de Cerealicultura de la Facultad de Agronomía de La Plata, y cuyos componentes se enumeran en la clasificación respectiva.

Las observaciones se iniciaron en el año 1938/39 y se completaron en el año 1939-40.

En el invierno de 1939 se hicieron las germinaciones de las variedades que resultaron pigmentadas en algún órgano en 1938/39, para investigar la coloración de los órganos de la plántula. Esta operación se hizo bajo invernáculo y en germinadores comunes de latón.

La distribución histológica no se ha analizado en cada una de las variedades, sino que se ha limitado a las diferentes apariencias externas del pigmento. La técnica histológica seguida es la que recomienda Scala (33) para estos casos.

Usamos para designar a los distintos órganos la nomenclatura que establece Parodi (25) en la última edición de su obra *Gramíneas bonarienses*.

Para referirnos en general, a los colores de los pigmentos antociánicos, los dividimos en dos grupos principales que encierran cada uno matices semejantes:

- 1° Grupo de colores rojos (rojo intenso a rosado débil).
- 2° Grupo de colores púrpuras (púrpura rojizo a violeta negruzco).

### IV. DISTRIBUCIÓN ORGANOGRAFICA E HISTOLÓGICA

#### A. *Pigmentación de los distintos órganos vegetativos*

*Lámina foliar.* — a) *Aspecto externo*: La lámina foliar es frecuentemente verde en matices variados, pero a veces el color verde se halla enmascarado por una pigmentación invariablemente púrpura o púrpura oscuro. Más frecuente e intenso es este color en la cara interna de las láminas adultas, mientras que en las jóvenes ocurre también en la

externa. Se distinguen dos aspectos externos en la distribución de este color en la lámina: el púrpura homogéneo y el púrpura estriado (Nagai (20), Jones (9), etc.).

En nuestra colección, hemos encontrado variedades con la lámina foliar muy pigmentada, donde el color púrpura se concentra sobre sus bordes y base, hasta cubrir completamente el verde, mientras que hacia la nervadura central, se diluye en salpicaduras cada vez más escasas. Este tipo sería el púrpura homogéneo de otros autores, que se presenta generalmente en las variedades muy pigmentadas (Ej.: «*Vialone nero*»).

Otro tipo de coloración púrpura oscuro, hallado en nuestras variedades, ocurre cuando el color se localiza en una línea estrecha, sobre los bordes mismos de la lámina y algunas veces menos frecuentes, en finos filetes sobre la nervadura central y otras nervaduras menores. Este tipo correspondería probablemente al púrpura estriado de otros autores y se presenta en variedades pigmentadas más débilmente.

b) *Localización histológica*<sup>1</sup>: Los cortes histológicos transversales, hechos en láminas pigmentadas, han mostrado que el pigmento antocianico se halla disuelto en el interior de las células epidérmicas, de la cara interna o rugosa de la lámina, en láminas adultas. En láminas jóvenes, el pigmento puede estar presente aún en la cara externa, pero siempre en células epidérmicas. Se ha podido constatar además, que el pigmento se localiza especialmente en las células motoras, y en las que se encuentran directamente sobre el mesófilo, rodeando los estomas, faltando en las células epidérmicas que se ubican sobre el

<sup>1</sup> Una particularidad histológica observada muy frecuentemente en los cortes transversales de lámina y que representamos en la figura 1, 1 con un rayado discontinuo en el interior de las células, ha sido la existencia, en el interior del mesófilo, de una hilera de células que comunica directamente los haces fibrovasculares con las bases de las células motoras. Estas células se destacan de las demás del mesófilo porque al contener pocos cloroplastidos forman una zona clara que contrasta con las células restantes. El papel fisiológico de estas células en el interior del mesófilo podría ser el de comunicar rápidamente la falta de agua a las células motrices para que éstas procedan a cerrar la lámina evitando la transpiración, lo que por otra parte demostraría la gran adaptación de la planta al medio acuático en que vive. Como no nos ha sido posible obtener microfotografías de este detalle nos remitimos a las publicadas por Kondo y otros (14) en las cuales se puede apreciar con bastante claridad lo referido (tafel XX, n° 2). En otras gramíneas acuáticas examinadas no hemos encontrado esta particularidad, pero en cambio, en ellas, la adaptación al medio se revela por un mayor número de haces fibrovasculares en relación a la cantidad de parénquima clorofiliano que irrigan.

estereoma de los haces fibrovasculares, entre las cuales no existen estomas. En células epidérmicas transformadas en pelos, pero que reúnan las condiciones citadas de ubicación, también es frecuente la

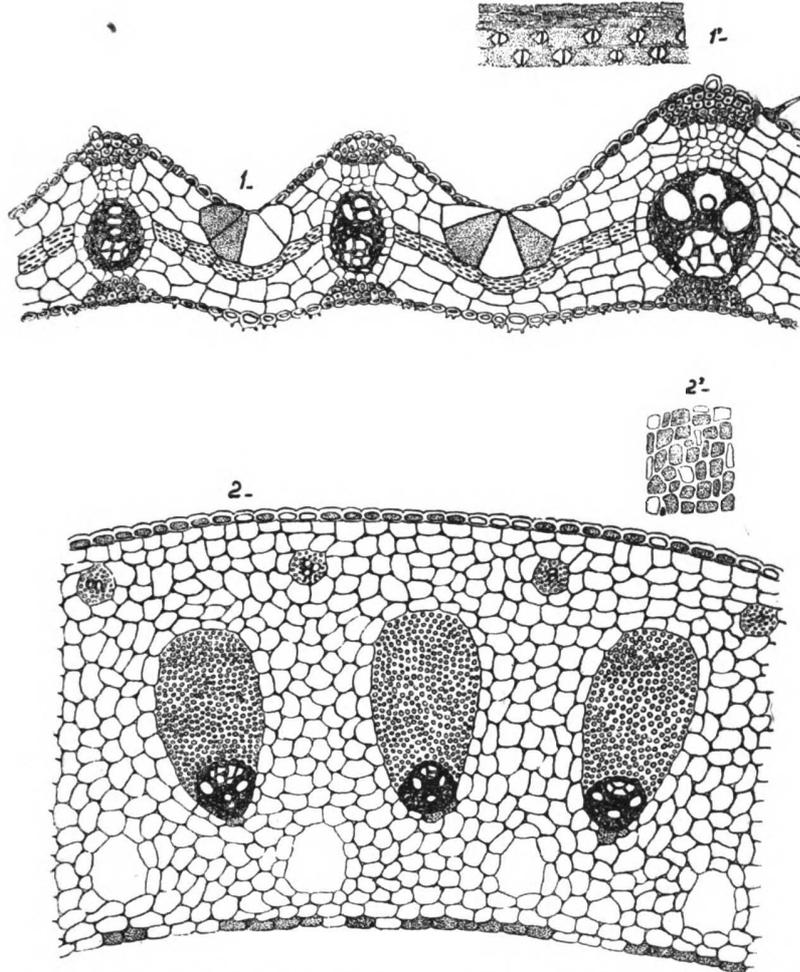


Fig. 1. — 1 y 1', cortes transversal y longitudinal (epidermis) de lámina foliar ; 2 y 2', cortes transversal y longitudinal (epidermis) de nudo. El punteado en el interior de las células en esta figura y en las siguientes representa el pigmento antocianico en solución. (Original).

presencia de antocianas. Sobre el particular ilustran la lámina I y figura 1, 1 y 1'.

*Vaina foliar.* — a) *Aspecto externo* : La vaina foliar, según distintos autores, puede hallarse pigmentada en su cara externa, en varias

intensidades y en forma homogénea o estriada (Hector (6), Jones (9) etc.). En cuanto a la cara interna son pocos los autores que la dan como pigmentada. Hector (6) afirma que en la epidermis de la cara interna se localizan antocianas, pero no estudia su comportamiento hereditario ni lo considera en su clasificación de variedades. Parnell y otros (23) en cambio, incluyen este carácter en un estudio genético.

Nosotros distinguimos las siguientes formas de distribución de las antocianas en vaina:

1ª Cara externa con antocianas en epidermis. Este tipo de distribución que ocurre principalmente en las vainas jóvenes y en las basales de las plantas adultas se caracteriza porque sobre un fondo antocianico poco lustroso, se destacan finas estrias blancas (lám. I, 8).

2ª Cara externa con antocianas subepidérmicas en estrias. Este tipo es tal vez el más común, por lo menos así lo ha sido en nuestras variedades; ocurre principalmente en las vainas basales de las variedades poco pigmentadas y en las superiores de las fuertemente pigmentadas. Se caracteriza porque sobre un fondo verde lustroso se destacan estrias púrpuras de varias intensidades (lám. I, 6).

3ª Cara externa con antociana subepidérmica continua. Este tipo de distribución ha sido entre nuestras variedades el menos común; se caracteriza porque en la base de la vaina cerca del nudo, el pigmento es continuo y la superficie que lo trasparenta, lustrosa, aunque hacia la lámina el color se disgrega en estrias (lám. I, 6').

4ª Cara interna con antocianas. La vaina frecuentemente ostenta antocianas en la cara interna en forma independiente de la pigmentación de la cara externa. La distribución en esta cara es siempre la misma, diferenciándose solamente en matiz e intensidad (lám. I, 9).

b) *Localización histológica*: 1º Cara externa con antocianas en epidermis. Los cortes transversales efectuados en vainas que presentaban este tipo de color han mostrado invariablemente que el pigmento se halla disuelto en las células epidérmicas, ubicadas directamente sobre el parénquima de la vaina, cuyas células frecuentemente contienen cloroplastos. Las células epidérmicas ubicadas sobre el estroma de los haces fibrovasculares no contienen antocianas, lo cual produce las estrias incoloras a que nos referimos en el aspecto externo de este tipo de distribución (fig. 2, 2). Los cortes longitudinales muestran que las células epidérmicas con antocianas son alargadas de paredes mediante espesas y algo rugosas y de vez en cuando se observan estomas (fig. 2, 2').

2º Cara externa con antocianas subepidérmicas en estrias. En los

cortes transversales de vainas con este tipo de coloración se observa que la estria se produce por transparencia de las vainas parenquimáticas de los haces fibrovasculares, cuyas células contienen antocianinas

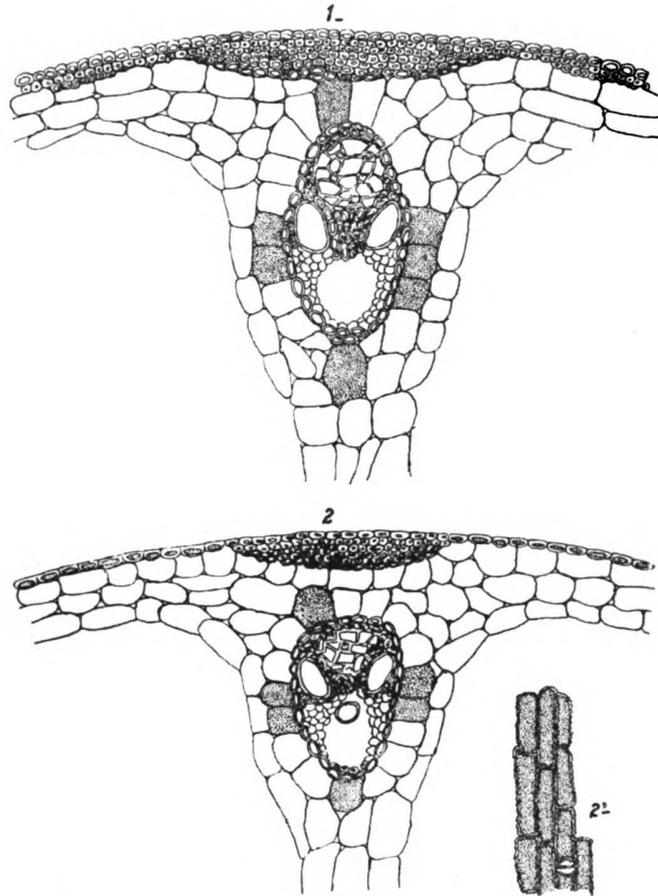


Fig. 2. — 1, corte transversal de la porción externa de la vaina con antocianinas en estrias; 2 y 2', corte transversal y longitudinal (epidermis) de la porción externa de la vaina con antocianinas en epidermis. (Original).

en solución (fig. 2, 1). Este tipo de color puede estar asociado al anterior, como ocurre en algunas vainas de « Vialone », siempre que la epidermis esté ubicada directamente sobre tejido parenquimático. Cuando la epidermis descansa sobre un hipoderma esclerenquimático (fig. 2, 1), como ocurre en las vainas superiores y adultas, no contiene antocianinas.

3° Cara externa con antociana subepidérmica continua. Los cortes transversales en las vainas que presentaban este tipo de color, han mostrado que los pigmentos se hallan disueltos en las células de las vainas parenquimáticas y también en las primeras células parenquimáticas debajo del hipoderma, formando una cortina ininterrumpida antociánica que, al transparentarse al exterior, produce el color homogéneo lustroso a que nos referimos anteriormente. Este color es más intenso en los tejidos próximos al nudo, pero hacia la lámina se dispone en estriás.

4° Cara interna con antocianas. Los cortes transversales en vainas con antocianas en la cara interna, muestran que el pigmento está localizado en las células epidérmicas. Cerca del nudo la coloración es continua, pero cuando se aleja, las células epidérmicas ubicadas sobre el pequeño esteoroma de refuerzo disminuyen de diámetro y son incoloras, produciendo esto las estriás que frecuentemente se observan cuando la pigmentación disminuye de intensidad hacia la lámina (fig. 3, 1, 1' y 2).

c) *Variaciones ecológicas*: En la pigmentación de este órgano es muy notable la influencia de la radiación solar. Las vainas expuestas directamente al sol en todos los tipos considerados, incluso en la cara interna, son más fuertes y nítidamente pigmentadas que las que no están en esa situación. Esta variación en el color provocada por la radiación solar, es mayor y más notable en las variedades débilmente pigmentadas. Las vainas débilmente estriadas de matices rojos pierden generalmente el pigmento al aproximarse la madurez, cuando aún la planta está verde.

*Pulvinus aurículas*. — Estos dos distintos órganos han sido considerados por muchos autores como uno solo, cuando tratan su pigmentación antociánica, sobre todo en trabajos de índole genética (Mitra (19), Hector (6) etc.) y Jones (8) en uno sobre distribución de pigmentos antociánicos así lo considera. Héctor (6), sin embargo, en su clasificación de variedades incluye alguna en la que el pulvinus es incoloro y la aurícula pigmentada.

En el examen organográfico de nuestras variedades, el color, cuando ha estado presente, lo ha sido a la vez para ambos órganos y en forma idéntica su ausencia, salvo en el caso de algunas variedades sin aurículas.

a) *Aspecto externo*: El pulvinus es el órgano en que ocurre el cambio de estructura histológica, entre la lámina y vaina foliares, a la vez que actúa como soporte de la lámina. Las aurículas son pronon-

gaciones vasculares del pulvinus, que más o menos largas y pilosas, según las variedades, abrazan el tallo. La pigmentación de estos órganos es generalmente de matices púrpuras oscuros y de forma continua u homogénea (lám. I, 3 y 4).

b) *Localización histológica*: En cortes transversales de pulvinus, equidistantes de sus límites con la vaina y lámina foliares se observa

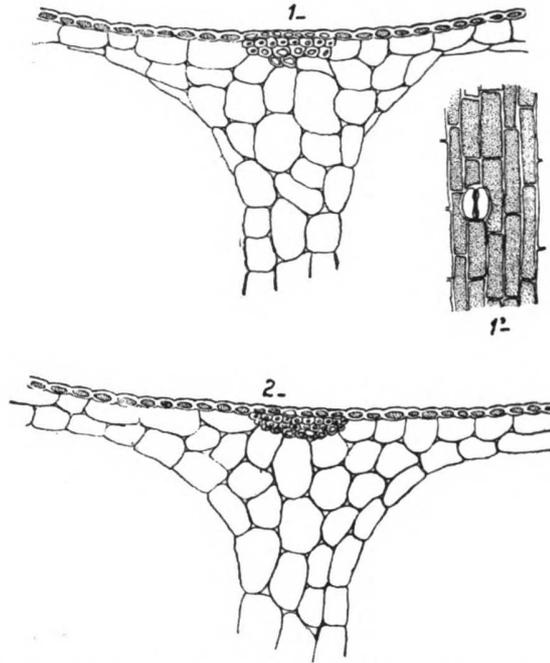


Fig. 3. — 1 y 1', cortes transversal y longitudinal (epidermis) de la porción interna de la vaina con antocianas, cerca de la lámina; 2, corte transversal del mismo órgano cerca delnudo. (Original).

que el pigmento se localiza principalmente en las células epidérmicas y en variedades muy pigmentadas como « Vialone nero » puede estar presente aún en células parenquimáticas adheridas a la epidermis (fig. 4, 1). En cortes transversales cercanos a la vaina, de variedades con ese órgano estriado, se pueden observar antocianas en algunas células parenquimáticas adheridas a los haces fibrovasculares, que sin duda son restos de la localización del pigmento en la vaina. En cortes más centrales tal localización desaparece.

En cortes longitudinales de la epidermis en este órgano se observan células poligonales irregulares de diámetros distintos y paredes

medianamente espesas, generalmente muy pigmentadas (fig. 4, 1').

Los cortes transversales de aurículas coloreadas, han mostrado que el pigmento se localiza en la epidermis solamente, pudiendo hallarse también, en el interior de los pelos unicelulares, que son células epidérmicas transformadas (fig. 4, 2).

En cortes longitudinales se observa que las células pigmentadas, son alargadas, irregulares y de paredes delgadas (fig. 4, 2').

c) *Variaciones ecológicas*: Como este órgano actúa de soporte y su epidermis pigmentada no tiene refuerzos esclerenquimáticos ocurre que por el mismo movimiento casi continuo de la lámina sus células pierden el contenido y el órgano la coloración. Por esta causa, es en el período herbáceo hasta la floración, cuando más claramente se aprecian aquí los pigmentos antociánicos.

*Lígula*. — Este órgano, que es una prolongación membranosa vascular de la vaina, se halla a veces pigmentado (Mitra (19), Jones (8), etc.).

a) *Aspecto externo*: En nuestra colección hemos observado dos tipos de coloración en este órgano: 1° formando finas estrías púrpura oscuras que alternan con otras claras sin pigmentación, y 2° formando una coloración uniforme sin interrupción, que llamamos púrpura continuo. El primer tipo ha sido más común que el segundo, llegando en algunas variedades a ser casi imperceptible. El segundo ocurre solamente en variedades muy pigmentadas (lám. I, 5).

b) *Localización histológica*: Los cortes transversales en lígula estriada púrpura, mostraron que el pigmento en este órgano está localizado en la epidermis de la cara externa del mismo, en el espacio comprendido entre dos haces fibrovasculares, lo cual produce la apariencia de las estrías coloreadas e incoloras alternas que describimos anteriormente. En cortes longitudinales de epidermis las células pigmentadas son alargadas, irregulares y de paredes medianamente espesas. Los haces fibrovasculares están en este órgano adheridos a la epidermis. El segundo tipo de coloración no fué estudiado histológicamente por falta de material en su oportunidad, pero probablemente en él exista pigmento antociánico en todas las células epidérmicas sin interrupción. Para el caso ver la figura 4, 3 y 3'.

c) *Variaciones ecológicas*: Siendo este órgano de una estructura histológica tan simple, por la acción del tiempo se deseca en las hojas adultas, poco tiempo después de la floración, perdiendo el color antociánico.

*Nudo*. — a) *Aspecto externo*: La pigmentación de este órgano, una

de las más típicas en el arroz, fué en nuestras variedades, invariablemente de matices púrpuras oscuros hasta negruzco y uniforme. El nudo, que no es sino una transformación de estructura histológica de la vaina para insertarse en el tallo, puede estar coloreado en su cara interna siempre que esté pigmentada también la cara interna de la vaina. Cuando el nudo no está pigmentado, el color antociánico de la

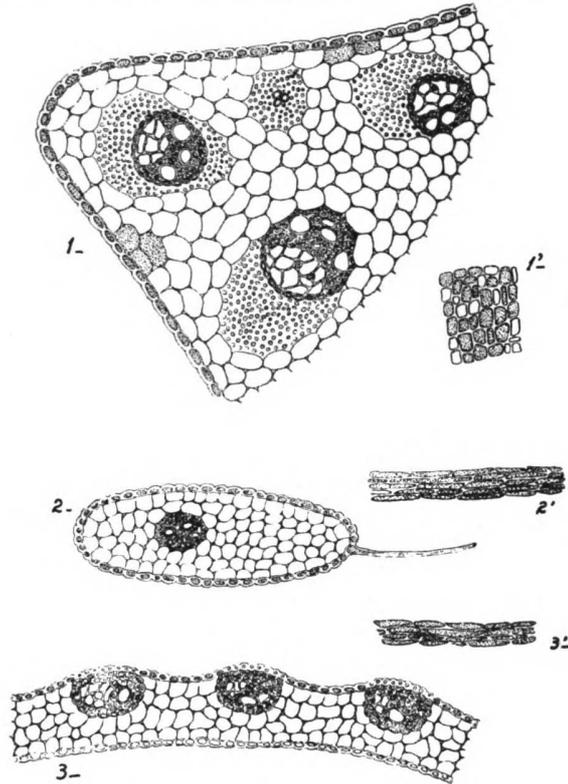


Fig. 4. — 1 y 1', cortes transversal y longitudinal (epidermis) de pulvinus con antocianinas ; 2 y 2', id. de aurícula ; 3 y 3', id. de ligula. (Original).

cara interna de la vaina se detiene justo al límite del cambio de estructura (lám. I, 7 y 7').

*b) Localización histológica:* Los cortes transversales de nudos muestran que el pigmento se localiza en las células epidérmicas de las caras interna y externa independientemente según las variedades. En cortes cercanos al nacimiento de la vaina, cuando ésta es estriada,

se observan con antocianinas algunas células parenquimáticas adjuntas a los haces fibrovasculares.

Los cortes longitudinales de epidermis en este órgano, muestran que las células pigmentadas son irregulares, pequeñas, de paredes medianamente espesas y semejantes a las correspondientes del pulvinus (fig. 1, 2 y 2').

c) *Variaciones ecológicas*: El color antociánico del nudo es muy sensible a la influencia de la radiación solar, siendo frecuente observar, sobre todo en variedades poco pigmentadas, que la porción del nudo cubierta por la vaina es completamente incolora y la expuesta al sol muy pigmentada. Aunque el nudo no sufre continuos movimientos como el pulvinus, sus células epidérmicas tienden también a perder la pigmentación con la madurez y desecarse, pero siempre conservan algo de color.

*Internodio*. — La coloración antociánica de este órgano según distintos autores puede ser púrpura o rojiza en varias intensidades y continua o en estrias en cuanto a forma de distribución.

a) *Aspecto externo*: En nuestra colección el púrpura continuo no ha sido hallado, pero sí el rojo continuo en la parte del internodio cercana al nudo, aunque cuando se aleja de ella el color se disgrega en estrias. El estriado púrpura y rojo ha sido en cambio lo más común en nuestras variedades.

b) *Localización histológica*: Los cortes transversales obtenidos de internodios estriados han mostrado que el pigmento antociánico se localiza en este órgano, en las células que componen las vainas parenquimáticas de los haces fibrovasculares, lo cual corrobora lo afirmado por otros autores. (Mitra (19), Hector (5-6), etc.).

En los cortes transversales de regiones del internodio donde el color era rojo homogéneo, se constató que las antocianinas estaban localizadas en las vainas parenquimáticas de los haces y además, en una hilera continua de células del parénquima, inmediatamente debajo del hipoderma esclerenquimático.

En cortes cercanos al nudo, que es donde más intenso y continuo se observa el color, pudimos comprobar antocianinas en todo el parénquima entre el hipoderma que empieza a formarse y los grandes estereomas que acompañan a los haces desde el nudo. Estos estereomas disminuyen de tamaño a medida que el hipoderma crece y desaparecen al penetrar en el internodio a corta distancia del nudo.

El examen histológico de la variedad « Vialone nero » que Jones (9) utiliza en sus cruzamientos y a la que atribuye internodios púr-

pura, nos mostró que tiene antocianinas en ese órgano, solamente en las vainas parenquimáticas de los haces, pero casi en la totalidad de sus células y de un tinte violáceo negruzco que transparenta una fuerte coloración violácea oscura, pero no por eso pierde su característica de estriado (fig. 5).

En ningún caso nos fué posible observar la presencia de antocianinas en la epidermis externa e interna de este órgano que es referida por otros autores (Mitra (19), Hector (6-5), etc.).

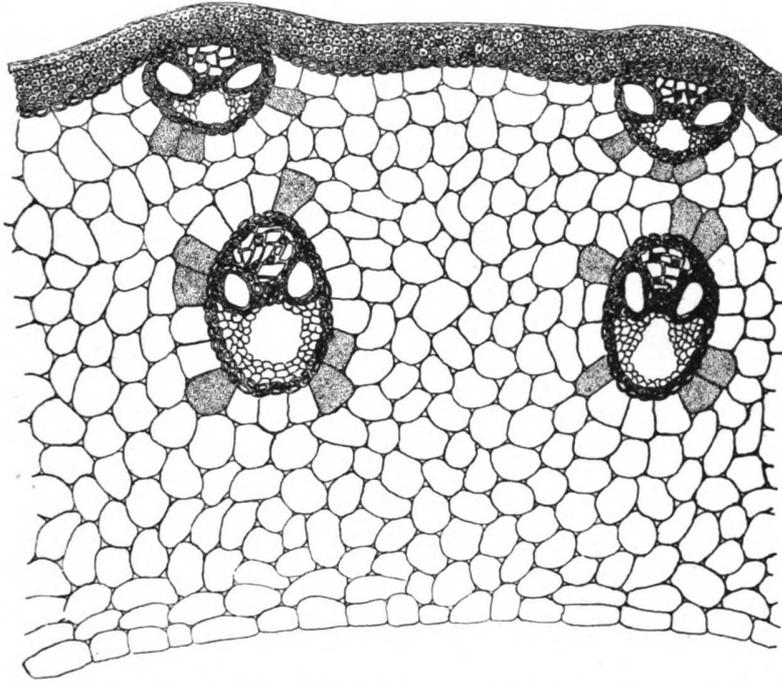


Fig. 5. — Corte transversal de internodio con antocianinas en estrias. (Original)

e) *Variaciones ecológicas*: La coloración en este órgano está muy influenciada por la radiación solar, sobre todo en las variaciones donde la coloración es débil. Es fácil observar en ellas estrias separadas que tienen solamente la longitud del espacio libre, que deja la vaina al abrazar al internodio.

La pigmentación de este órgano, lo mismo que la de la vaina, se intensifica en los internodios basales y presenta, según las variedades, una variación muy amplia en matices e intensidades. Las variedades de pigmentación rojiza y débil como « Japonesito de 3 meses »

y «Capicinho» pierden la estria poco después de la maduración lechosa del grano.

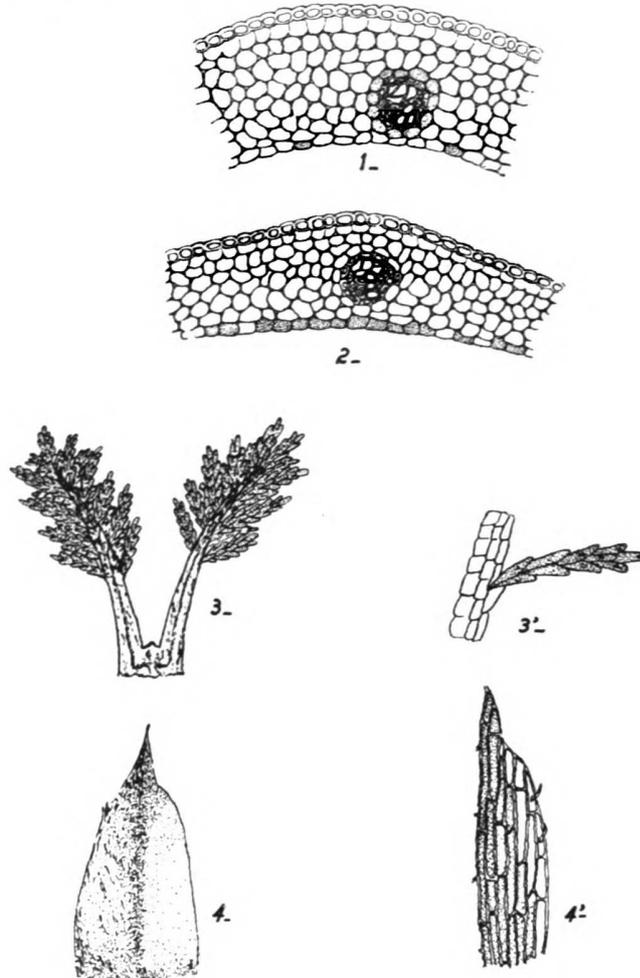


Fig. 6. — 1, corte transversal de coleoptile con antocianinas en estrias ; 2, id. con antociana continua ; 3 y 3', estigmas y detalle de un pelo estigmal con antocianinas ; 4 y 4', escama floral con antocianinas y detalle de su epidermis externa. (Original).

*Coleoptile.* — En la bibliografía consultada para la realización de este trabajo, no hemos hallado referencias sobre la observación de pigmentos en este órgano de la plántula. Sin embargo, en conocimiento de que en otros cereales ello ocurre con cierta frecuencia, dispusimos

ampliar nuestras observaciones a este órgano, pero lo hicimos por razones de tiempo y comodidad, solamente en aquellas variedades que tenían algún otro órgano vegetativo o floral pigmentado.

El hecho de que las germinaciones se realizaran en invierno y de que los germinadores se taparan antes de la puesta del sol y se destaparan algún tiempo después de su salida, para evitar los deterioros nocturnos que las hormigas u otros animales podían provocar, y dada la gran influencia que tiene la radiación solar en el desarrollo de los pigmentos, pierden valor las observaciones para tipificar variedades en ese carácter; pero, no obstante, podemos adelantar la forma de la pigmentación en las variedades, que en tales condiciones mostraron antocianas en el coleoptile.

a) *Aspecto externo*: Este órgano, generalmente blanquecino, presenta en algunas variedades pigmentación antociánica. La forma de esta coloración puede ser, según los casos, homogénea o en dos estrías una a cada lado del coleoptile. Nunca en nuestras variedades y con el método de examen expuesto, se mostró franca e intensamente pigmentada, sino en tonos débiles púrpuras y rosados.

b) *Localización histológica*: En cortes transversales de coleoptile estriado, se observó que las antocianas se localizan en las células de las vainas parenquimáticas que rodean a los haces fibrovasculares. Cuando el coleoptile tiene coloración uniforme, las antocianas se encuentran en las células epidérmicas de su cara interna con pocas o sin interrupciones. No comprobamos en ningún caso presencia de antocianas en epidermis de la cara externa; por esta causa consideramos que la pigmentación se observa en tintes pálidos ( lám. I, 15 y 16 y fig. 6, 1 y 2).

En los coleoptiles estriados es frecuente observar pigmentada alguna célula de la epidermis de su cara interna (fig. 6, 1).

*Raíz*. — Kadam (11), cita, en variedades de arroz de Burna, raíces con pigmentos antociánicos. Las variedades que fueron observadas en coleoptile, mostraron sus raíces primarias a la luz sin antocianas.

#### B. *Pigmentación de los órganos florales*

*Arista*. — a) *Aspecto externo*: La pigmentación antociánica en este órgano es siempre homogénea y de variados matices rojos y púrpuras ( lám I, 12).

b) *Localización histológica*: En este órgano que es una prolongación vascular de la lemma, las antocianas se depositan en las células epi-

dérmicas y en el interior de las que forman el estereoma que inmediatamente debajo de la epidermis rodea al parénquima. Los pelos unicelulares de la epidermis también contienen pigmentos (fig. 7, 2 y 2').

c) *Variaciones ecológicas*: Las aristas coloreadas de rojo son generalmente más sensibles al sol. En muchas variedades con pigmentación de este tipo, las aristas, cuando emergen de la vaina, son blancas

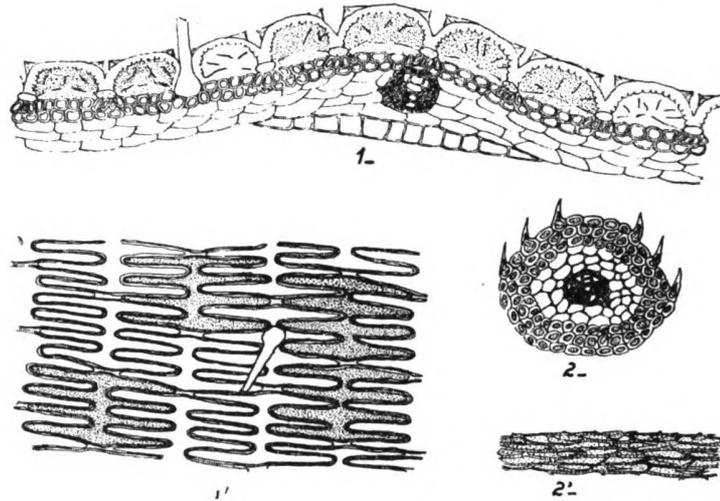


Fig. 7. — 1 y 1', cortes transversal y longitudinal (epidermis) de glumela con antocianinas 2 y 2', cortes transversal y longitudinal (epidermis) de arista con antocianinas. (Original)

e incoloras para comenzar a tomar el color una vez están fuera de ellas. Esto también ha sido observado por Nagai (20) y repetido por Jones (8). Las aristas púrpuras son menos sensibles a esta acción y generalmente están pigmentadas al emerger.

Las aristas coloreadas de púrpura intenso a la madurez del grano generalmente quedan de ese color, pero las de matices claros viran a colores parduzcos.

*Apículas y ápices*. — La distinción que Jones (8) establece entre coloración de apícula y ápice nos parece acertada, desde que su comportamiento puede ser diferente.

Se entiende por apículas pigmentadas cuando el color afecta solamente la corta prolongación que forman los haces fibrovasculares al fusionarse en la extremidad libre de las glumelas y ápices pigmentados cuando a más de las apículas se halla coloreado el tejido de las glumelas inmediato a ellas. Ambos apículas y ápice pueden estar colorea-

dos en tintes púrpuras oscuros y rojos. Los matices oscuros frecuentemente se conservan después de la madurez del grano y los rojos viran a tonos parduscos o desaparecen.

La distribución histológica del pigmento antociánico en las apículas es semejante a la de la arista, y en el ápice a la de las glumelas que detallaremos a continuación.

*Glumela.* — a) *Aspecto externo* : Los pigmentos antociánicos se distribuyen en las glumelas en forma continua (Sampietro (31), Kato (1), Hector (5), etc.) (Lám. I, 10') o bien formando listas sobre las nervaduras como ocurre en nuestro « Vialone nero » (Lám. I, 11'). La coloración antociánica continua no estuvo presente en las variedades examinadas.

b) *Localización histológica* : En los cortes transversales de glumelas pigmentadas hemos observado que las antocianinas se localizan en los « tubérculos » celulósicos que a Roschevics (29) sirven para fundar el grupo *Sativa* de su clasificación sistemática del género *Oryza* y que no son sino células epidérmicas muy transformadas. (Fig. 7, 1 y 1'). Los cortes longitudinales de la epidermis de este órgano muestran que los elementos que la forman, de membranas medianamente espesas, se hallan profundamente engranados entre sí de tal suerte que es difícil distinguir una célula de la siguiente. Es fácil distinguirlas, sin embargo, si las células, como ocurre en glumelas pigmentadas, contienen antocianinas, pues en esta forma, contrasta el color púrpura del jugo celular, con el blancuzco amarillento de la membrana que separa una célula de otra.

*Escamas florales.* — Las escamas florales, o antecios estériles de Parodi (25), que comúnmente se consideran como glumas, presentan con frecuencia pigmentos antociánicos, que en nuestras variedades los hemos distinguido en dos distribuciones: 1ª coloración en la punta solamente y que responde a una pigmentación débil y 2ª coloración en toda la escama correspondiente a una fuerte pigmentación.

Los exámenes histológicos de este órgano nos demuestran que el pigmento se localiza en las células epidérmicas del mismo, que son alargadas y de paredes delgadas (fig. 6, 4 y 4').

La pigmentación de las escamas florales está muy influida por la luz. Generalmente, cuando la panoja emerge de la vaina son incoloras, pero al poco tiempo empiezan a colorearse, coincidiendo el período de máxima coloración con la madurez lechosa del grano. Como este órgano es de una estructura histológica tan simple (tiene un solo haz fibrovascular sencillo) se deseca poco tiempo después de la madurez

pastosa del grano, perdiendo en tal forma la coloración. Cuando están fuertemente pigmentados viran al pardo oscuro al desecarse.

*Estigmas.* — Los estigmas presentan con frecuencia pigmentos antociánicos.

El pigmento se halla disuelto en el jugo celular de los elementos que forman los pelos pluricelulares del estigma. El color aumenta de intensidad hacia el extremo libre de los pelos (fig. 6, 3 y 3').

La pigmentación según la variedad se presenta en matices rojizos o violáceos.

Los primeros son muy sensibles a la luz coloreándose nítidamente una vez que las panojas han emergido de la vaina. Los violáceo-oscuros en cambio, son menos sensibles a ella y a veces se aprecian a simple vista por transparencia a través de las glumelas.

*Cariopse.* — El cariopse, en algunas variedades de arroz de tipo glutinoso de Burma, es de un color púrpura oscuro según Parnell y otros (24). Ramiah y otros (29) agregan que el pigmento se localiza en el pericarpio y sufre la acción del agua, ácidos y alcoholes por lo que probablemente sea antociánico. En nuestras variedades este tipo no se ha hallado.

### C. Consideraciones sobre el probable papel fisiológico de las antocianinas

Los distintos trabajos que tratan de explicar el papel fisiológico de las antocianinas en las plantas, aunque entre ellos no haya contradicción, pueden agruparse, según Onslow (22), en tres principales hipótesis:

1ª Que estos pigmentos protegen a los cloroplastidos de la excesiva insolación.

2ª Que ayuda la acción de las diastasas facilitando la hidrólisis del almidón y su subsiguiente traslocación al protegerlas de los rayos deletéreos.

3ª Que absorbiendo ciertos rayos luminosos y transformándolos en color ayudaría indirectamente a la planta, en la transpiración.

El papel fisiológico de las antocianinas en el arroz debe estar ligado a la elaboración y a la transpiración, si se tiene en cuenta la forma en que se distribuyen en los órganos y tejidos de la planta. Los pigmentos antociánicos se disponen en la epidermis y rodean a los estomas, en los órganos especializados en la elaboración y transpiración y que por lo tanto tienen cloroplastidos y abundantes estomas, como

en la lámina foliar, en vainas herbáceas y basales, etc.; en cambio, protegen al tejido de circulación en los órganos especializados en el sostén y donde un espeso hipoderma esclerenquimático separa a la epidermis de los tejidos internos, como ocurre en los internodios, y en las vainas superiores y adultas.

#### V. DISTRIBUCIÓN DE LOS PIGMENTOS ANTOCIÁNICOS EN LAS VARIEDADES OBSERVADAS

A continuación enumeramos las variedades observadas y sus caracteres de color, según los tipos de distribución organográfica descritos anteriormente.

Sobre el cultivo del año 1938/1939 se notó que algunas variedades no eran homogéneas en la distribución de los colores antociánicos, tal vez por tratarse de híbridos naturales en segregación o de mezclas ocasionales. Para fijar los fenotipos aparecidos en la clasificación de ese año, se procedió en el actual a sembrar los fenotipos obtenidos por separado. En el año presente se observa que, mientras unos parecen ya fijados, otros, en cambio, continúan segregando.

A) *Variedades sin pigmentación* : En la colección de arroces estudiados, 80 variedades que omitimos enumerar por razones de espacio, no mostraron pigmentación antociánica en sus órganos vegetativos ni florales. En estas variedades no fueron observados los órganos de la plántula.

B) *Variedades con órganos pigmentados* : Las variedades que resultaron con órganos pigmentados son las que enumeramos a continuación y para las cuales se adelantan algunos tipos de coloración según el diccionario de colores de Maerz (16):

1. « Vialone nero ». Procedencia : Von Bartos, Hudson F.C.S. Lámina foliar : púrpura negruzco, continuo. Se intensifica en las márgenes y bases. Vaina : basales, epidermis interna y externa púrpura oscuro; superiores, estriadas al exterior y en el interior homogénea púrpura intenso. Pulvinus-aurículas : púrpura negruzco. Internodio : estriado púrpura negruzco. Lígula : estriás púrpuras. Aristas (semiaristado) : púrpura negruzco. Ápice y apículas : púrpura negruzco. Glumelas : listas sobre las nervaduras púrpura negruzco. Escamas florales : púrpura intenso. Estigmas : púrpura intenso. Organos de la plántula : incoloros<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Cuando decimos incoloro nos referimos a la ausencia del color antociánico.

Tipo de coloración : Nudo y pulvinus aurículas 48 H. 10. Lámina y vaina foliares, internodios 48 J. 9.

2. «Colorado». Sin procedencia. Además de un fenotipo sin pigmentación presenta los siguientes pigmentados :

Fenotipo 1 : Lámina : márgenes estrechas y salpicaduras leves púrpuras. Vaina : cara externa, basales, epidermis púrpura; cara interna, púrpura débil. Pulvinus-aurículas, púrpura intenso. Lígula : estrías púrpuras. Nudo : púrpura oscuro. Internodio : en los basales y al sol, estrías púrpuras separadas. Arista (semiaristado) : púrpura intenso, cuando emerge de la vaina púrpura rojizo. Apículas y ápice : cuando emergen púrpura rojizo y oscuro a la madurez. Escamas florales : puntas rojizas a la madurez. Estigmas : púrpura. Coleoptile : leve estria púrpura.

Fenotipo 2 : Semejante al anterior en la pigmentación de los órganos vegetativos, pero incoloro en todos los órganos florales y coleoptile.

Tipo de coloración : en Fen. 1 y Fen. 2, nudo, lámina foliar y pulvinus-aurículas 48 J. 5.

3. «Japonés caña morada». Procedencia : Agr. Regional Tucumán. Vaina : cara externa, estrías púrpuras ; cara interna, púrpura intenso. Internodio : estrías púrpuras. Estigma : púrpura, cuando la panoja emerge más claro. Otros órganos incoloros.

Tipo de coloración : Vaina, cara interna y estigma 55 L. 1. Vaina cara externa e internodio 48 L. 10.

4. «Salteño». Procedencia: Agr. Regional Tucumán. Además del fenotipo incoloro aparece el siguiente pigmentado. Vaina : cara interna, rosada. Internodio : estrías débiles rosadas. Estigma rosado. Apículas rosadas. Otros órganos incoloros.

5. «Japonés de secano». Procedencia : Est. Exp. Agr. Tucumán. Además del fenotipo incoloro existe el siguiente pigmentado. Vaina : cara interna púrpura rosado. Internodio : estrías púrpuras rosadas, separadas. Apículas púrpura rosadas. Estigma púrpura rosado. Coleoptile estriado púrpura rosado. Otros órganos incoloros.

6. «Fortuna ? ». Procedencia : Stuttgart Rice Branch Exp. Sta. Ark. Además del fenotipo incoloro aparece el siguiente pigmentado. Vaina : cara interna al sol, leves estrías rosadas; cara interna rosada. Internodio : al sol leves estrías rosadas. Apículas, escamas florales y estigmas rosados. Coleoptile estriado rosado. Otros órganos incoloros.

Tipo de coloración : Vaina cara interna 47 L. 1.

7. «Onsen». Procedencia : Biggs Exp. Sta. Cal. Además del fenotipo

tipo incoloro, que fenológicamente es algo más atrasado, existe el siguiente pigmentado. Vaina: cara externa, estriado púrpura; cara interna púrpura rosado. Internodio estriado púrpura. Arista (semiaristado): púrpura a la madurez. Apículas y ápice púrpuras a la madurez. Escamas florales: en la punta rosadas a púrpuras en la madurez. Estigmas púrpuras. Coleoptile no pudo observarse.

8. «Dacca». Procedencia: Esc. Nac. de Agr. Tucumán. Vaina: cara externa, rosado púrpura homogéneo; cara interna, rosado púrpura. Internodio: rosado púrpura homogéneo. Lígula: rosado púrpura homogéneo. Apículas y estigmas rosado púrpura. Coleoptile no fué observado.

9. «Sel. n° 176». Procedencia: Biggs Exp. Sta. Cal. Además del fenotipo incoloro se han separado los siguientes fenotipos pigmentados:

Fenotipo 1: Solamente la apícula levemente rosada. Los demás órganos sin pigmentos.

Fenotipo 2: Vaina: cara externa, leves estriás rosado púrpura al sol; cara interna púrpura rosado débil. Internodios: estriás púrpuras muy leves al sol. Apículas y estigmas: rosado púrpura; punta de escama floral rosado. Otros órganos incoloros.

Tipo de coloración: Vaina interna de Fen. 2: 46 K. 3.

10. «P. 6». Procedencia: leg. doctor Conti. Además del fenotipo incoloro se separaron dos fenotipos pigmentados.

Fenotipo 1: Lámina foliar: márgenes y salpicaduras púrpura oscuras. Vaina: cara externa (en las basales solamente) púrpura oscuro en epidermis; cara interna púrpura intenso. Pulvinus aurículas: púrpura oscuro. Lígula estriás púrpuras. Nudo púrpura oscuro muy sensible a la luz. Internodio: en los basales, estriás leves púrpura a la luz. Otros órganos incoloros.

Fenotipo 2: De estatura algo más bajo que el anterior. Lámina foliar: estrechos bordes púrpura obscuro. Vaina: cara externa (basales solamente) epidermis púrpura. Pulvinus-aurículas: púrpura intenso. Lígula: estriás púrpura. Nudo: púrpura intenso. Internodio (basales y al sol solamente) leves estriás rosado púrpuras. Apícula y ápice: púrpuras. Escamas florales: puntas púrpuras. Estigma: púrpura. Macollos secundarios semiaristados: aristas rojas a púrpuras en la madurez. Coleoptile estriado.

Tipo de coloración: Fen. 1: Vaina, cara interna 47 L. 5. Nudo pulvinus-aurículas 48 J. 2. Fen. 2: Estigma, ápice, puntas escamas florales en floración 45 L. 11. Nudo: 48 J. 4. Otros órganos incoloros.

11. «Shoemed». Procedencia: Crowley Exp. Sta. La. Vaina: cara

externa leve estriado púrpura; cara interna púrpura. Internodio levemente estriado púrpura. Apícula y estigmas : púrpura leve. Otros órganos incoloros.

12. «Japonesito de 3 meses». Procedencia : Villa Lanús « Arrocería Misionera » Posadas. Vaina : cara externa, leves estrías púrpuras rosadas (solamente en las basales) que desaparecen antes de la madurez. Internodios (también basales) leves estrías púrpuras rosadas que desaparecen antes de la madurez. Apice y apículas rosado púrpuras que tienden a desaparecer.

Tipo de coloración : Apícula en madurez pastosa : 46 L. 3. Otros órganos incoloros.

13. «Capicinho». Procedencia : W. Killmer, Apóstoles, Misiones. Vaina : cara externa (basales y al sol) tenues estrías separadas rosadas. Internodio (basales y al sol) tenues estrías separadas rosadas. Ambos órganos se decoloran antes de la madurez. Apice y apículas rosado débiles. Se decoloran en madurez. En plántula un coleoptile apareció estriado.

Tipo de coloración : Apícula y ápice 46 L. 1. Internodio : 3 J. 7. Otros órganos incoloros.

14. «Originario». Procedencia : Est. Exp. Risi, Vercelli. Vaina : cara externa, estriada rosada. Internodio estriado rosado. Coleoptile no se observó. Otros órganos incoloros.

15. « Bertone ». Procedencia : Est. Exp. Risi. Vercelli. En esta variedad se separaron dos fenotipos.

Fenotipo 1 : Apícula, estigmas y puntas de escamas florales púrpura rosados. No se observó coleoptile. Otros órganos incoloros.

Fenotipo 2 : Pulvinus-aurículas: púrpura oscuro. Nudo púrpura oscuro. Apícula, estigma y punta de escamas florales rosado púrpuras. No se observó coleoptile. Otros órganos incoloros.

16. « Glutinous Rice C. I. 5309 ». Procedencia : Crowley Rice Exp. Sta. La. En esta variedad a más del fenotipo incoloro se separaron los siguientes fenotipos pigmentados :

Fenotipo 1 : Apícula púrpura leve. Otros órganos incoloros.

Fenotipo 2 : Vaina : cara interna púrpura brillante. Apícula y estigma púrpura intenso. Otros órganos incoloros.

Fenotipo 3 : Vaina : cara externa al sol estriado púrpura : cara interna púrpura intenso. Internodio al sol estriado púrpura. Apículas y estigmas púrpura intenso. Otros órganos incoloros. En estos tres fenotipos no se observó plántula.

17. « C. I. 3625 ». Procedencia : Stuttgart Rice Branch. Exp. Sta.

Ark. En esta variedad se encontraron los siguientes fenotipos pigmentados :

**Fenotipo 1 :** Vaina : cara externa estriada rosado a púrpura ; cara interna púrpura. Internodio rosado púrpura estriado. Apícula y estigma púrpura. Coleoptile rosado púrpura continuo.

**Fenotipo 2 :** Los mismos órganos coloreados, pero el tinte mucho más atenuado.

**Tipo de coloración :** Fen. 1 : Vaina : cara interna 47 L. 1. Fen. 2 : Vaina : cara interna 47 L. 2.

18. «Bolita Chico». Procedencia : Agr. Reg. Salta. Vaina : cara interna rosado leve. Internodios : estrias separadas púrpuras. Apícula : rosado púrpura en la madurez. Coleoptile rosado continuo.

**Tipo de coloración :** vaina cara interna 46 L. 2.

19. «Bola Blanca». Procedencia : Agr. Reg. Salta. En esta variedad se separaron dos fenotipos. Fen. 1 : Vaina : cara externa estriado rosado ; cara interna : rosada. Internodio estrias separadas rosadas. Apículas rosadas. Fen. 2 : Los mismos órganos coloreados menos las apículas.

**Tipos de coloración.** Fen. 2 : Vaina : cara interna 50 K. 2.

20. «Dourado». Procedencia : Ingenio «La Providencia» R. Chico, Tucumán. Vaina : cara externa : leves estrias rosadas. Internodio : leves estrias rosadas. Apícula rosada. No se observó coleoptile. Otros órganos incoloros.

21. «Vintula». Vaina : cara externa (basales y al sol) leves estrias rosadas. Internodio (basales y al sol) leves estrias rosadas. Apícula rosada. Coleoptile no fué observado. Todos los órganos pierden la coloración antes de la madurez.

22. «Lady Wright 8-15-1». Procedencia : Chacra Exp. de Güemes, Salta. Además del fenotipo incoloro apareció el siguiente pigmentado : Apículas y puntas de escamas florales rosadas. Coleoptile no fué observado. Otros órganos incoloros.

23. «Colusa Crossbed Y 146-1». Procedencia : Chacra Experimental de Güemes, Salta. Además del fenotipo incoloro se encontraron los siguientes pigmentados :

**Fenotipo 1 :** Lámina foliar : estrechas márgenes púrpura. Vaina : cara externa (basales y al sol) púrpura epidermis ; cara interna (vainas expuestas al sol) leve rosado púrpura. Pulvinus-aurículas púrpura oscuro. Lígula : leves estrias púrpura. Nudo : púrpura oscuro. Internodio (basales y al sol) leves estrias separadas, rosado púrpura, en las superiores tiende a desaparecer. Macollos secundarios : semi-

aristados. Arista púrpura oscuro. Apice y apícula púrpura intenso. Escamas florales : punta púrpura rosado. Estigmas púrpuras. Coleoptile estriado. Otros órganos incoloros.

Fenotipo 2 : Vaina : cara externa (basales y al sol) epidermis leve púrpura ; cara interna : rosado púrpura. Nudo : púrpura oscuro. Pulvinus-aurículas : púrpura oscuro. Lígula leves estrías púrpura. Nudo : púrpura oscuro. Internodio : (basales y al sol) leves estrías separadas púrpuras. Otros órganos incoloros.

Tipo de coloración : Fen. 1 : Nudo 48 L. 6 ; aristas y ápice 48 J. 8. Fen. 2 : Nudo y pulvinus-aurículas 48 J. 8. Vaina : cara interna 47 L. 4.

24. «Basantabah Selection Y 3480». Procedencia : Chacra Experimental de Güemes. Lámina foliar : base rosada. Vaina : cara externa, (basales) epidermis roja ; superiores estriado rojas ; cara interna rojo intenso. Lígula rojo uniforme. Internodio estriado rojo. Arista (semi-aristado) : roja. Apice y apículas rojos. Escamas florales punta roja. Estigma rojo. Coleoptile no fué observado.

Tipo de coloración : Internodio y vaina externa 47 J. 4. Lígula 52 H. 12.

25. «Colusa Y 150». Procedencia : Chacra Experimental de Güemes, Salta. Además del fenotipo incoloro se separó el siguiente pigmentado. Vaina : cara externa (basales al sol) levemente estriado púrpura ; cara interna, púrpura débil. Internodios (al sol) estriado púrpura. Apícula y estigmas : púrpuras. Escamas florales : puntas púrpuras. Otros órganos incoloros.

## VI. COMPORTAMIENTO HEREDITARIO

El comportamiento genético de los factores, que gobiernan la expresión de los pigmentos antociánicos en los distintos órganos de la planta de arroz, ha sido abundantemente estudiado por muchos autores. Trataremos de reunir nosotros en el presente trabajo dicho comportamiento transcribiendo, en parte, la recopilación bibliográfica que hace Matsuura a (17), la que agregamos los últimos trabajos aparecidos y que son de nuestro conocimiento.

### A. Pigmentación de los distintos órganos vegetativos

*Lámina foliar.* — Los cruzamientos entre variedades de lámina foliar púrpura y variedades con ese órgano verde mostraron que la

pigmentación púrpura es dominante en la F1 y se obtuvieron en la F2 las siguientes segregaciones: 1<sup>a</sup>, 3 : 1 Kato (1) Parnell y otros (23); 2<sup>a</sup>, 9 : 7 Kato (1) Parnell y otros (23), Yamaguti (39); 3<sup>a</sup>, 27 : 37 Takezaki (35-36) púrpuras y verdes, respectivamente.

Takezaki (35-36) confirma la forma trigénica de herencia con el estudio posterior de la F3 y F4 y también al producir plantas púrpuras de intercruzamientos de determinadas plantas sin pigmento.

De estas relaciones se deduce que el color púrpura de la lámina foliar es producido por la interacción de tres distintos genes.

En cuanto a la lámina púrpura estriada, Nagai (20) la halló dominante a lámina incolora o verde en plantas híbridas de F1; segregando en F2 en relación simple 3 : 1, por lo que en ese tipo de color intervendría un solo gen.

Jones (9), en un cruzamiento de una variedad púrpura por otra incolora obtiene la F1 de un color púrpura algo más claro que el progenitor, y en la F2 una segregación en relación no muy ajustada de 27 : 9 : 28 púrpuras, estriado púrpuras y verdes respectivamente, llegando a la conclusión de que el color púrpura de la lámina se debe a la interacción de tres factores genéticos dominantes A, C y P y cuyo esquema genético sería el siguiente: A C P = láminas foliares púrpuras; a C P = láminas foliares púrpuras estriado; Otras combinaciones = láminas foliares sin pigmento.

Trata el autor de comprobar estos resultados en la F3.

*Vaina foliar.* — El comportamiento de los factores que gobiernan la coloración antocianica en la vaina foliar, se ha estudiado en cruzamientos de variedades con vainas púrpuras, por variedades con ese órgano incoloro, obteniendo en F1 invariablemente la dominación del color sobre su ausencia y en F2 las siguientes relaciones de segregación: 1<sup>a</sup>, 3 : 1 Hector (6), Parnell y otros (23), Van Der Stok (33), Mitra (19), Nagai (20); 2<sup>a</sup>, 9 : 7 Hector (6), Roy (31), Chao (2), Mitra (19); 3<sup>a</sup>, 15 : 1 Hector (6), Van Der Stok (33), Chao (2); 4<sup>a</sup>, 27 : 37 Hector (6), vainas púrpuras e incoloras respectivamente.

Roy (31), operando con variedades de vainas estriadas e incoloras, obtuvo en la F1 la dominancia del estriado, y en la F2 la relación de 3 : 1 y 9 : 7 estriadas e incoloras respectivamente.

Jones (9), en un cruzamiento entre una variedad de vaina púrpura por otra incolora obtiene la F1 de un púrpura más débil que el progenitor y en la F2 una segregación de 27 púrpuras : 9 estriado púrpuras y 28 incoloras, atribuyendo tal resultado a la interacción de los mismos genes y combinaciones que producen estos colores en la lámina foliar.

*Pulvinus-aurícula.* — La coloración de estos órganos en un mismo individuo según nuestras observaciones es siempre la misma y los resultados genéticos obtenidos por distintos autores, incluso Héctor (6) confirman que la coloración de ambos órganos es provocada por un mismo gen. Sin embargo, este autor cita variedades con aurículas pigmentadas y pulvinus incoloros.

Los cruzamientos entre variedades con pulvinus-aurículas coloreadas por variedades incoloras mostraron que la pigmentación domina en F1, segregando en F2 según las siguientes relaciones: 1ª, 3: 1 Mitra (19), Van Der Stok (34); 2ª, 9: 7 Hector (6), Parnell y otros (23), Mitra (19), Jones (9); 3ª, 15: 1 Van Der Stok (34); 4ª, 27: 37 Jones (9).

Mitra y otros (19), describen un caso en el que la F1 de un cruzamiento verde por púrpura fué de un tono púrpura algo más débil que el progenitor, pero en la F2 no se reprodujo este tipo de color, obteniendo solamente la relación de 3 púrpuras por un verde. No se explica la causa de este resultado.

*Lígula.* — Los cruzamientos entre variedades de lígulas coloreadas y variedades incoloras, con dominancia del color en F1 dieron segregaciones en F2 en las siguientes relaciones: 1ª, 3: 1 Mitra (19), Hector (6); 2ª, 9: 7 Hector (6), Mitra (19), Jones (9); 3ª, 27: 37 Hector (6), Chao (2), Jones (9).

*Nudo.* — La herencia de la pigmentación púrpura del nudo, en variedades japonesas ha sido establecida por Lee (15) y en otras variedades por Jones (9). Las relaciones que se obtuvieron en F2 de estos cruzamientos, con dominancia del color en F1, fueron las siguientes: 1ª, 9: 7 Jones (9); 2ª, 23: 37 Lee (15) púrpuras e incoloras respectivamente.

*Internodio.* — El color del internodio se ha estudiado genéticamente en cruzamientos de variedades incoloras por otras con ese órgano coloreado. El color domina en la F1 y segrega en F2 en las siguientes relaciones: 1ª, 3: 1 Hector (6), Van Der Stok (34), Mitra (19); 2ª, 9: 7 Hector (6), Chao (2), Mitra (19), Jones (9); 3ª, 27: 37 Hector (6), Jones (9).

De estos resultados se deduce que es posible intervengan en el color del internodio cuatro genes.

Mitra y otros (19), han observado los siguientes casos interesantes: 1º, Internodio verde × Internodio verde = F1: Internodio púrpura débil = F2: 3 internodios verdes: 1 internodio débil púrpura; 2º, Internodio verde × Internodio púrpura = F1 internodio púrpura = F2, 12 internodios púrpuras: 3 internodios verdes: 1 internodio pardo

claro; 3º, Internodio verde  $\times$  internodio pardo claro = F1 internodio púrpura claro = F2 9 internodios púrpura claro : 3 internodios verdes : 1 internodio pardo claro.

En el primero de estos tres casos establecidos por Mitra (19) el resultado se explica suponiendo que el internodio púrpura claro resulta de la heterocigosis de dos genes, produciendo las otras combinaciones internodios verdes.

El segundo de estos casos se debe a la intervención de dos genes, uno que da internodios púrpura, comportándose como epistático de otro que los produce verdes. El doble recesivo produciría internodios pardo claros.

En el último caso la presencia de dos genes complementarios dominantes provoca internodios púrpuras, el primero de ellos aislado internodios verdes y el segundo con el doble recesivo internodio pardo claro.

Matsuura (17), establece la conexión entre estos dos últimos casos asignando en ellos la intervención de tres genes en la siguiente forma : P (A B) : Internodio púrpura ; p A B : Internodio púrpura claro ; p A b : Internodio verde ; p a (B) : Internodio pardo claro.

El internodio púrpura claro del primer caso de Mitra (19) parece no pertenecer a esta serie genética, pero puede ser debido a otros dos genes.

*Raíz.* — La herencia de la pigmentación antociánica en la raíz ha sido estudiada por Kadam (11), quien establece que la pigmentación es dominante y en el análisis lo atribuye a un gen B que se manifiesta sólo en presencia de otro gen condicional A.

#### B. Pigmentación de los órganos florales

*Arista.* — En distintos cruzamientos se comportaron monogénicamente los siguientes pares de colores : 1º, Rojo  $\times$  incoloro = F2 3 rojos : 1 incoloro, Okada (21), Kato (1), Hector (6); 2º, Púrpura  $\times$  rojo = F2 3 púrpuras : 1 rojo, Kato (1), Nagai (20); 3º, Pardo  $\times$  incoloro = F2 3 pardos, 1 incoloro, Nagai (20).

Kato (1) ha obtenido las siguientes segregaciones digénicas en sus cruzamientos : 1º, Rojo  $\times$  incoloro = F1 rojo = F2 9 rojos : 7 incoloros ; 2º, Rojo  $\times$  incoloro = F1 púrpura = F2 9 púrpura : 3 rojos : 1 incoloro ; 3º, incoloro  $\times$  incoloro = F1 rojo = F2 9 rojos : 7 incoloros ; 4º, Púrpura  $\times$  incoloro = F1 púrpura = F2 9 púrpuras : 3 rojos : 4 incoloros.

De estas combinaciones Matsuura (17) compone el siguiente esquema genético: C sería un gen cromógeno condicional, manifiesta la presencia de otro gen R que produce el color rojo y otro gen B intensifica ese color al púrpura, en presencia de C y R. En esta forma se tendría: C R B, aristas púrpuras; C R b, aristas rojas; Otras combinaciones, aristas incoloras.

Nagai (20), partiendo de un cruzamiento entre variedades de aristas pardas y de aristas verdes, obtuvo en F1 aristas rojas que segregaron en F2, 9 aristas rojas: 3 aristas pardas y 4 verdes o apigmentadas. Basado en estos resultados y en el hecho de que arista púrpura es dominante monogénico sobre arista roja, establece que cuatro genes intervienen en color de arista: un gen C cromógeno, un gen O cromofelénico, que convierte la sustancia cromogénica en pigmento pardo, un gen antociánico R que produce aristas rojas en presencia del condicional C y un gen antociánico intensificador R' que da aristas púrpuras en presencia de C y R. Por otra parte, los genes C y O deben estar completamente «linkados» o simplemente formar un solo gen complejo.

En esta forma se tendría el siguiente esquema genético: CO R R', aristas púrpuras; CO R r', aristas rojas; CO r R' y CO r r', aristas pardas; Combinaciones sin CO, aristas incoloras.

Sugi y Kitagawa (35), de un híbrido espontáneo han obtenido segregaciones que indican que el color rojo de la arista-ápice de la glumela se debe a la interacción de dos genes complementarios A y B. El gen A aislado produciría el ápice rojo en la forma siguiente: A B, arista-ápice de glumelas rojas; A b, ápice rojo arista incolora; a (B), ambos incoloros.

Jones (9), en un cruzamiento entre una variedad mítica, con ápice de glumelas púrpura y otra aristada sin pigmento, obtiene en F1 arista púrpura algo más débil que el progenitor y en F2 la segregación de 9 púrpuras: 3 rojas: 4 verdes. De estos resultados que comprueba en F3 deduce que el color de la arista se produce por la interacción de tres genes que serían los mismos que intervienen en el 4º cruzamiento de Kato a que nos referimos anteriormente.

Este mismo autor (9) y (10) obtiene las siguientes segregaciones de color en varios cruzamientos: 1º, Arista roja × verde mítica = F1 arista roja = F2, 3 arista roja: 1 arista verde; 2º, Semiaristado verde × aristado rojo = F1 aristado rojo = F2, 9 aristado rojo: 7 aristado verde; 3º, Aristado púrpura oscuro × aristado verde = F1 aristado púrpura = F2, 9 aristado púrpura: 3 rojos: 4 verdes.

De estos resultados se infiere que el color rojo es monogénico dominante sobre el verde en unos casos, mientras que en otros sería digénico. El color púrpura oscuro del 3° caso sería semejante al primero de este mismo autor, cuya descripción se hizo anteriormente.

*Ápice de las glumelas.* — La presencia de antocianas púrpuras en este órgano es dominante sobre la ausencia en F1 que en F2 segregó en las relaciones siguientes: 1ª, 3 : 1 Hector (5), Parnell y otros (23), Mitra y otros (19), Ykeno (4); 2ª, 9 : 7 Hector (6), Yamaguti (40), Mitra (19), Chao (2); 3ª, 15 : 1 Hector (6), Van Der Stok (34), Chao (2); 4ª, 27 : 37 Hector (6), Chao (2), Lee (15); 5ª, 162 : 94 Chao (2).

Chao (2), explica estas relaciones por la acción de los siguientes genes: Un gen cromógeno C; tres series de genes complementarios Ap1 y Ap2, Ap1 y Ap3, Ap2 y Ap3; un gen independiente Ap4 y una serie doble Ap5 y Ap6. En esta forma se tendría:

Heterozigotas que segregan 3 : 1 = CC Ap4 ap4; 9 : 7 = CC Ap1 ap1 Ap2 ap2; 27 : 37 = Cc Ap1 ap1 Ap2 ap2; 162 : 94 = Cc Ap1 ap1 Ap2 ap2 Ap3 ap3; 15 : 1 = CC Ap5 ap5 Ap6 ap6.

Jones (9) y (10), en cuatro cruzamientos entre variedades distintas, de ápice púrpura y otras incoloras obtiene invariablemente la dominancia del color en F1 y en F2 la segregación de: 1ª, 9 púrpuras : 3 rojos : 4 verdes.

En tres cruzamientos de variedades de ápice rojo por otras de ápice incoloro obtiene este mismo autor en F1 la dominancia del color y en F2: 2ª, 3 rojos : 1 incoloro y 3ª, 9 rojos : 7 incoloros.

El autor explica estos hechos por la interacción de tres genes: Un gen C condicional; un gen A que produciría el color rojo en presencia de C y otro gen C que intensificaría ese color al púrpura.

*Glumela.* — La herencia del color en la glumela ha sido muy estudiada, pero no es fácil agrupar los resultados en un esquema genético general.

Kato (1) obtuvo de un cruzamiento entre variedades de glumelas incoloras plantas híbridas en F1 con glumelas rojas que segregaron en la F2 en relación de 9 rojas : 7 incoloras atribuyendo este resultado a la interacción de dos genes C y R. Posteriormente este mismo autor, obtuvo de un cruzamiento entre una variedad con glumelas gris parduscas y otra a glumelas pardorojizas, la F1 de glumelas púrpuras y en la F2 9 púrpuras : 3 pardorojizas, 3 gris parduscas, 1 incolora.

Takezaki (37), de un cruzamiento entre una variedad con glumela incolora y ápice en madurez pardo y otra de glumela incolora, obtuvo en F1 ápices rojos que segregaron en F2 en la relación 9 ápices rojos:

3 pardos a la madurez : 4 incoloros. Estos resultados se explicarían por la interacción de dos genes, un gen C que produce ápices pardos en la madurez y otro R que los produce rojos en presencia de C.

Hector (4) establece que la glumela roja domina sobre la incolora en F1 y segrega en F2 en relación simple 3 rojas : 1 incolora. Posteriormente este mismo autor (5) añade la dominancia de glumelas amarillas sobre rojas.

Nagai (20) describe un tipo interesante de segregación en el cruzamiento de una variedad cuyas glumelas presentaban listas púrpuras sobre fondo amarillo por otra que las tenía pardas. En F1 obtuvo un tipo nuevo púrpura sobre fondo pardo que luego, en F2, segregó la relación de 9 púrpura sobre pardo : 3 listas púrpuras sobre fondo amarillo : 3 pardos : 1 amarillo. De estos resultados establece la intervención, en este cruzamiento, de los siguientes genes : un gen P' para producir el color púrpura y otro gen B para el fondo pardo. Como que el color púrpura está asociado siempre con el fondo pardo puede ocurrir que el gen B actúe a la vez extendiendo el color en toda la glumela o que este fenómeno se deba a la acción de otro gen completamente «linkado» al B.

Yamaguti (41) y (42) en un cruzamiento entre una variedad de glumelas violeta negruzcas (que serían las mismas que Parnell y Héctor llaman «negras a la madurez») por otra que las tenía amarillentas obtuvo en F1 glumelas violeta negruzcas algo más pálidas que las del progenitor, que en F2 segregaron los siguientes fenotipos : 27 glumelas violeta negruzcas : 9 solamente ápices violeta negruzcos : 9 glumelas pardo rojizas : 3 solamente ápices pardo rojizos : 16 incoloros.

De estas combinaciones infiere el autor que 3 genes distintos gobiernan el color de la glumela como sigue : B R S, glumelas violeta negruzcas ; B r S, ápices violeta negruzcos ; b R S, glumelas pardo rojizas ; b r S, ápices pardo rojizos ; Otras combinaciones sin S, incoloras.

Según este mismo autor el gen S no sería simple sino que podría dividirse en dos : un uno S1 que daría el color rojo al ápice de la glumela y otro S2 que lo produciría en las escamas florales o «glumas externas».

Mitra y otros (19) concluyen que el color púrpura de la glumela es un carácter monogénico dominante sobre glumela incolora o verde y de un cruzamiento entre variedades con ese órgano incoloro obtienen en F2 la segregación siguiente : 9 púrpuras : 7 verdes.

Sampietro (30) en un cruzamiento de una variedad a glumela violeta por otra de glumela incolora establece que la presencia del pigmento es un carácter monogénico dominante.

*Escamas florales.* — La herencia de la pigmentación de este órgano se ha estudiado juntamente con la coloración de la glumela. Además de la referencia dada por Yamaguti que incluimos en el órgano anterior, añadiremos aquí los casos siguientes:

Mitra y otros (19), en un cruzamiento entre una variedad a escamas florales púrpuras y otra con esos órganos incoloros obtiene en F1 la dominancia del pigmento y en F2 la relación simple de 3 púrpuras: 1 incoloro.

Sampietro (32), encuentra que el color violeta de las escamas florales es debido a un solo gen dominante M.

Jones (9), en tres distintos cruzamientos entre variedades de escamas florales púrpuras y otras con esos órganos incoloros obtiene invariablemente la dominancia del pigmento en F1 y en F2 la relación 9 púrpuras: 7 incoloros. Posteriormente este mismo autor (10) en cruzamientos entre variedades a escamas rojas e incoloras, con la dominancia en F1 del pigmento, obtiene en F2 las relaciones: 1<sup>a</sup>, 3 rojas: 1 incolora; 2<sup>a</sup>, 9 rojas: 1 incolora.

De lo cual deduce que el pigmento en las escamas florales se debe a la interacción de dos genes complementarios.

*Estigma.* — Los cruzamientos efectuados para el estudio genético del color antocianico del estigma han dado las segregaciones siguientes en F2: 1<sup>a</sup>, 3: 1 Hector (6), Nagai (20), Parnell y otros (23), Chao (2), Mitra y otros (19); 2<sup>a</sup>, 9: 7 Chao (2), Mitra y otros (19), Jones (9); 3<sup>a</sup>, 15: 1 Van Der Stok (32); 4<sup>a</sup>, 27: 37 Hector (6); 5<sup>a</sup>, 81: 175 Hector (6); 6<sup>a</sup>, 1: 15 Mitra y otros (19).

En este último caso descrito por Mitra y otros (19) los progenitores y la F1 tuvieron estigmas incoloros probablemente por la presencia de dos genes duplicados inhibidores. El color en las otras relaciones se explicaría por la ausencia de esos inhibidores y la interacción de 5, 6 ó 7 genes distintos.

*Cariopse.* — Parnell y otros (24) establecen que el cariopse púrpura se comporta como carácter monogénico dominante sobre cariopse blanco y en un cruzamiento entre cariopse púrpura y rojo (no antocianico), después de una F1 intermedia, obtienen en F2 la segregación, 12 cariopse púrpura: 3 cariopse rojo: 1 cariopse blanco o incoloro. De este resultado los autores deducen la intervención de un gen P para el color púrpura y otro R para el rojo en las siguientes

combinaciones : P R y Pr, cariopse púrpura ; p R, rojo ; p r, blanco.

Estos autores añaden que P actúa solamente en presencia de A y que en su ausencia el cariopse es pardo.

A propósito de este factor A agregaremos aquí que los mismos autores (24) describen el caso de un cruzamiento entre una variedad a cariopse gris pardusco y otra a cariopse blanco. ambas con los órganos vegetativos apigmentados, obteniendo la F1 de cariopse rojo y órganos vegetativos pigmentados que segregó en F2 la relación : 3 órganos vegetativos pigmentados (9 cariopse rojo : 3 cariopse blanco) : 1 órganos vegetativos apigmentados (9 cariopse rojo : 12 gris pardusco : 7 blancos).

Estos resultados los atribuyen a la interacción de tres genes, dos complementarios A y N y el gen R para el color rojo en presencia de A y en ausencia para el color pardo grisáceo. En la forma siguiente : A N R, cariopse rojo y A N r cariopse blanco, ambos de órganos vegetativos pigmentados y con los órganos vegetativos apigmentados los grupos siguientes : A n R, cariopse rojo ; a N R, cariopse gris pardusco ; a n R, cariopse gris pardusco ; A n r, cariopse blanco ; a N r, cariopse blanco y a n r, cariopse blanco.

Este factor A es el mismo que es condicional para la pigmentación púrpura del cariopse a que nos referimos anteriormente.

Parnell y otros (24) describen también otro color de cariopse que denominan «oro» recesivo sobre cariopse rojo, pero dominante sobre cariopse amarillento. De estos hechos deducen el siguiente esquema genético : R I, cariopse rojo ; R i, cariopse oro ; r I, cariopse débilmente rojizo ; r i, cariopse amarillento.

El carácter púrpura del cariopse, según estos autores, no se altera por el gen I.

Chao (2) de un cruzamiento entre variedades a cariopse púrpura y blanco obtiene en F2 una segregación digénica.

#### C. *Relaciones entre los distintos genes que producen el color antociánico en los órganos del arroz y su « linkage » con genes de otros caracteres*

*Relaciones de los genes de color entre sí.* — En los estudios genéticos hechos sobre los colores antociánicos de los distintos órganos del arroz, se han establecido íntimas relaciones entre los genes que los gobiernan. Ocurre frecuentemente que la coloración púrpura en esos órganos, se comporta frecuentemente como un carácter unitario. Este hecho puede ser debido a la acción de un mismo gen o a un « linka-

ge » muy estrecho entre los distintos genes que intervienen para producir la pigmentación.

Takezaki (36) y (37), operando con variedades japonesas llega a la conclusión de que el color púrpura de la hoja es debido a la cooperación de tres genes dominantes A, B y C y que la ausencia de cualquiera de ellos produce individuos incoloros. Posteriormente añadió que el color púrpura de la hoja está siempre asociado al mismo color en otros órganos como estigmas, aristas, ápices de las glumelas, glumelas, glumas y vainas foliares y el color verde de la hoja con la condición incolora de esos órganos. Con éstos se establece por lo tanto que la cooperación de A, B y C origina el pigmento púrpura no sólo en la hoja sino en los demás órganos mencionados.

Yamaguti (41), por su parte, observa que el color violeta negruzco del ápice de la glumela está siempre asociado al color púrpura de la glumela, gluma, internodio, lámina y vaina foliar, arista y estigmas, mientras que en las plantas con glumela roja, el color en los demás órganos es considerablemente menos intenso y a veces confuso y los de glumela incolora tienen los demás órganos incoloros. El autor atribuye la diferencia de color púrpura y no púrpura en esos órganos a la interacción de S, que colorea el ápice de la glumela y de un modificador B. Un caso semejante refiere Nagai (20) (ver glumela en este mismo capítulo), donde la glumela púrpura está asociada a escamas florales, estigmas y aristas púrpuras y cuando las glumelas no son púrpuras (pardas, amarillas, pardo rojizas o de ápice pardo rojizo de Yamaguti) las aristas y escamas florales son rojas y los estigmas incoloros, atribuyendo este autor la diferencia de color a la acción de B, que de acuerdo a la interpretación de Yamaguti el púrpura se podría representar por SB y el no púrpura por sB.

Hector (6), en una serie de interesantes observaciones establece la correlación del color púrpura de las apículas con los siguientes órganos: 1°, vaina foliar; 2°, vaina foliar y estigma; 3°, vaina foliar, estigma e internodios; 4°, glumelas, escamas florales, vainas foliares, internodios, pulvinus y aurículas; 5°, estigmas e internodios.

En esta forma, de un cruzamiento entre variedades con apículas, vainas foliares y estigmas púrpuras por otra sin pigmentación, obtuvo en F<sub>2</sub> la segregación siguiente: 27 apículas, vaina y estigmas púrpuras: 9 apículas y vainas púrpuras, estigma incoloro: 28 incoloros.

Estos resultados se interpretaron suponiendo que un gen R produce el color púrpura en el ápice de la gluma y vaina foliar, al actuar sobre una base cromógena C, y con la acción posterior de un gen P en pre-

sencia de C y R se produce el estigma púrpura. En esta forma los tres fenotipos en la F2 serían: 1° C R P; 2° C R p; 3° C r P, c R P, C r p, c R p, c r P y c r p.

Hector añade posteriormente que el color púrpura del pulvinus y aurículas entre ellos están siempre asociados, son a veces independientes de las series consideradas.

Por otra parte, Parnell y otros (23) observan en ciertos cruzamientos que el color púrpura de la gluma y el internodio estriado son caracteres asociados entre sí y el estigma púrpura lo sería a epidermis interna de la vaina púrpura, pero ambas series son independientes una de la otra. En tal forma se obtuvo de un cruzamiento entre LG sa (internodios y glumelas púrpuras, estigma y vainacera interna incoloros) × lg SA (internodios y glumelas incoloros y estigma y vainacera interna púrpuras) la siguiente segregación en F2: 1 LG sa : 2 LG SA : 1 lg SA : lo que demuestra que LG y sa por un lado y lg y SA por otro, están completamente « linkados ».

Chao (2) ha obtenido interesantes resultados sobre la relación entre el color del ápice de las glumelas, vainas foliares y estigma que hacen contraste con los obtenidos por Hector. Este autor halló que las plantas heterocigotas en genes complementarios para color de ápice de glumelas Ap1 ap1 Ap2 ap2 con estigmas coloreados segregaron en la siguiente relación: 9 ápice y estigma coloreados : 3 ápice incoloro, estigma coloreado : 4 ápice y estigma incoloros.

En esta segregación falta la clase ápice coloreado estigma incoloro y la segunda clase donde el estigma desarrolla color y el ápice se mantiene incoloro es muy singular. Estos resultados indican claramente que uno de los factores complementarios para el color del ápice Ap1 ó Ap2 es el que colorea al estigma. Los tres fenotipos aparecidos en F2 podrían representarse así: 1° Ap1 Ap2; 2° Ap1 ap2 (ó ap1 Ap2); 3° ap1 Ap2 (ó Ap1 ap2).

Otro caso en el que halló conexión entre el color del estigma y el del ápice fué en la progenie de un cruzamiento entre los siguientes individuos:

Ap4 Sa1 Sa2 × ap4 sa1 sa2 en el cual Ap4 es un gen que por sí mismo provoca ápice coloreado ya que Ap4 ap4 segrega en relación 3 rojos : 1 incoloro y Sa1 y Sa2 son genes complementarios para la producción del color en el estigma desde que Sa1 sa1 Sa2 sa2 dan una relación de 9 : 7. La población de la F2 de tal cruzamiento dió una relación muy ajustada de: 9 ápice y estigma coloreados : 3 ápice coloreado estigma incoloro : 4 ápice y estigma incoloros.

En esta segregación faltó la clase ápice incoloro estigma coloreado. De este resultado se deduce que Ap4 sería el mismo gen que Sa1 o estarían ambos estrechamente « linkados ».

Con respecto a la relación del color del estigma con el de las vainas agregaremos que de un cruzamiento :

Sa1 Sa2 Ls1 Ls2 × sa1 sa2 ls1 ls2 en el que Ls1 y Ls2 son genes complementarios en el color de la vaina foliar se obtuvo en F2 la segregación siguiente: 189 estigma y vaina púrpuras : 9 estigma púrpura vaina incolora : 15 estigma incoloro vaina púrpura : 133 estigma y vaina incoloros.

Estos resultados se explican suponiendo :

1) que Sa1 es idéntico a Ls1 o están ambos estrechamente « linkados ».

2) que Sa2 está « linkado » a Ls2 para los cuales se agrega un « crossing over » de 9,8 %.

En esta forma el gen para color de ápice Ap4 sería también idéntico al Ls1 o ambos estarían muy « linkados ».

Lee (15) en un estudio sobre la relación entre los colores púrpuras en el nudo y en el ápice de la glumela, ha demostrado que la pigmentación púrpura puede desarrollarse en el nudo aún cuando el ápice de las glumelas sea incoloro. Así en un cruzamiento entre una variedad de tallo púrpura y ápices amarillentos y otra de tallos verdes y ápices también amarillentos se obtuvo una F1 con tallo y ápices púrpuras que en F2 segregó indicando que el color púrpura en el ápice es producido por la interacción de tres genes C, R y B y en el nudo por la de A, R y B. Los cinco fenotipos que aparecieron en la F2 están en la relación siguiente :

Individuos	Fenotipo	Color nudo	Color ápice
81 .....	ACRB	púrpura	púrpura
27 .....	AcRB	púrpura	amarillo pálido
27 .....	aCRB	verde	púrpura
36 .....	(A) CRb	verde	rojo
85 .....	Otras combin.	verde	amarillo pálido

Ramiah (28), a propósito de la herencia de los pigmentos antociánicos establece que la presencia de antocianinas en las plantas de arroz se debe a la acción de dos genes complementarios y que un tercer gen o más de localización harían posible su expresión en los distintos órga-

nos de la planta. En este mismo trabajo el autor sugiere la existencia de cuatro grupos de « linkage » entre estos factores de color.

Jones (8) operando con variedades japonesas, coreanas y chinas en número de 980 discute los resultados obtenidos por Hector llegando a establecer las siguientes correlaciones más comunes de órganos pigmentados: 1° ápice de glumelas, escamas florales y aristas; 2° ápice de glumelas y aristas; 3° ápice de glumelas y escamas florales; 4° ápice de glumelas, aristas, escamas florales y estigma.

De 311 variedades con órganos coloreados, 222 forman estos cuatro grupos de correlación. Añade después, haber encontrado en el examen de su numerosa colección una variedad de cada una de las siguientes combinaciones de colores que Hector (6) las da como ausentes tanto en sus cruzamientos como en el examen de variedades: 1° ápices incoloros con internodios, nudos, láminas y vainas foliares, pulvinus, aurículas, lígulas y estigmas coloreados; 2° ápices de las glumelas, vainas foliares, internodios y estigmas incoloros con escamas florales y aristas coloreadas.

Estos hechos resultarían de una pequeña cantidad de « crossing-over » ya que son los únicos hallados en una amplia colección.

Jones (9), también, partiendo de un cruzamiento entre una variedad de órganos coloreados y otra incolora establece los siguientes grupos de « linkage »: 1° Color en lámina y vaina foliar; 2° Color en arista y ápice de glumelas; 3° Color en internodios, escamas florales y estigmas; 4° Color en nudos lígulas y pulvinus-aurículas.

Kadam (12) ha encontrado la existencia de un gen inhibidor I para el color en lámina foliar solamente, partiendo de un cruzamiento entre una variedad de lámina y vaina y otros órganos púrpura oscuros y otra incolora. En F1 obtuvo individuos con láminas incoloras y vainas rojas, que segregaron en F2 en la relación: 9 lámina incolora y vaina roja: 3 púrpuras vaina y hoja: 4 incoloras.

De estos resultados y los obtenidos en F3 y F4 el autor deduce que el color púrpura en ambos órganos es producido por un solo gen A que en presencia del inhibidor I se producirían individuos de lámina incolora y vainas rojas.

*Relación de los genes de color con otros de otros caracteres.* — De los ocho casos de « linkage » entre caracteres hereditarios de arroz establecidos hasta el presente y que refiere Matsuura (17), en los siguientes interviene algún gen que produce órganos coloreados con antocianinas.

1) El gen S que produce el color rojizo en las apículas de las glumelas está « linkado » a un gen M para endosperma almidonoso con

un 20-22 % de « crossing-over » (Yamaguti (39), (40), (41), (42), (43); Chao (2). Yamaguti añade un caso excepcional de un 7 % de « crossing-over ». Este mismo autor identifica a uno de los genes que intervienen en época de panojamiento F1 como miembro de este grupo que en distintos casos dió los siguientes valores de « crossing-over » : entre F1 y M 24 % y 15 % (41), 8,8 % y 13,6 % (42) y entre F1 y S 24 % (41) y 20 % (42).

El orden de estos genes en el cromosoma sería S-M-F1.

Chao (2) añade para este grupo el gen Ty que produce el color « moreno » en aristas, apículas y escamas florales, calculando un 16,59 % de « crossing-over » entre Ty y M; además establece « linkage » entre S (su Ap4), Sa1 (uno de los genes complementarios para color de estigma) y Ls1 (uno de los complementario para color de vaina foliar). También podrían ser estos tres últimos genes idénticos.

Yamaguti sugiere la presencia de un gen semiletal en este grupo.

2) Parnell y otros (23) encuentran un gen que produce el color « oro oscuro » en las glumelas, completamente « linkado » al gen L que produce internodios estriados en relación gamética de 1 : 7. Yamaguti (41) recalculando el caso halla una relación de casi 1 : 5 ó sea un « crossing-over » de 16,6 %.

3) Hector (6) halla un gen para el color de lígula completamente « linkado » a otro de color de gluma con un « crossing-over » de 12,5 %.

4) Según Chao (2) uno de los genes complementarios para el color de estigma Sa2 está « linkado » a uno de los complementarios para el color de vaina Ls2 con un « crossing-over » de 9,8 %.

5) Uno de los genes que produce el caripose púrpura Pr2 está muy estrechamente « linkado » o es idéntico a uno complementario para el color de lígula Lg3. Chao (2).

En los grupos de « linkage » restantes no intervienen genes productores de pigmentos antociánicos.

**Resumen.** — Sobre una colección de 125 variedades de arroz, el autor estudia la distribución organográfica de los pigmentos antociánicos y, de cada apariencia externa de los mismos, ha investigado la distribución histológica. A la lista de órganos pigmentados que han sido estudiados por distintos autores agrega la distribución histológica y organográfica de las antocianinas en los órganos de la plántula. Considera someramente el probable rol fisiológico del pigmento antociánico. Clasifica, además, la colección de arroces

en estudio según la pigmentación, refiriendo el color de los órganos típicos a un registro de colores. Agrega, por último, el comportamiento hereditario de los caracteres de color antocianico en arroz, siguiendo a Matsuura (17), más los últimos trabajos aparecidos.

**Summary.** — On a collection of 125 varieties we have studied the organographic distribution of anthocyan pigments and investigated the hystological distribution from each external appearance of them.

To this list of pigmented organs, which have been studied by different authors, we have added the hystological and organographic distribution of the anthocyanins in the organs of the plantula.

We have briefly considered the probable physiological rôle of anthocyan pigment.

We have classified the rice collections determined for study according to pigmentation and referring the colour of the typical organs to a register of colours.

We have finally added the hereditary behaviour of the characters of anthocyan colours in rice, following Matsuura (17) and appending the recently published papers.

**Zusammenfassung.** — Auf Grund des Studiums einer Sammlung von 125 verschiedenen Varietäten, untersuchten wir die organographische Verteilung der anthozyanischen Pigmentierungen und aus dem Ausseren derselben, leiteten wir die histologische Einteilung her.

An das Verzeichnis der pigmentierten Organe, die schon von verschiedenen Verfassern erforscht wurden, fügen wir noch die histologische und organographische Einteilung der Anthozyanen in den Organen der Plantula bei.

Wir erwägen auch oberflächlich die wahrscheinliche physiologische Rolle des anthozyanischen Pigmentes.

Die Sammlung der untersuchten Reissorten klassifizierten wir nach der Pigmentierung, wobei die Färbung der typischen Organe einer Farbenskala angepasst wurde.

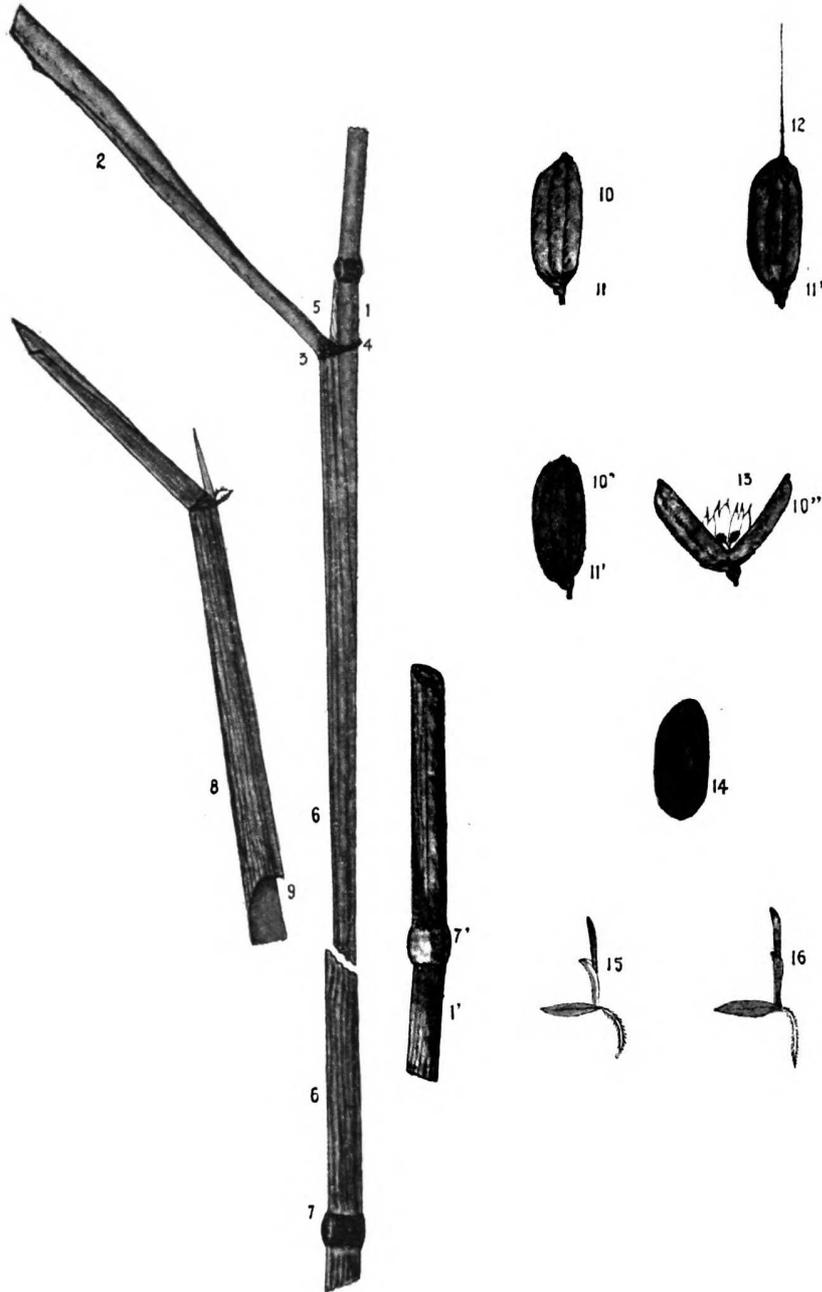
Zum Schluss, erwähnen wir das erbliche Verhalten der Charaktere der anthozyanischen Farbe im Reis, nach dem Verfahren von Matsuura und führen die letzterschienenen Arbeiten an.

BIBLIOGRAFIA

1. ANDO, N., 1916. *Bull. Dept. Agr. Jap.*, 2 : 1-102, 162.
2. CHAO, L. F., 1928. *Linkage studies in rice*, en *Genetics*, 13 : 133-169.
3. GUSTCHIN, G. G., 1934. *Essai de classification botanique des riz cultivés (« Oriza sativa » L.)*, en *Riz et Riziculture*, 8 : 1-46.
4. HECTOR, G. P., 1913. *Notes on the pollination and cross fertilization in the common rice plant. « Oryza sativa » Linn.*, en *Mem. Dept. Agr. India, Bot. Ser.*, 6 : 1-10.
5. — 1916. *Observations on the inheritance of anthocyan pigment in paddy varieties*, en *Mem. Dept. Agr. India. Bot. Ser.*, 8 : 89-101.
6. — 1922. *Correlation of color characteres in rice*, en *Mem. Dept. Agr. India Bot. Ser.*, 11 : 153-183.
7. — 1930. *Agricultural and botanical classification of rice in Bengal*, en *The Agr. Jour. of India*, 25 : 150-152.
8. JONES, J. W., 1929. *Distribution of anthocyan pigments in rice varieties*, en *Jour. of the Amer. Soc. of Agr.* 21 : 867 y sigs.
9. — 1930. *Inheritance of anthocyan pigmentation in rice*, en *Jour. of Agr. Res.*, 40 : 1105-1128.
10. — 1933. *Inheritance of characters in rice*, en *Jour. of Agr. Res.*, 47 : 771-782.
11. KADAM, B. S., 1934. *Inheritance of root colour in rice*, en *21 st. Annual Meeting Indian Science Congress, Bombay, Agricultural Abstract.*, 37 pp., XI, 1934.
12. — 1936. *An anthocyanin inhibitor in rice*, en *Jour. of Hered.*, 27 : 405-408.
13. KATO, S. and Z. ISHIKAWA, 1921. *The heredity of the pigments of red rice Idengaku Zassi*, en *Jap. Jour. Genetics*, 1 : 1-7.
14. KOMDO, M. M., TAKEDA and S. FUJIMOTO, 1927. *Untersuchungen uber die weisgestreifte Reispflanze « Shimaine »*, en *Berich. Ohara Inst. Landw. Forsch.*, 3 : 291-317.
15. LEE, T. C., 1927. *Colour inheritance of glume tips and stem nodes in certain paddy rice plants I*, en *Ann. Agr. Exp. Sta.*, Korea, 12 : 367-371.
16. MAERZ, A., 1930. *A dictionary of color*. 1<sup>th</sup> Ed., Mc. Graw Hill London.
17. MATSUURA, H., 1933. *A bibliographical monograph on plant genetics (Genics Analysis), 1900-1929*, pp. 240-265, Sapporo.
18. MC KERRAL, A., 1913. *Some problems of rice improvement in burma*, en *Agr. Jour. India*, 8 : 317-330.
19. MITRA, S. K., S. N. GUPTA and P. M. GANGULI, 1928. *Colour inheritance in rice*, en *Mem. Dept. Agr. India*, 15 : 85-102.
20. NAGAI, I., 1921. *A Genetic physiological study on the formation of anthocyanin and brown pigments in plants*, en *Jour. Coll. Agr. Imp. Univ. Tokyo*, 8 : 192.
21. OKADA, K., 1910. *On the improvement of rice, barley and wheat. Dai Nippon No kwai Ho*. En *Rept. Japanese Agr. Assoc.*, 354 : 1-8.
22. ONSLOW, M. W., 1925. *The anthocyan pigments of plants*. 2<sup>nd</sup> Ed.
23. PARNELL, F. R., G. N. R. AYYANGAR and K. RAMIAH, 1917. *The inheritance of characters in rice I*, en *Mem. Dept. Agr. India, Bot. Ser.*, 9 : 75-105.

24. PARNELL, F. R., G. N. RANGSWANI and C. R. S. AYYANGAR, *The inheritance of characters in rice II*, en *Mem. Dept. Agr. India*, 11 : 185-208.
25. PARODI, L. R., 1939. *Gramíneas bonarienses. (Clave para la determinación de los géneros y enumeración de las especies)*. 3ª Ed.
26. PIACCO, R. 1936. *Saggio di classificazione botanica dei risi coltivati*, en *Quad. della Sta. Sper. di Ris. Vercelli* n° 16 : 1-60.
27. — 1937. *Le pigmentazioni del riso*, en *Il gior di Risc.*, 27 : 147-149.
28. RAMIAH, K., 1934. *Linkages in anthocyan pigment factors in the rice plant* en 21 st. *Annual Meeting Indian Science Congres Bombay, Agricultural Abstract*, 37 : 11-12.
29. RAMIAH, K. and C. RAJASEKHARA MUDALIAR, 1937. *Colours in the rice grain*, en *Ind. Jour. of Agr. Scien. Delhi*, 7 : 863.
30. ROSCHEVICS, R. J., 1931. *A contribution to the knowledge of rise*, en *Bull. of Appl. Bot. of Genet. and Plant. Breed*, 27 : 3-133. Leningrad.
31. ROY, S. C., 1921. *A preliminary clasification of the wild rices of the Central provinces and Berar*, en *Agr. Jour. India*, 16 : 365-380.
32. SAMPIETRO, G., 1935. *L'eredità del pigmento nel riso*, en *Il gior. di Ris. Vercelli*, vol. 25 : 233-239.
33. SCALA, A. C., 1912. *Manipulaciones de Botánica*, en *Bibl. de Difus. Cient. del Mus. de la Plata*, tomo III.
34. STOK, J. E. VAN DER, 1908. *Eenige mededeelingen over roode rijst*, en *Teysmannia*, 65 : pp. 5, *Rev. Bot. Cbl.*, 111-259.
35. SUGI, H. and Y. KITAGAWA, 1926. *Ein Beispiel der unabhängigen Vererbung der Grannen und Spelzenspitzenfarbe bei Reis*, en *Notes from the Agr. Exp. Sta., Corea*, n° 5 : 411-414.
36. TAKEZAKI, Y., 1921. *Inheritance of leaf colour in purple rice*. *Idengaku Zassi* en *Jap. Jour. Genetics*, 1 : 37-43.
37. — 1923. *Ueber die Vererbung der Blattfarbe bei den Purpurnen Reispflanzen II*. *Idengaku Zassi*, en *Jap. Jour. Genetics*, 2 : 95-101.
38. THOMPSTONE, E., 1915. *Some observations on upper Burma paddy (Grown under irrigation)*, en *Agr. Jour. India*, 10 : 26-53.
39. YAMAGUTI, Y., 1921. *Etudes d'heredité sur la couleur des glumes chez le riz*, en *Bot. Mag. Tokyo*, 35 : 106-112.
40. — 1929. *Genetical studies on rice*, en *Ann. Rept. Saito Ho-on Kwai*, 5 for the year 1928 : 136-139.
41. — *Kreuzungsuntersuchungen in Reispflanzen I. Genetische Analyse der Granne, der Spelzenfarbe und der Endospermbeschaffenheit bei einigen Sorten des Reises*, en *Berich. Ohara Inst. Landw. Forsch.*, 3 : 1-126.
42. — 1927. *Kreuzungsuntersuchungen in Reispflanzen II. Ueber die zweite (s-u) Koppelungsgruppe mit besonderer Berücksichtigungen ihrer korrelativen Beziehung zur Blützeit*, en *Berich. Ohara Inst. Landw. Forsch.*, 3 : 319-330.
43. — *Further contributions to the knowledge of the second (s-m) linkage group in rice*. *Nogak kenkyu*. En *Agr. Res.*, 13 : 135-172.
44. YKENO, S., 1919. *Zikken-Idengaku*, 3<sup>th</sup> ed., en *Bot. Abst.*, 2 : 114.

La Plata, marzo de 1940.



Aspecto externo de la pigmentación antocianica en los distintos órganos de la planta de arroz  
(Referencias en el texto)