

# ADAPTACIONES VISUALES EN TRES ESPECIES DE CHORLOS PLAYEROS CON DIFERENTES ESTRATEGIAS ALIMENTICIAS NOCTURNAS

Luz Marina Rojas de Azuaje  
Instituto de Investigación en Biom.y Ciencias Aplicadas.  
Universidad de Oriente - Cumaná

## RESUMEN

Con el propósito de observar las posibles diferencias en la proporción de conos y bastones relacionadas con las estrategias alimenticias nocturnas de aves, se estudiaron las retinas de tres especies de aves playeras: El Playero Cabezón (*Pluvialis squatarola*), el Tigüitigüe Grande (*Tringa melanoleuca*) y la Becasina Migratoria (*Limnodromus griseus*).

La retina fue disecada en nueve sectores para ser estudiados con el microscopio de luz. Los contajes celulares se hicieron por campo microscópico (238  $\mu$ m). Se encontraron diferencias significativas entre especies del número promedio de bastones y del número promedio de conos por área de muestreo por sector retinal.

*P. squatarola* presentó la mayor cantidad de bastones. Esta es un ave de hábitos alimenticios diurnos y nocturnos, visuales y probablemente esta proporción de bastones esté asociada con una buena agudeza visual nocturna. *T. Meelano-leuca* presentó la mayor cantidad de conos en la retina lo cual justifica su estrategia visual diurna a base de presas de rápido movimiento, a diferencia de *P. squatarola* y *L. griseus* que se alimentan de presas relativamente sésiles. *L. griseus* no presentó predominancia de bastones ni de conos y se alimenta táctilmente tanto de día como de noche. La proporción de conos y bastones parece contribuir al tipo de estrategia alimenticia de estas aves y, por lo tanto a una adaptación exitosa en los ambientes donde se desenvuelven.

## INTRODUCCION

La nocturnidad, definida como el hecho de estar activo durante la oscuridad, es un fenómeno corriente en algunos grupos de aves terrestres y, hasta cierto punto, en varias familias de aves acuáticas que incluyen las aves limícolas o playeras, en particular, los Haematopodidae, Charadriidae, Scolopacidae y Recurvirostridae (McNeil y Robert, 1988; Robert y McNeil, 1988; Robert, et al., 1989).

Las aves limícolas pueden ser cazadores visuales, táctiles o visuales y táctiles según los géneros, las presas, las condiciones ambientales y el medio en donde se alimentan (Schneider, 1983; McNeil y Robert, 1988; Robert y McNeil, 1988). Los chorlos o chorlitos (***Pluvialis*** y ***Charadrius***) son cazadores visuales y cazan de la misma manera tanto de noche como de día (McNeil y Robert, 1988; Robert y McNeil, 1988). Otros géneros como ***Limnodromus***, son cazadores táctiles, igualmente de noche como de día (McNeil y Robert, 1988; Robert y McNeil, 1988). Para otros géneros, la estrategia nocturna puede ser diferente a la que usan de día; es el caso del género ***Tringa*** que se alimenta por vista de día, pero caza táctilmente de noche (Goss-Custard, 1969, 1970; McNeil y Robert, 1988; Robert y McNeil, 1988).

Se sabe que los cazadores táctiles tienen en la extremidad de su pico receptores sensoriales (corpúsculos de Herbst) que les permiten atrapar a sus presas por tacto, sin necesidad de verlos (Bolze, 1968). El gusto

o la quimiorrecepción podría igualmente intervenir (Gerritsen, et. al., 1983). Sin embargo, según toda apariencia, los Chorlos *Pluvialis y Charadrius* cazarian sus presas de noche por vista, tal como lo hacen de día y sus ojos, por comparación a los de las especies de los cazadores táctiles, son muy grandes.

Los ojos de las aves tienen una estructura básica similar a las de todos los vertebrados. Los receptores visuales son de dos tipos y reciben el nombre de bastones y conos (Tansley, 1964; Romer y Parson, 1983). Los bastones son muy sensibles a la baja iluminación, están asociados con escasa agudeza visual, y no intervienen en la visión de los colores. Las aves nocturnas tienen una gran proporción de bastones (Walls, 1942; Martin, 1986). Los conos, en cambio, están asociados con una buena agudeza visual, la visión a los colores y son poco sensibles en la oscuridad. La retina de las aves diurnas se caracteriza por una proporción relativamente alta de conos (Walls, 1942; Bowmaker y Knowles, 1977). En consecuencia, si los chorlos *Pluvialis y Charadrius* cazan realmente por vista de noche, deben tener una proporción más alta de bastones que *Limnodromus* que caza solo táctilmente y *Tringa*, que suele cazar visual y táctilmente según las condiciones de iluminación. (McNeil y Robert, 1988; Robert y McNeil, 1989). A propósito de las aves diurnas, Rochon-Duvigneaud (1943) menciona que el número de bastones varía según las especies y que son numerosos, por ejemplo, en *Charadrius hiaticula y Calidris alpina*, dos especies de aves limícolas que son activas de noche. Por otro lado, hay posibilidad de que las aves limícolas hayan desarrollado sus conos o sus bastones en tamaños diferentes dependiendo si su estrategia alimenticia es diurna o nocturna.

La retina de las aves contiene diez capas bien definidas (Borwein, 1981; Martin, 1985; Ali y Klyne, 1986) como se observa en la Figura 1. Comenzando por el final escleral son: 1) el epitelio pigmentario, consiste de una sola capa de células; 2) la capa de los segmentos externos e internos de conos y bastones (procesos dendríticos); 3) la membrana limitante externa (MLE), que no es una membrana verdadera, sino las proyecciones de las células de Müller que separan cada uno de los fotoreceptores; 4) la capa nuclear externa, que contiene los núcleos de los fotoreceptores; 5) la capa plexiforme externa, donde los axones de los fotoreceptores hacen sinápsis con los procesos de

las células bipolares y horizontales de 6) la capa nuclear interna; 7) la capa plexiforme interna, donde las células bipolares y amacrinas hacen sinápsis con las dendritas de 8) la capa de células ganglionares, cuyos axones forman 9) la capa de fibras nerviosa; 10) membrana limitante interna, la cual delimita la superficie vitreal de la retina.

Se han realizado estudios para el análisis morfológico, y cuantitativo de los fotoreceptores visuales de las aves (Morris y Shorey, 1967; Morris, 1970; Meyer y May, 1973; Mariani y Leure-Dupree, 1978; Bowmaker y Martin, 1985). Estos trabajos se realizaron en la zona de la retina comprendida entre las capas uno y cinco descritas anteriormente.

En los fotoreceptores visuales de las aves, se encuentran bastones, conos simples y conos dobles. Estos últimos conteniendo un miembro principal y uno accesorio. Por otra parte, se ha observado que algunas especies de aves no contienen conos dobles (Martin, 1985). En líneas generales existe una variación interespecifica en la forma, tamaño y número de los fotoreceptores visuales. Esta variación puede deberse a los hábitos y estrategias que las aves utilizan para conseguir su alimento.

El objetivo del presente estudio es comparar la proporción de conos y bastones en las retinas de tres especies de aves limícolas con estrategias alimenticias nocturnas diferentes. Ellas son el Playero Cabezón (*Pluvialis squatarola*), el Tigüitigüe Grande (*Tringa melanoleuca*), y la Becasina Migratoria (*Limnodromus griseus*).

## MATERIALES Y METODOS

Individuos de las tres especies de aves fueron capturadas en El Peñón, Laguna de los Patos y Laguna de Chacopata, en el Estado Sucre, Venezuela. Las capturas se llevaron a cabo con redes de niebla y escopeta calibre 16. Algunas aves capturadas vivas fueron trasladadas al laboratorio en jaulas, previamente equipadas.

Para el estudio cuantitativo de los conos y bastones se utilizó un ejemplar por cada especie.



Una vez sacrificadas las aves, por decapitación, se les extrajeron inmediatamente los ojos completos y fueron medidos con un vernier. La fijación se hizo con glutaraldehído al 2,5 % en buffer fosfato de 0,1 M (pH 7,2), inyectando el fijador con una jeringa dentro del ojo y dejándolo sumergido en el mismo durante 30 minutos. La disección del ojo se hizo a nivel de la ora serrata y, una vez abierto, se le extrajo el humor vitreo quedando al descubierto la retina. El pecten fue usado como estructura de referencia para dividir la parte del ojo posterior a la ora serrata en nueve sectores, tal como se describe a continuación (Fig. 2). El primer corte se hizo a través del eje longitudinal del pecten. El segundo corte se hizo paralelo al primero y el tercero y cuarto corte se realizó perpendicular a los otros dos (Fig. 2-A). Esta técnica fue empleada por Meyer y May (1977) y Begin y Handford (1987). Cada sector retinal fue colocado en un vial con el fijador durante 3 horas. Posteriormente, se lavaron con el mismo buffer por 10 minutos. La postfijación se hizo con tetróxido de osmio (OsO<sub>4</sub>) al 1 %, (Ph 7,2) durante 1 hora. Las muestras se lavaron dos veces durante 10 minutos cada una: la primera con buffer fosfato y la segunda en agua destilada. La deshidratación se llevó a cabo con alcoholes de concentraciones crecientes de 30, 50, 70, 80, 90, 95 y 100 %; cada paso duró 30 minutos. La infiltración del tejido se hizo en óxido de propileno puro durante 15 minutos; luego, en una mezcla 1:1 de óxido de propileno-resina epóxica (LX-112) por un período de 12 horas y finalmente en la resina pura por 2 horas más. Los tejidos se incluyeron con resina epóxica en cápsulas de propileno. Estas últimas fueron colocadas en una estufa a 60 °C durante 48 horas para su polimerización.

Cada sector (S) se subdividió en cuatro secciones (Fig. 2-B) de las cuales solo se utilizaron dos para el conteo de células (Fig. 2-C). De cada sección se tomaron 12 cortes de 0,7 µm de espesor, quedando un total de 24 cortes por sector (Fig. 2-D). Entre cada corte seleccionado, se rechazaron 30 ó 40 cortes aproximadamente, evitando así hacer dos conteos de fotorreceptores sobre la misma capa celular (2-E). Los cortes se hicieron en un ultramicrotomo Reichert Jung, modelo Ultra-Cut E, con cuchillas de diamante y fueron coloreados con azul de toluidina. Los conteos se hicieron por campo con un fotomicroscopio Zeiss. Se analizaron uno o dos campos de 238 µm por corte (Fig. 2-F). Se hicieron aproximadamente 45 conteos de conos y bastones en cada uno de los nueve sectores retinales, sumando alrededor de

405 conteos por ojo. Por cada sector retinal se presentó el promedio de conos y de bastones por unidad de campo (X/100 µm). Los resultados de esta experiencia fueron analizados con un ANOVA simple y con la prueba a posteriori DUNCAN.

Se presentan fotomicrografías de los conos y bastones de las retinas de *Tringa melanoleuca* (Fig. 3), *Limnodromus griseus* (Fig. 4) y *Pluvialis squatarola* (Fig. 5). Las fotomicrografías fueron tomadas con un objetivo de inmersión de 63 X, iluminación de campo claro y filtro color naranja.

## RESULTADOS

Las medidas de los ojos de las tres especies de ave fueron las siguientes:

<i>Pluvialis squatarola</i> :	18,0 ± 2,0 mm
<i>Tringa melanoleuca</i> :	15,0 ± 1,4 mm
<i>Limnodromus griseus</i> :	10,0 ± 2,0 mm

Proporción de conos y bastones

Densidad de bastones

El número promedio de bastones por unidad de área (X/100 µm) por sector retinal (S) en *T. melanoleuca*, *L. griseus* y *P. Squatarola* están representados en la Tabla I. Los máximos valores fueron encontrados en S<sub>5</sub> (19, 33 ± 1,3) de *P. squatarola*, S<sub>6</sub> (18,4 ± 22,2) de *T. melanoleuca* y S<sub>5</sub> (17,2 ± 1,0) de *L. griseus*. El análisis de varianza aplicado a estos resultados indica que existen diferencias significativas (P < 0,001) entre especies en cuanto al número promedio de bastones por unidad de área por sector retinal (Tabla II). La prueba a posteriori DUNCAN aplicada a estos resultados indican que la especie que tiene mayor cantidad de bastones por unidad de área por sector retinal es *P. squatarola* y la que tiene menor cantidad es *T. melanoleuca* (Tabla III).

Densidad de conos

El número promedio de conos por unidad de área por sector retinal en *T. melanoleuca*, *L. griseus* y *P. squatarola* están representados en la Tabla I. Los máximos valores de conos por

unidad de área retinal fueron encontrados en los sectores  $S_2$  ( $24,0 \pm 1,8$ ),  $S_3$  ( $22,5 \pm 1,4$ ) y  $S_5$  ( $22,2 \pm 1,5$ ) de *T. melanoleuca*;  $S_3$  ( $18,6 \pm 0,7$ ) y  $S_6$  ( $17,4 \pm 1,7$ ) de *P. squatarola* y  $S_5$  ( $16,0 \pm 1,2$ ) y  $S_4$  ( $15,9 \pm 1,2$ ) de *L. griseus*. El análisis de varianza aplicado a estos resultados indica que las especies bajo estudio presentaron diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) en cuanto al número de conos por unidad de área por segmento retinal (Tabla IV). La prueba a posteriori DUNCAN indica que la especie que tiene mayor cantidad de conos por unidad de área de muestreo por sector retinal es *T. melanoleuca* y la que tiene menos cantidad es *L. griseus* (Tabla V).

## DISCUSION

Según los resultados obtenidos, *P. squatarola* resultó tener mayor cantidad promedio de bastones por unidad de área por sector retinal (S), seguida de *L. griseus* y *T. melanoleuca*.

*P. squatarola* presentó el máximo promedio de bastones por unidad de área en  $S_5$  el cual es el sector central de los 9 sectores en que fue dividida la retina y que corresponde al cuadrante retinal donde se encuentra la fovea central en el pollo (Meyer y May, 1973) y en  $S_3$  correspondiente al cuadrante donde se encuentra la fovea temporal en buhos, águilas, halcones y otros (Meyer y May, 1973). En algunas aves, se encuentra tanto la fovea central como la fovea temporal (Martin, 1985). Aunque no tratamos de buscar la fovea en ninguno de los sectores retinales de *P. squatarola*, si observamos la tendencia de éstos a tener diferentes cantidades de conos y de bastones. El sector  $S_5$  tiene poca cantidad de conos en relación con  $S_3$  que tiene ligeramente más conos que bastones. Probablemente  $S_5$  sea un sector donde se ve aumentada la sensibilidad visual durante la noche. En cambio,  $S_3$  es un sector importante tanto para la visión diurna como para la nocturna. En general, *P. squatarola*, presentó mayor cantidad de bastones en su retina, lo cual no es sorprendente ya que esta es un ave de hábitos nocturnos visuales (McNeil y Robert, 1988; Robert y McNeil, 1988). Por otro lado, *P. squatarola* tiene los ojos muy grandes en relación con el tamaño de su cabeza, propio de aves de hábitos nocturnos.

Un estudio de Microscopía Electrónica que se llevó a cabo conjuntamente con el presente trabajo, demostró que el segmento externo de los bastones en *Pluvialis squatarola* es más largo que el de *Tringa melanoleuca* y de *Limnodromus griseus*. Se ha notado que en *P. squatarola* existen algunas áreas retinales donde los segmentos externos de los bastones están más desarrollados que en las otras dos especies. Como es conocido, en el segmento externo se deposita el pigmento fotosensitivo y es lógico pensar que, al ser más desarrollado, tiene mayor superficie fotosensitiva. Meyer (1977) menciona que en los ojos de algunas aves existen las llamadas "áreas retinales": se trata de un espesamiento local de todas las capas de las retinas donde los fotoreceptores son más alargados y delgados. Algunos autores (Walls, 1942; Fite, 1973; Meyer, 1977) suponen que éstas son zonas especializadas de la retina donde se incrementa el poder de resolución del ojo. Como ya se mencionó, *P. squatarola* es un ave de hábitos alimenticios diurnos y nocturnos, y su estrategia para capturar la presa es totalmente visual, incluso de noche (McNeil y Robert, 1988; Robert y McNeil, 1989). Cabe pensar que la presencia de estas áreas son adaptaciones en la retina de esta ave para aumentar la agudeza visual durante la noche.

*T. melanoleuca* presentó mayor cantidad de conos seguida de *P. Squatarola* y *L. griseus*. La mayor cantidad de conos se observó en los sectores  $S_2$ ,  $S_3$  y  $S_5$  correspondientes a los cuadrantes donde se encuentra la fovea lateral posterior, temporal y central respectivamente de algunas aves (Meyer y May, 1973). *T. melanoleuca* es un ave de estrategia diurna visual y nocturna táctil (McNeil y Robert, 1988; Robert y McNeil, 1988). Probablemente esta ave cambie su estrategia alimenticia durante la noche por conveniencia. Primero, por no tener suficiente resolución visual durante la noche debido a que carece de suficientes bastones por unidad de área y segundo por no contar con ojos suficientemente grandes como los de *P. squatarola*. Por otra parte, si analizamos el tipo de alimento de las aves bajo estudio podemos notar que *T. melanoleuca* se alimenta de día de presas móviles como: insectos, peces, anfipodos, crustáceos (Bent, 1927; Johnsgard, 1991) es decir, presas que nadan. Probablemente, ésta es una importante razón para que su retina tenga ligeramente más conos que la de *L. griseus* y *P. squatarola*, los cuales se alimentan de día con presas más que todo sésiles entre las que figuran gusanos poliquetos, camarones de arena, pupas y larvas de

dípteros (Bent, 1929; Johnsgard, 1981; Cramp, 1983).

**L. griseus** presentó la mayor cantidad promedio de bastones en los sectores S<sub>4</sub> y S<sub>5</sub>. La proporción de conos fue ligeramente menor que la de los bastones. Esta pequeña diferencia entre cantidad de conos y bastones por unidad de área probablemente se debe a que esta es un ave de estrategias alimenticias diurnas y nocturnas estrictamente táctiles (McNeil y Robert, 1988; Robert y McNeil, 1988) cuya visión prácticamente no actúa en la tarea de capturar la presa.

Se ha demostrado que las aves que capturan su presa táctilmente se valen de algunos mecanismos sensoriales en los cuales la vista no interviene. Posiblemente tanto **L. griseus** como **T. melanoleuca** hayan desarrollado algunas adaptaciones que les permitan cazar de noche por tacto como son los "corpúsculos de Herbst" en el pico (Bolze, 1968) y/o la "quimiorrepción" (Gerritzen, et. al., 1983).

En base a los resultados obtenidos, todo parece indicar que la proporción de conos y bastones en las retinas de estas aves tiene mucho que ver con la capacidad adaptativa de las aves en la tarea de capturar la presa. **P. squatarola**, aparte de grandes ojos, tiene más bastones que conos en la retina y áreas con bastones muy desarrollados en tamaño, lo que supuestamente le permite la visión nocturna, necesaria para encontrar la presa. **T. melanoleuca**, tiene ligeramente más conos que bastones, lo que le permite capturar presas móviles durante el día. Sin embargo, en la noche cambia su estrategia alimenticia y se convierte en táctil ya que está dotada de mecanismos sensoriales en el pico que le ayudan a encontrar sitios de abundantes presas. **L. griseus**, tiene pequeños ojos, caza táctilmente de día y de noche y al igual que **Tringa** tiene mecanismos sensoriales en el pico que le permiten encontrar su presa.

En resumen, todas estas características posiblemente permitan a estas aves una alimentación eficaz y por lo tanto una adaptación exitosa a los ambientes donde se desenvuelven.

## CONCLUSIONES

1. En general, **Pluvialis squatarola** presentó mayor cantidad de bastones en la retina que es lo esperado para un ave de estrategias alimenticias nocturnas estrictamente visuales.

2. **Tringa melanoleuca** presentó mayor cantidad de conos en la retina, lo cual justifica su estrategia visual diurna a base de presas móviles. A diferencia de **Pluvialis squatarola** y **Limnodromus griseus** que se alimentan de presas relativamente sésiles.

3. En **Limnodromus griseus** la proporción de conos y bastones es de 1:1 en toda la retina. Esto quizás se debe a que esta es un ave de estrategias alimenticias diurnas y nocturnas estrictamente táctiles y se ha demostrado que estas aves de hábitos táctiles tienen otros mecanismos para conseguir su presa, donde la visión no interviene (ej. quimiorrepción).

4. Los resultados obtenidos parecen indicar que la densidad de fotorreceptores en la retina es un aspecto que tiene mucho que ver con la capacidad adaptativa de las aves para capturar la presa.

## REFERENCIAS

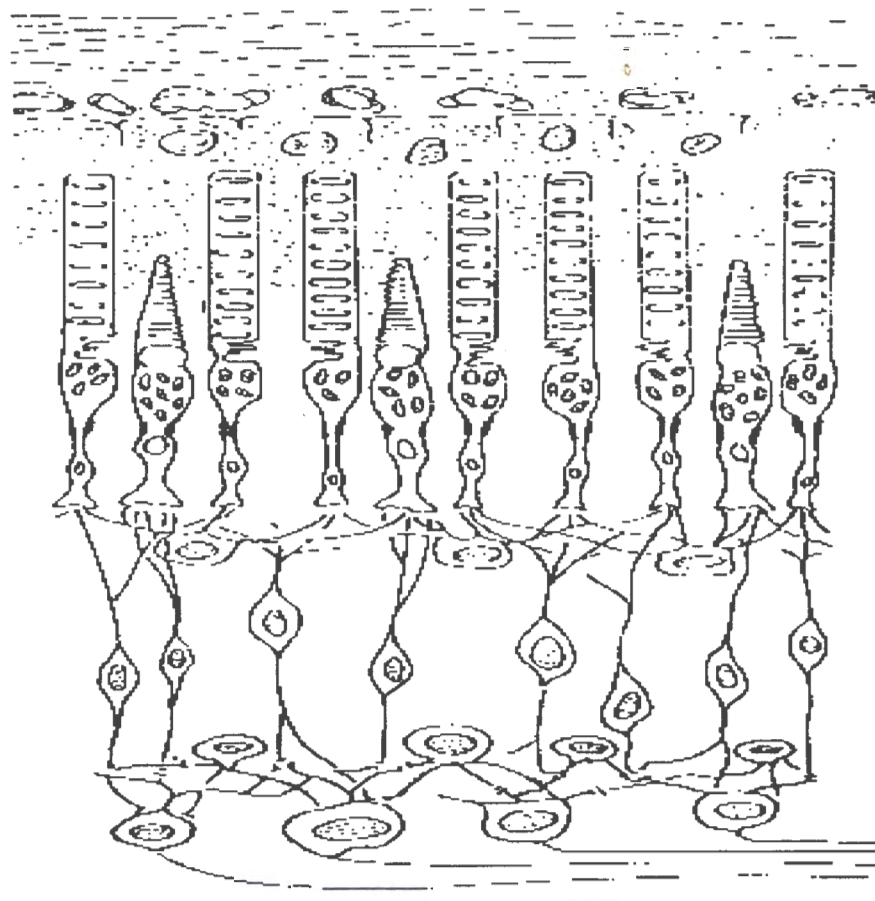
Ali, M. A. y Klyne, M. A. 1986. "La visión chez les Vértébrés Décarie, Montreal y Masson, Italia.

Begin, M. T. and Hanford, P. 1987. Comparative study of retinal oil droplets in grebes and coots. *Can. J. Zool.* 65: 2105-2110.

Bent, C. A. Life histories of North American shore birds. U. S., Nat. Mus. Bull, 142.

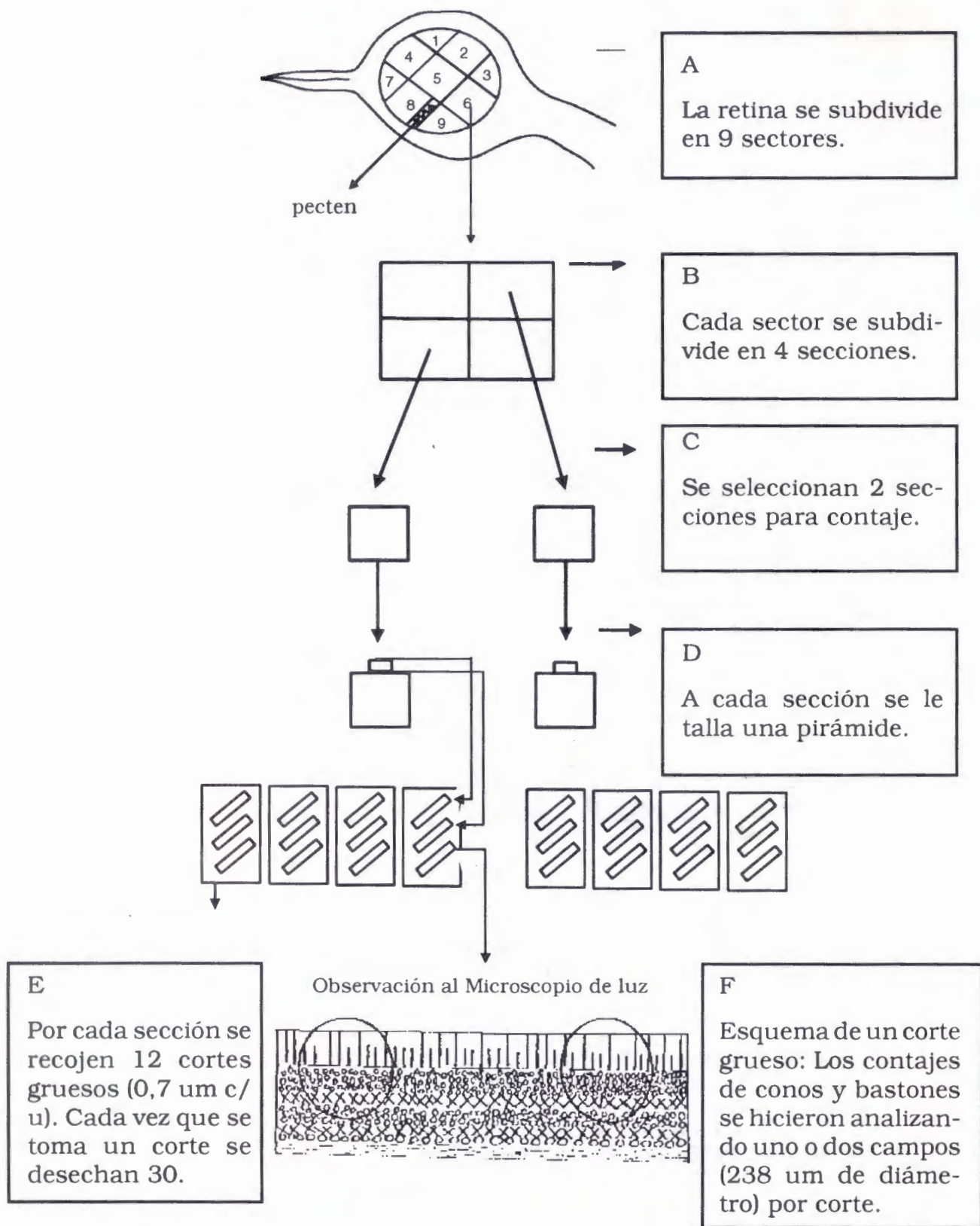


- Bent C. A. 1929. Life histories of North American shore birds. U. S., Nat. Mus. Bull, 146.
- Bolze, G. von. 1968. Anordnung und Bau der Herbsschen Koperchen in Limicolenschnabeln in Zusammenhang mit der Nahrungsfindung. Zool. Anz. 181: 313-343.
- Borwein, B. 1981. The retinal receptor: a description. In "Vertebrate Photoreceptor Optics" (J. M. Enoch and F. L. Tobey, eds.). Springer-Verlag, Berlin, 11-81.
- Bowmaker, J. K. and Knoeles, A. 1977. The visual pigments and oil droplets of the chicken retina. vision Res. 17: 755-764.
- Bowmaker, J. K. and Martin, G. R. 1985. Visual pigments and oil droplets in the penguin, *Spheniscus humboldti*. J. Comp. Physiol. 156: 71-77.
- Cramp, S. 1983. "The Birds of the Western Palearctic". Vol. III Oxford University, London.
- Fite, K. V. 1973. Anatomical and behavioural correlates of visual acuity in the Great Horned Owl. Vision Res. 13: 219-230.
- Gerritsen, A. F. C., Van Heezik, Y. M. and SWENNEN, C. 1983. Chemoreception in two further *Calidris* species (C. *maritima* and C. *canutus*). Netherlands J. Zool. 33: 485-496.
- Gos-Custard, J. D. 1969. The winter feeding ecology of the Redshank *Tringa totanus*. Ibis 111: 338-356.
- Johnsgard, P. A. 1981. "The Plovers, Sandpipers, and Snipes of the World". Nebraska University Press, Lincoln.
- McNeil, R. and Robert, M. 1988. Nocturnal feeding strategies of some shorebird species in a tropical environment. Acta 19th. Intern. Ornithol. Congr.: 2328-2336.
- Mariani, A. P. and Leure-Dupree, A. E. 1978. Photoreceptors and oil droplet colors in the red area of the pigeon retina. J. comp. Neur. 182: 821-838.
- Martin, G. R. 1985. Eye. In "Form and Function in Birds" (A. S. King and J. McLelland, eds.). Academic Press, New York, 311-373.
- Martin, G. R. 1986. Sensory capacities and the nocturnal habit of owls (Strigiformes). Ibis 128: 266-277.
- Meyer, D. B. 1977. The avian eye and its adaptations. In "Handbook of Sensory Physiology" (F. Crecitelli, ed.). vol. VII/5 Springer-Verlag, Berlin.
- Meyer, D. B. and May, C. H., Jr. 1973. The topographical distribution of rods and cones in the adult chicken retina. Exp. Eye. Res. 17: 347-355.
- Morris, V. B. 1970. Symmetry in a receptor mosaic demonstrated in chick from frequencies, spacing and arrangement of the types of retinal receptor. J. Comp. Neur. 140: 359-398.
- Robert, M. and McNEIL, R. 1988. Comparative day and night feeding strategies of shorebird species in a tropical environment. Ibis 131: 69-79.
- Robert, M., McNeil, R. and Leduc, A. 1989. Conditions and significance of night feeding in shorebirds and other water birds in a tropical lagoon. Auk 106: 94-101.
- Rochon-Duvigneaud, A. 1943. "Les Yeux et la Vision des Vertébrés". Masson & Cie, Paris.
- Romer, A. S. and Parsons, T. S. 1983. "Anatomía comparada". Edit. Interamericana, Mexico.
- Schneider, D. 1983. The food and feeding of migratory shorebirds. Oceanus 26: 38-43.
- Tansley, K. 1964. Vision. In "A New Dictionary of Birds" (L. Thomson, ed.). British Ornithologists' Union, London.
- Walls, G. L. 1942. "The vertebrate Eye and its Adaptive Radiation". Cranbrook Institute of science, Bloomfield Hills, Michigan.



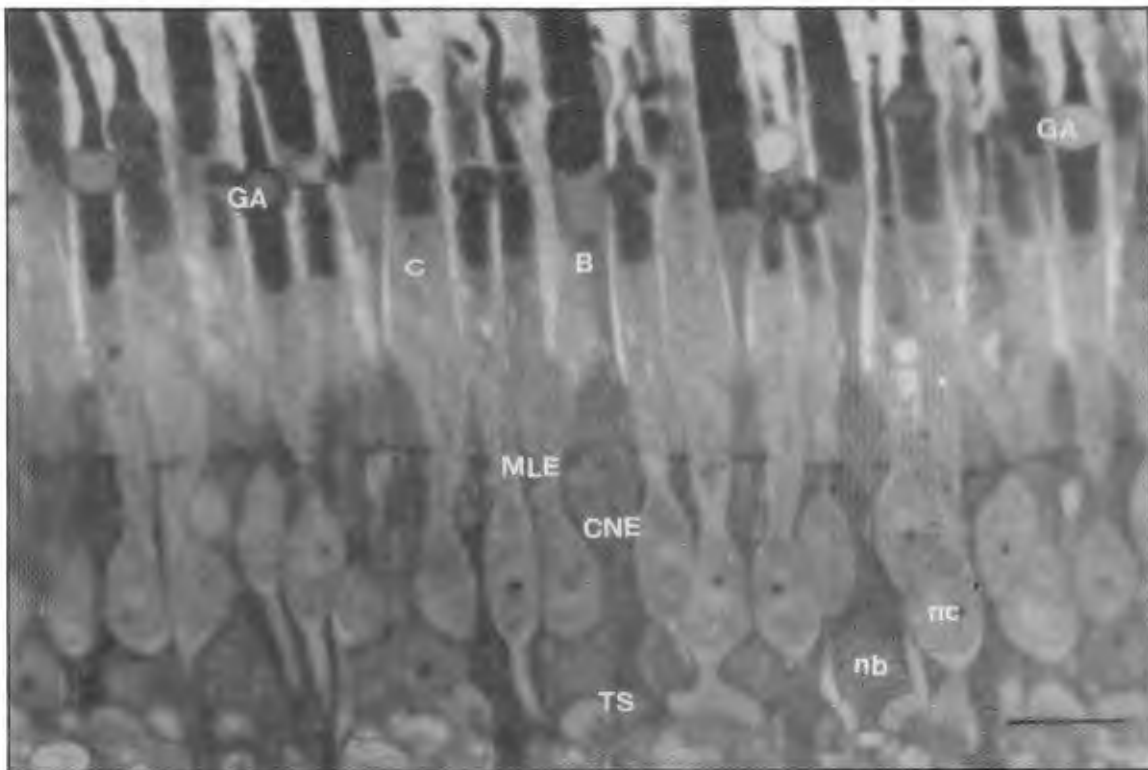
**FIGURA 1.** Esquema de la retina mostrando las diez capas en que se encuentra dividida:

1) Epitelio pigmentario, 2) Capa de los segmentos externos e internos de conos y bastones, 3) Membrana limitante externa, 4) Capa nuclear externa, 5) Capa plexiforme externa, 6) Capa nuclear interna, 7) Capa plexiforme interna, 8) Capa de células ganglionares, 9) Capa de fibras nerviosas, 10) Membrana plexiforme interna (Modificación de Ali y Klyne, 1986)



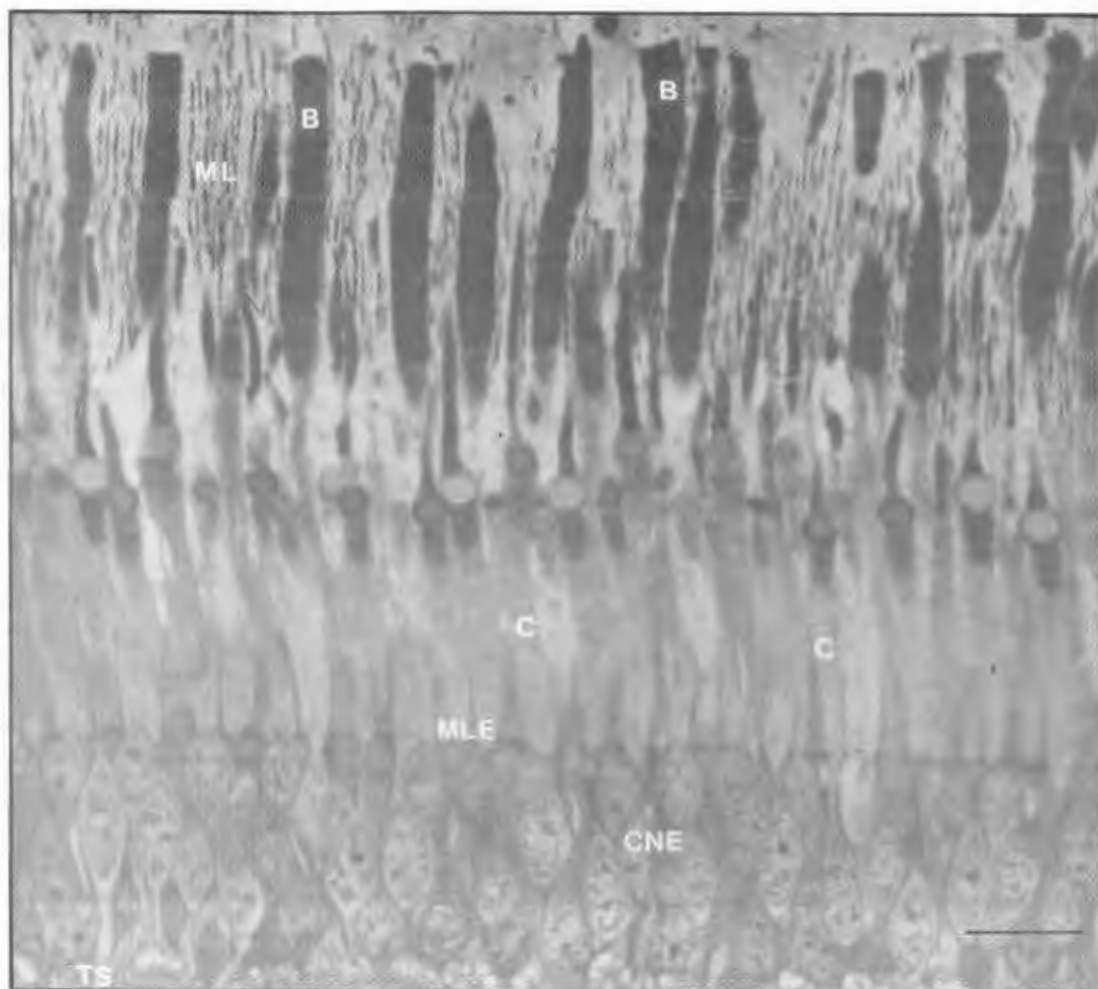
**FIGURA 2.** Procedimiento técnico para el análisis de la proporción de conos y bastones





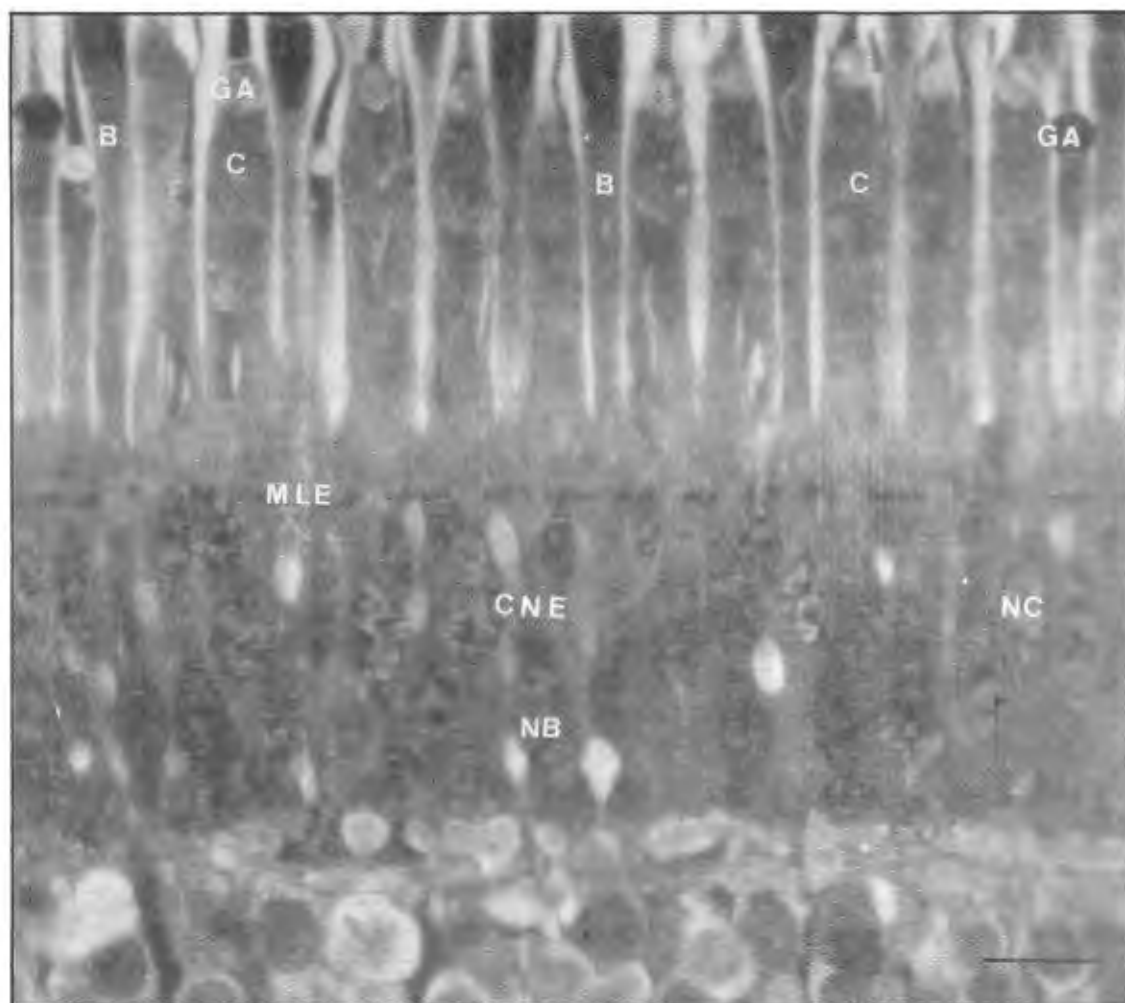
**FIGURA 3.** Panorámica de fotorreceptores de la retina de *T. melanoleuca*: Se observa, proyecciones del epitelio pigmentario (EP) mostrando gránulos de melanina (ML). Los segmentos externos de los bastones (B), penetran dentro de las células del epitelio pigmentario. Los conos (C) son mas pequeños que los bastones y contienen una gota de aceite (GA) en la parte superior del segmento interno, La membrana limitante externa (MLE) delimita la capa de los segmentos externos e internos de ls fotorreceptores de la capa nuclear externa (CNE) donde se encuentra los núcleos de estos. Los núcleos de los conos (nc) se encuentran a diferentes niveles dentro de la capa nuclear esterna. Los procesos de los terminales sinápticos (TS) por una prolongación estrecha de la célula.

Barra: 10  $\mu$ m.



**FIGURA 4.** Panorámica de fotorreceptores de la retina de *L. griseus*. Se observan los bastones (B), mostrando el segmento externo (SE); el segmento interno conteniendo el elipsoide (EB) el cual se observa inmediatamente debajo del segmento externo. En la capa nuclear externa (CNE) el núcleo de los bastones (nb) ocupa el nivel mas interno. Los conos (C) tienen en la parte superior del segmento interno, una gota de aceite (GA), debajo de la cual se encuentra el elipsoide (EC). La membrana limitante externa (MLE) formada por las células de Muller delimita el segmento interno de los conos y bastones de la capa nuclear externa; El núcleo de los conos (nc) se encuentra a distintos niveles dentro de la (CNE). Los terminales sinápticos (TS) de los fotorreceptores se observan todos en un mismo nivel.

Barra: 10  $\mu$ m.



**FIGURA 5.** Panorámica de fotorreceptores de la retina de *P. squatarola*. Se observan los segmentos internos de los bastones (B) conteniendo en su parte superior el elipsoide (E). En la capa nuclear externa (CNE), el núcleo de los bastones (NB) ocupa el nivel más interno. Se encuentran los conos (C) conteniendo una gota de aceite (GA) en la parte superior del segmento interno. El núcleo de los conos (NC) se encuentra a diferentes niveles dentro de la capa nuclear externa. La membrana limitante externa (MLE), delimita los segmentos externos e internos de los fotorreceptores de la capa nuclear externa (CNE).

Barra: 10  $\mu$ m.