

# CIENTIFICOS

## **“El fenómeno de Iridiscencia observado en algunas especies de Mariposas”.**

Por Porfirio López Nieto.

### INTRODUCCION

Las mariposas pertenecen a la clase de los insectos, de la cual forman la subclase de los oterigotos y constituyen el orden de los lepidópteros. Esta denominación, compuesta de lépidos (escama) y pteron (ala), define una de las características de las mariposas. Básicamente, el ala es una membrana transparente blanca o de tinte neutro, cubiertas de escamas. Estas son visibles sólo con una lupa o al microscopio. Las dimensiones de una escama son relativamente pequeñas, y pueden cubrir un área de  $0.006\text{mm}^2$ . Otras son más diminutas ó de mayor tamaño. De forma diversa, según las especies, las escamas se distribuyen de manera distinta. En algunas mariposas, las escamas están distribuidas de manera ordenada y regular, imbricadas como las tejas de una cubierta y cubren toda la superficie del ala, y en otras aparecen dispersas sobre la membrana. Esa distribución ordenada de las escamas puede verse en la foto No.1 que le tomamos a la mariposa que analizamos, usando el microscopio electrónico de barrido Hitachi YYS-2R que pertenece a la UNPHU.



Foto No.1 -En esta fotografía aparecen las escamas imbricadas distribuidas sobre el ala de la mariposa. Aumento: x60.

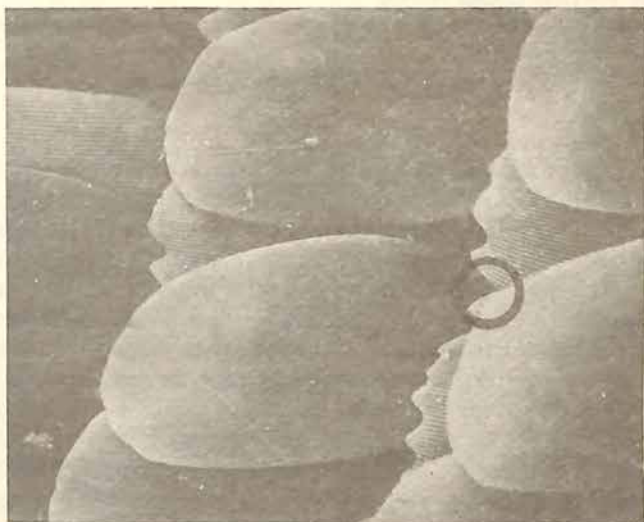
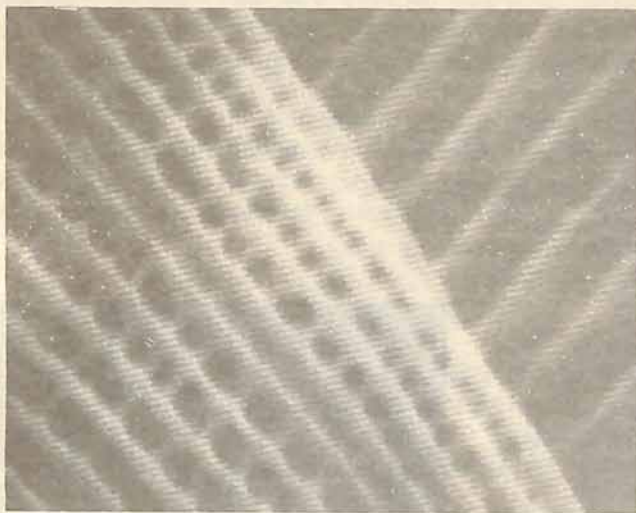
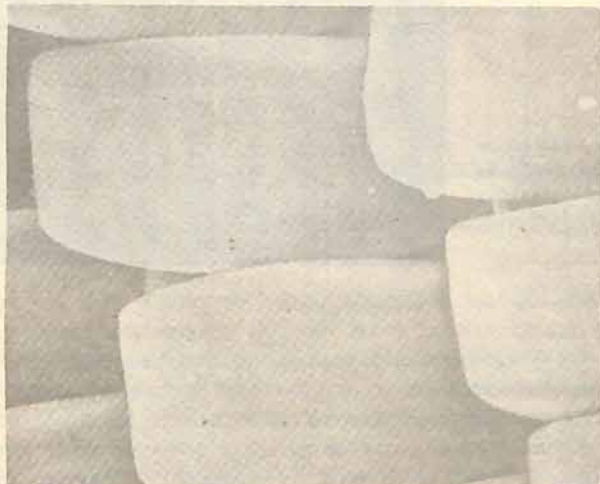


Foto No.2 -Escamas sobrepuestas unas en otras a manera de las tejas. Aumento: x600.



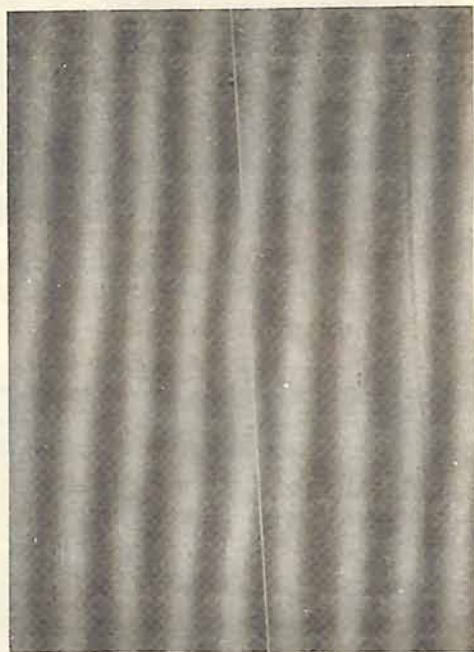
**Foto No.3** -Esta foto muestra una porción muy aumentada de una escama de estriado ancho semicubierta en la foto No.2. Aumento: x5,000.



**Foto No.4** -Se distinguen escamas de forma diferente a las que aparecen en la foto No.2 Esos aumentos se hicieron en zonas separadas sobre el ala de la mariposa.. Aumento: x600

Las escamas son delgadas plaquitas o láminas que están recorridas por unas estrías que forman un rayado o trama de protuberancias y huecos. El principal constituyente que refuerza y da consistencia a la trama, es la quitina, polisacárido proteínico córneo compuesto de acetil glucosamina.

Las partes señaladas en la descripción anterior se definen claramente en la foto No.5. En esta fotografía se notan las protuberancias —las rayas claras— y las estrías —las rayas oscuras— de la capa superior de la trama



**Foto No.5 -Estrías y protuberancias -las rayas claras- grabadas en la escama. Aumento: x15,000.**

Las alas de las mariposas están decoradas con colores magníficos que admiramos en las 100,000 especies que revolotean sobre la tierra. Para muchos de los lepidópteros los colores de las alas están determinados por los pigmentos y tintas que la cubren. Estos agentes colorantes poseen su color propio. La estructura molecular de un pigmento determina la parte del espectro de la luz visible que absorbe; la luz no absorbida es la que da el color a una región o al ala.

Sin embargo, existe un género de mariposas confinado en la América tropical que presenta el fenómeno de la iridiscencia.

Esta denominación hace alusión al hecho de que puede haber color sin pigmento. Este fenómeno se presenta en las

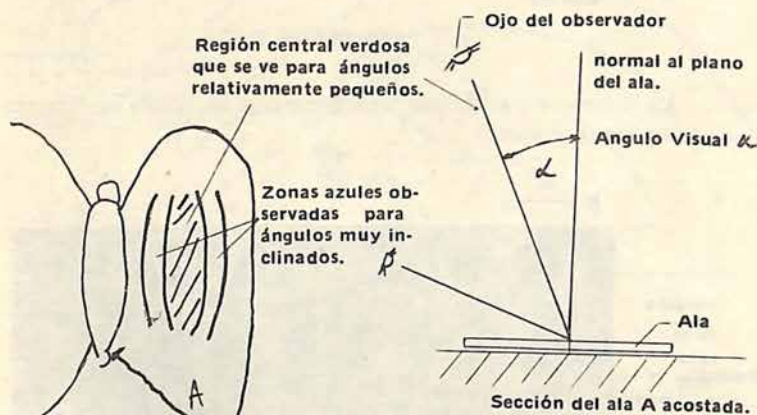


mariposas pertenecientes al género morfo que se caracteriza por la belleza de sus formas. Pero a esta belleza hay que añadir la brillantez de sus coloraciones. Estas se refieren a los llamados colores "estructurales."

Por tanto, el propósito de este trabajo es la explicación del fenómeno de iridiscencia que descubrimos en la mariposa que analizamos.

## DESARROLLO

Este estudio surgió al intentar dar una explicación al fenómeno siguiente: cuando mirábamos las alas de la mariposa del tipo morfo notábamos dos colores distintos para determinados ángulos visuales formados con la normal al plano del ala. Los colores predominantes fueron el azul metálico brillante y el color verdoso intenso. El diagrama explicativo No.1 indica las regiones del ala donde observamos esos dos colores.



Mariposa tipo morfo.

Diagrama No. 1

Como puede verse en el diagrama No.1, si el ala se mira con el ángulo visual muy agudo el color verde desaparece y aparece el azul brillante. Por tanto, es evidente que las escamas no están pigmentadas de verde o azul puesto que de estarlo deberían verse esos colores en todas las direcciones, y esto no ocurre. Esas coloraciones se pueden entender mediante un argumento relativamente sencillo; la interferencia de la luz.

A continuación explicaré como ocurre la interferencia de la luz cuando ésta incide sobre una escama y luego se difunde en todas direcciones produciendo los colores "puros" verde o azul según

sea el ángulo visual. Con el microscopio electrónico fue posible delimitar que las protuberancias que se ven en la foto No.5 tienen una forma semejante a semicilindros como se ve en el diagrama No.2.

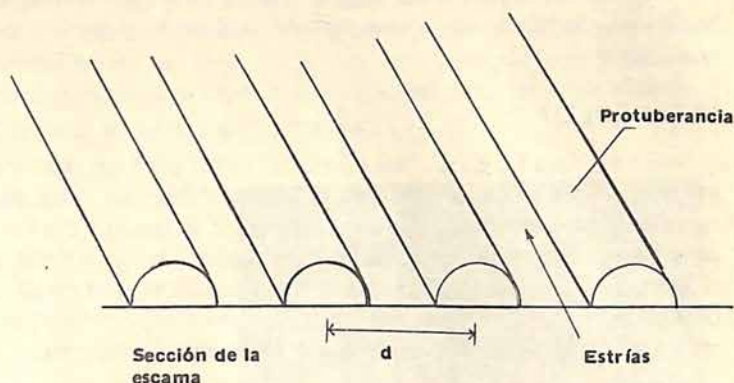
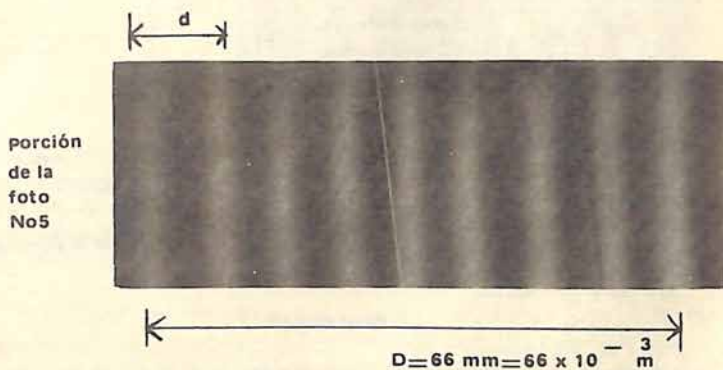


Diagrama No. 2

La distancia  $d$  entre dos protuberancias se calcula fácilmente de la siguiente manera:



$$d = \frac{D}{n \times M} \text{ donde } n \text{ es la cantidad de}$$

estrías entre las dos protuberancias escogidas, y,  $M$  es el aumento de la foto.

$$\text{Por tanto, } d = 66 \times 10^{-3} / 8 \times 15,000 \approx 5500 \times 10^{-10} = 5500 \text{ \AA}.$$

El resultado anterior indica que las dimensiones transversales de los semicilindros son comparables con la longitud de onda visible. Por esta razón, esas protuberancias se comportan como obstáculos o cuerpos pequeños que dispersan la energía de una onda incidente en todas direcciones, tal como se explica en el diagrama No.3. En realidad, la cantidad de dispersión depende de la longitud de onda. Como regla general, mientras mayor sea la longitud de onda comparada con el tamaño del obstáculo, más se dispersa la onda. Para partículas menores que la longitud de onda, la dispersión de la luz varía inversamente con la longitud de onda elevada a la cuarta potencia.

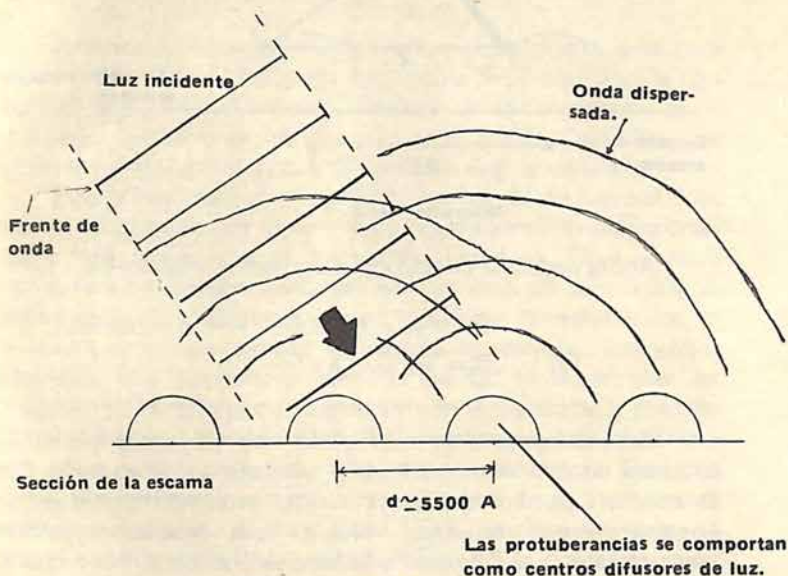


Diagrama No. 3

Para producir efectos de interferencia observables, se requieren de dos fuentes que emitan luces tales que, su diferencia de fase permanezca constante en el tiempo. Esas fuentes llamadas coherentes no son independientes. La interferencia que se produce sobre la escama se debe a la diferencia de caminos que tiene que recorrer un mismo frente de onda cuando éste es dispersado, primero, por una de las protuberancias, y luego, después de un pequeño intervalo de tiempo, es dispersada por la otra protuberancia contigua. Si la diferencia de recorridos  $\Delta X$  del diagrama No.4, es un cierto número entero de longitudes de onda, tal como  $m\lambda$  ( $m = 0,1,2,3,\dots$ , etc.), ocurrirá un reforzamiento total o interferencia constructiva para el color de  $\lambda$ .



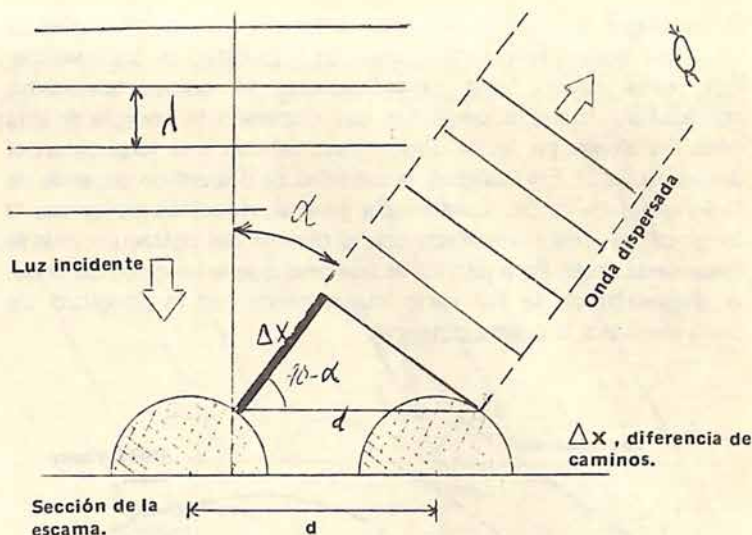


Diagrama No.4

Ahora podemos establecer las siguientes relaciones:

- (1)  $\Delta X = d \times \cos(90^\circ - \alpha) = d \times \text{sen } \alpha$
- (2)  $\alpha = \text{arc sen}(\Delta X/d)$ .

Matemáticamente se explica que si  $\Delta X/d$  es mayor que 1, entonces no existiría el valor de  $\alpha$  que satisfaga la ecuación (2). Desde el punto de vista físico, eso significa, que no encontraremos ángulos visuales que produzcan colores "estructurales," si  $\Delta X$  igual a la longitud de onda, hace que el cociente sea,  $\Delta X/d = \lambda/d > 1$ . Por esta razón, en nuestra mariposa no se produce interferencia constructiva para los colores amarillo y rojo. La distancia  $d$  en las escamas es menor que las longitudes de ondas de esos colores. Véase los resultados contenidos en la tabla No.2.

Tabla No.1

Color	Longitudes de ondas $\lambda$ A
Rojo	6,500
Amarillo	5,700
Verde	5,400
Azul	4,800
Violeta	4,500



Tabla No. 2

d=5,500 A		
Interferencia constructiva si $\Delta X = \lambda$	$\text{sen } \alpha = \Delta X/d$	Angulo $\alpha$
6,500	1.18	NO EXISTE
5,700	1.03	NO EXISTE
5,400	0.98	80°
4,800	0.87	60°

Anteriormente se dijo que el color verde puede verse para ángulos pequeños. El resultado en la tabla No.2 no coincide con esa realidad. Esta discrepancia entre el valor teórico de  $\alpha$  calculado mediante la formula (2), y el ángulo "práctico", se puede entender recurriendo a los llamados diagramas Moure.

Estos sirven para determinar las formas de los cuerpos ó de figuras. El diagrama de Moure se consigue cuando se superponen dos o más rayados ó varias tramas. Las fotos No.4 y No.6 representan las mismas escamas, pero en la No.6 se muestra el efecto de Moure. Pudimos lograr tomar esa fotografía con el microscopio electrónico empleando la técnica fotográfica adecuada. Ese diagrama se obtiene cuando se superponen las imágenes de las estrías de las escamas con el rayado de la pantalla del microscopio. Moure en la foto No.6 confirma que las escamas no son microplanos perfectos, sino, superficies curvas. Por esta razón, no podemos asumir que todas las protuberancias se encuentran en un mismo plano. Esto explica la aparente discrepancia señalada anteriormente. La curvatura muy pronunciada en los bordes de las escamas hace que la diferencia de recorridos  $\Delta X$  sea un múltiplo entero del verde. Así, se explica el porqué vemos el verde para ángulos visuales pequeños.



Por tanto, por todo lo expuesto anteriormente, hemos logrado explicar satisfactoriamente el fenómeno de iridiscencia y cómo, en ciertas regiones de la mariposa que estudiamos, se producen preferencialmente los colores verde y azul.

50  $\mu\text{m}$



Foto No.6 -Esta foto representa las mismas escamas que aparecen en la foto No.5, además, se ve el efecto de Moure, Aumento: x600.

## BIBLIOGRAFIA

- Mariposas Yves Latoude Ediciones Daimon, España 1ra. edición, 1973.
- Insectos Dr. Maurice Burton Ediciones Daimon, España, 1973. 1ra. edición.
- Maravillas de la vida de los insectos. Edward Step Espasa-Calpe, España, 1940
- Física General Sears y Zemansky Aguilar, España, 1969 11va edición.
- Biología Claude Villeee Nueva Editorial Interamericana, México, 1974 Sexta edición.
- Física Genger Publicaciones Cultural, México, 1972. Primera Edición.

