

TEMA 5



CHARLES DARWIN Y EL OJO

PARTE 2. Ojos complejos

Ariel A. Roth
sciencesandscriptures.com

ESQUEMA

- 1. La complejidad del ojo: Partes especiales e interdependientes**
- 2. El ojo incompleto de la evolución**
- 3. La retina invertida: Funciona muy bien**
- 4. Conclusiones**
- 5. Cuestionario de repaso**

1. LA COMPLEJIDAD DEL OJO

1. LA COMPLEJIDAD DEL OJO

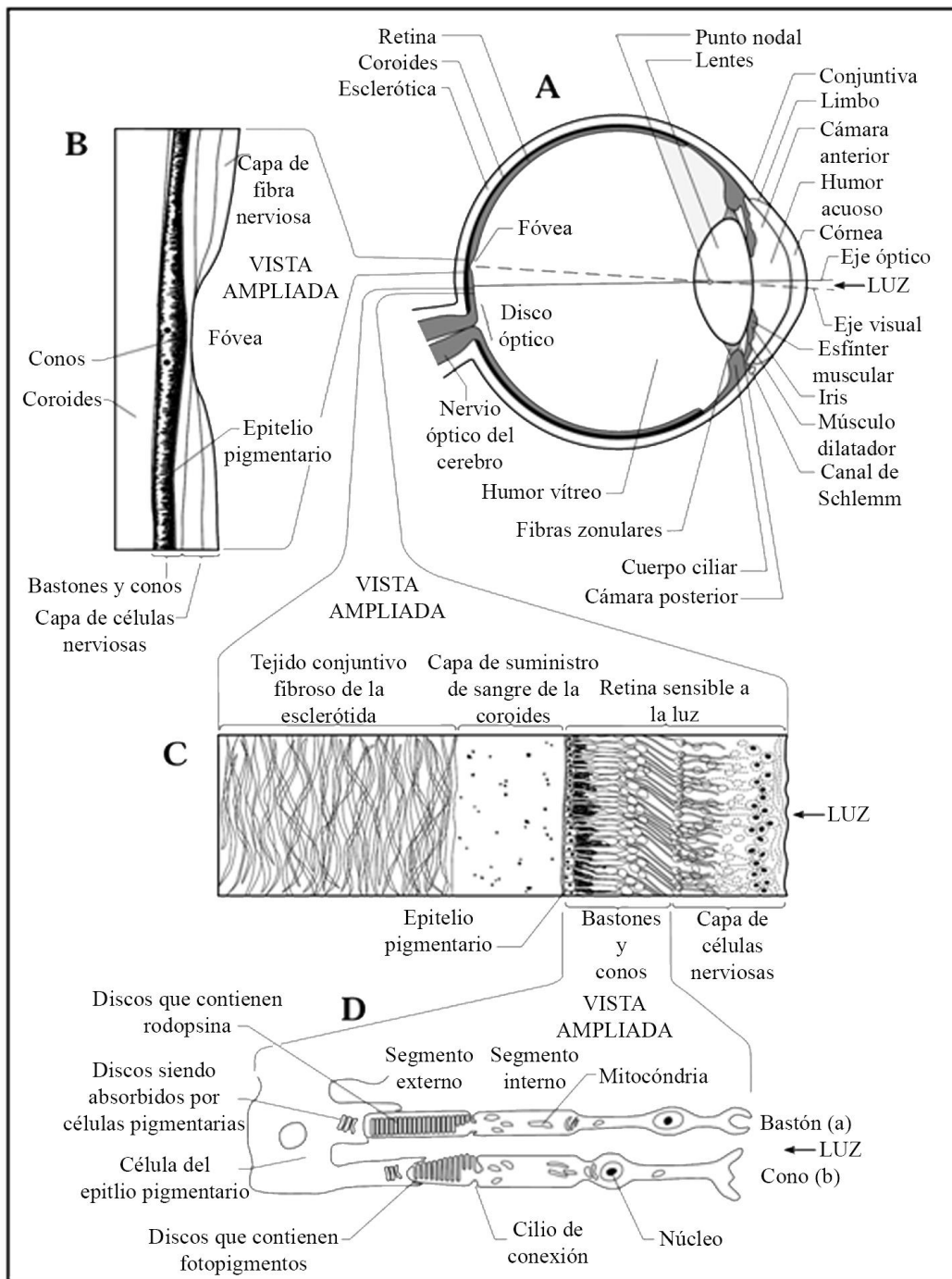
El ojo es mucho más complejo de lo que parece a simple vista.

La siguiente figura muestra algunos detalles adicionales sobre el ojo humano que es un ejemplo del ojo “simple“ de una sola lente de los vertebrados, también conocido como el "ojo tipo cámara". En el diagrama A, se pueden observar las numerosas piezas especiales (derecha) asociadas con el **crystalino**, el **iris** y la **pupila**. A su vez, cada una de esas piezas se compone de muchas partes interdependientes más pequeñas necesarias para que el correcto funcionamiento del ojo. Se plantea por lo tanto la pregunta: ¿cómo pudieron evolucionar gradualmente estas piezas proporcionando una ventaja evolutiva antes de que estuvieran presentes todas las partes necesarias para que el sistema funcione?.

EL OJO DE LOS VERTEBRADOS

A. El ojo complejo de los vertebrados.

B, C, D, detalles ampliados.



1. LA COMPLEJIDAD DEL OJO

En la diapositiva anterior observamos que hay tres capas principales en la pared del ojo (diagrama C): la *esclerótica* exterior, resistente y blanquecina; la *coroides*, que es rica en vasos sanguíneos y la complicada *retina* interna que es casi transparente. Hablaremos de esto más adelante, cuando examinemos la retina invertida.

La retina alberga muchas células nerviosas y también las células que detectan la luz (fotorreceptores) ,conocidas como *bastones* y *conos* (Diagrama D). La función de los bastones es detectar la luz tenue, mientras que los conos detectan la luz brillante y el color.

1. LA COMPLEJIDAD DEL OJO

LA DETECCIÓN DE LA LUZ

Un bastón puede contener **40,000,000** moléculas de la proteína *rodopsina*. Los conos también contienen rodopsina pero en menor cantidad. Cuando la luz alcanza a la rodopsina, ésta se pliega. En respuesta a este cambio estructural se inicia una reacción en cadena que afecta a numerosas moléculas de distintos tipos y que causa un aumento en la carga negativa del exterior del bastón (o cono). Ese cambio en la carga provoca un impulso nervioso en las células nerviosas. A continuación todo el proceso debe revertirse en el interior del bastón (o cono), para que este pueda reaccionar de nuevo al recibir más luz. Al menos doce proteínas diferentes están involucradas en el proceso.

Curiosamente, el ojo del molusco vieira (*Pecten*) posee una retina doble. Las células de la retina interna se cargan negativamente cuando reciben luz, como en el caso humano, pero las de la retina externa (más profunda) se cargan positivamente. Este ejemplo añade aún más variabilidad y complejidad al espectro de ojos que encontramos en los animales.

1. LA COMPLEJIDAD DEL OJO EL OJO DEL TRILOBITES

Recordemos que en el primer tema sobre Charles Darwin y el ojo (N ° 4), mencionamos la inquietud de Darwin al considerar los ojos complejos, incluyendo su capacidad para corregir la *aberración esférica*. La aberración esférica impide la formación de una imagen nítida porque los rayos de luz paralelos que entran en el ojo no convergen en el mismo plano (ver las dos flechas rojas en la siguiente diapositiva). La curvatura uniforme de una lente ordinaria hace que los rayos de luz que entran por la parte exterior de la lente converjan en un plano diferente a los que atraviesan el centro, por lo que la imagen resulta borrosa. Hay varias formas de corregir la aberración esférica. Algunos trilobites lo hacen mediante el uso de un tipo muy especial de lente.

ABERRACIÓN ESFÉRICA

La luz que pasa a través de la lente no converge en el mismo plano

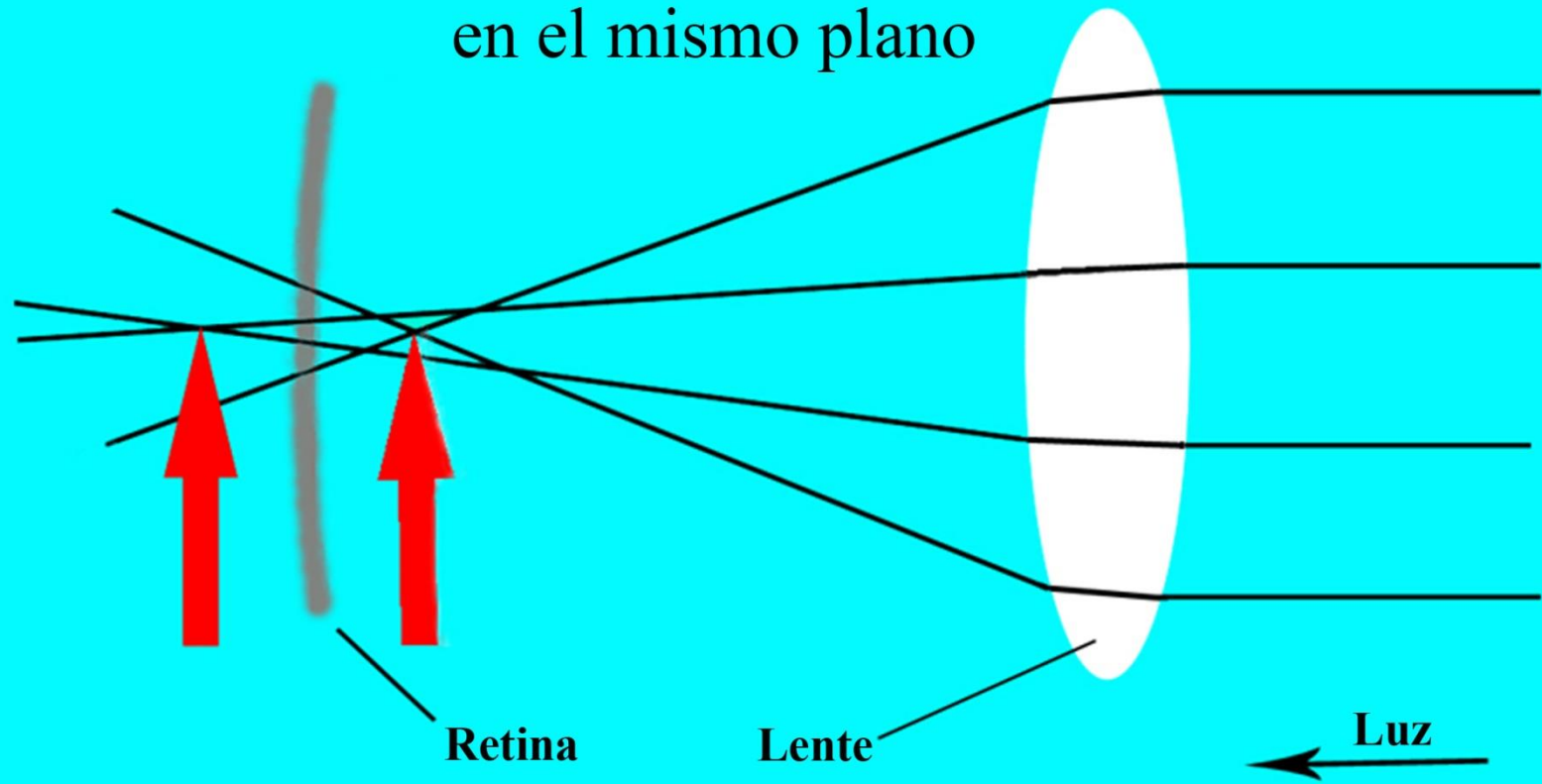


ILUSTRACIÓN DE LA ABERRACIÓN ESFÉRICA. Los rayos de luz que pasan por diferentes partes de la lente no convergen (flechas rojas) en el mismo plano (retina).

1. LA COMPLEJIDAD DEL OJO

EL OJO DEL TRILOBITES

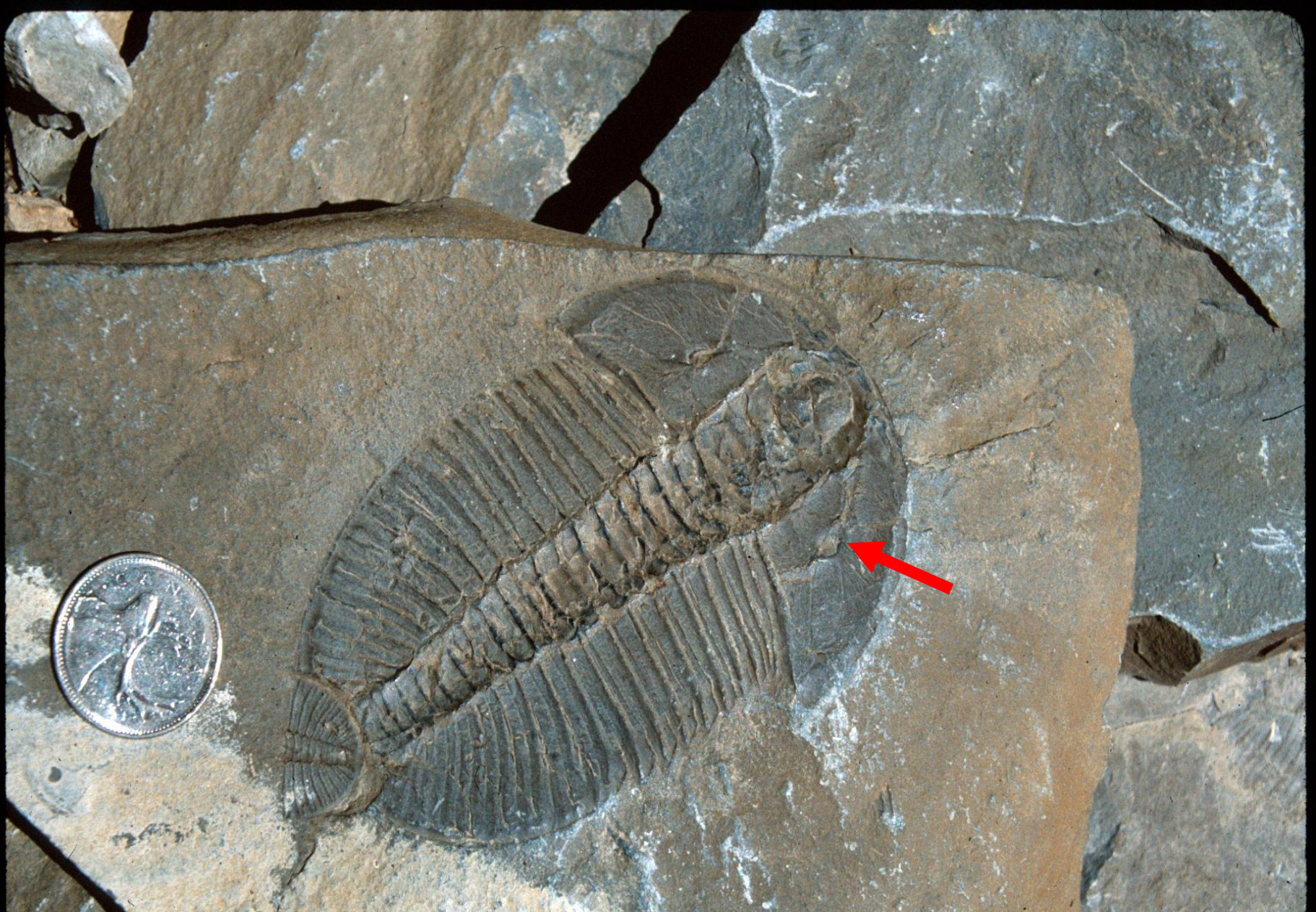
El ojo del trilobites es de especial interés, ya que parece ser uno de los primeros ojos de formación de imágenes de la evolución que encontramos en el registro fósil a medida que avanzamos a través de las capas geológicas. Encontramos trilobites en el Cámbrico, que está en la parte inferior del Fanerozoico que es una parte de la columna geológica rica en fósiles.

La siguiente diapositiva es una fotografía del monte Stevens en las Montañas Rocosas canadienses. Las capas más oscuras en la ladera son profundas rocas del Cámbrico que obviamente han sido empujadas hacia arriba. Contienen una gran cantidad de trilobites.

La diapositiva a continuación de la siguiente es una muestra de uno de estos trilobites de Mount Stevens. La flecha indica la zona de los ojos. Tengamos en cuenta la moneda canadiense para la escala.



MONTE STEVENS en las Montañas Rocosas canadienses. Se encuentran fósiles de trilobites en las capas oscuras centrales.



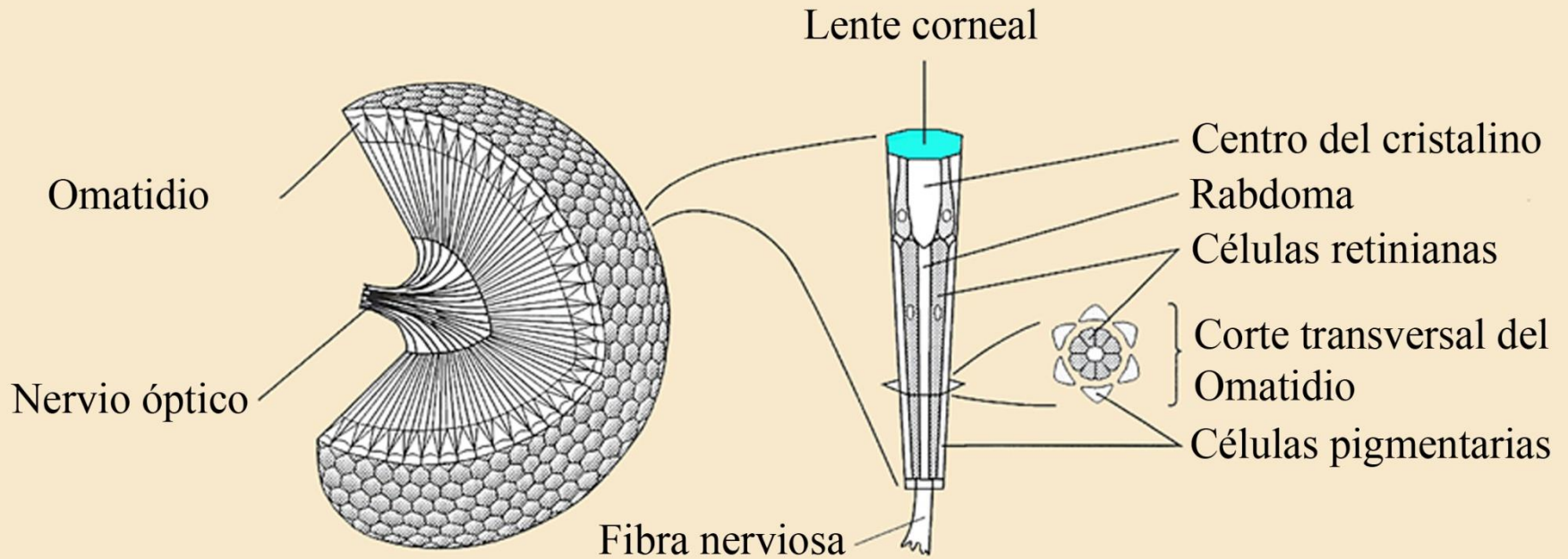
FÓSIL DE TRILOBITES DEL CÁMBRICO. Del Monte Stevens en las Montañas Rocosas canadienses. La flecha roja señala el ojo compuesto.

1. LA COMPLEJIDAD DEL OJO EL OJO DEL TRILOBITES

El ojo del trilobites, al igual que el ojo de los insectos, es un ojo compuesto. Tiene muchos **omatidios** (tubos) cada uno apuntando en una dirección ligeramente diferente y cada uno con su propia lente, de manera que cada omatidio provee una imagen precisa de lo que se encuentra en la dirección exacta a la que está apuntando.

En la siguiente diapositiva se muestra de nuevo el diagrama general del ojo compuesto ya presentado en temas anteriores.

OJO COMPUESTO



Según: Raven and Johnson, 1992, p. 831

EL OJO COMPUESTO. Cada ommatidio está orientado en una dirección ligeramente diferente y detecta lo que se encuentra en esa dirección.

1. LA COMPLEJIDAD DEL OJO

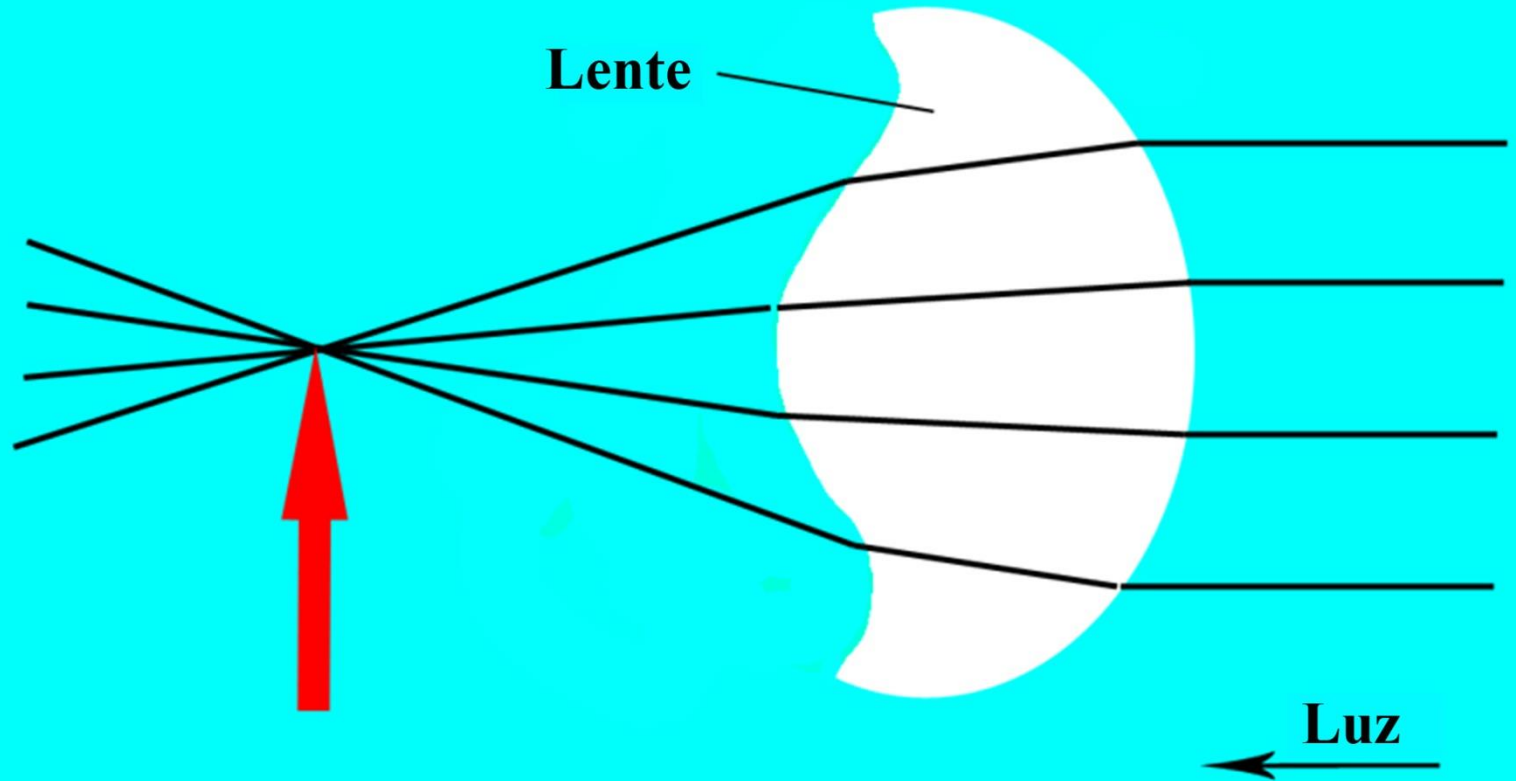
EL OJO DEL TRILOBITES

Hace varios siglos, investigadores como Descartes y Huygens trabajaron en Europa diseñando lentes especiales capaces de corregir la aberración esférica. En la siguiente diapositiva veremos un ejemplo . Obsérvese que todos los rayos de luz procedentes del lado derecho y atravesando cualquier parte de la lente convergen en el mismo plano.

Sorprendentemente, cuando se examinaron detenidamente los ojos de algunos trilobites se descubrió que sus lentes eran muy similares a las inventadas por Descartes. Estas lentes corregían la aberración esférica, proporcionando a los trilobites una imagen nítida de su entorno.

LENTE APLANÁTICA DE DESCARTES Y HUYGENS

Los rayos de luz que pasan a través de la lente convergen en un plano.



Los trilobites tienen un tipo similar de lente.

MODELO DE RAYOS DE LUZ ATRAVESANDO UNA LENDE APLANÁTICA. Obsérvese que la forma especial de la lente hace que los rayos de luz converjan en un solo plano (flecha).

1. LA COMPLEJIDAD DEL OJO EL OJO DEL TRILOBITES

Esta sofisticada función óptica de la lente del trilobites plantea problemas para la evolución porque no se han encontrado a los ancestros evolutivos de estos avanzados ojos en el registro fósil. Como la evolución actúa a través de **mutaciones al azar**, probando un tipo de lente tras otro, el número de lentes ineficaces probadas tendría que ser enorme. Sin embargo, no se ha encontrado ninguna.

1. LA COMPLEJIDAD DEL OJO EL OJO DEL TRILOBITES

Las lentes de los trilobites están hechas de cristales de calcita (carbonato de calcio, CaCO_3). La calcita es un mineral transparente o translucido que curva los rayos de luz que la atraviesan (índice de refracción) en diferentes ángulos (grado de flexión) en función de la orientación del cristal. En los ojos de los trilobites la calcita de las lentes está orientada exactamente en la dirección que proporciona un enfoque correcto. Podríamos preguntarnos cuántos intentos al azar necesitaría la evolución para producir minerales de calcita con la orientación correcta. Por supuesto, no hemos encontrado los fósiles que cabría esperar de este prolongado proceso evolutivo.

El ojo del trilobites apoya poderosamente y de diversas maneras el modelo creacionista de los orígenes.

1. LA COMPLEJIDAD DEL OJO

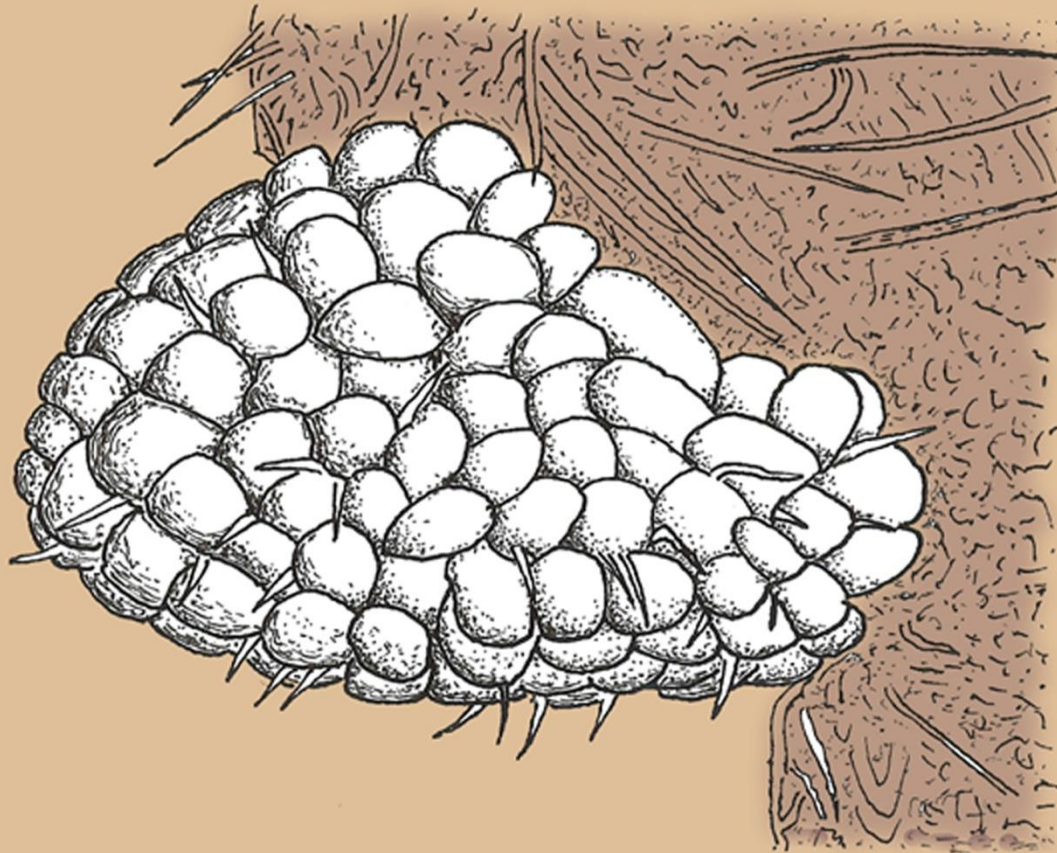
UN GEN COMÚN PARA EL OJO

Según los evolucionistas, existen evidencias genéticas a favor de la teoría de que los distintos tipos de ojos se desarrollaron gradualmente a partir de un ancestro común. Se ha encontrado un gen “maestro” (**Pax 6**, un gen homeobox que se encuentra en muchos animales) que está involucrado en el desarrollo del ojo en diferentes tipos de animales. Para los evolucionistas la presencia de un gen común significa un ancestro evolutivo común.

Por medio de complicados experimentos de ingeniería genética llevados a cabo en Suiza se ha conseguido con éxito tomar este gen de un ratón, que posee un ojo simple, e incorporarlo al ADN de una mosca de la fruta, que posee un ojo compuesto. La presencia del nuevo gen causó el desarrollo de un ojo compuesto adicional en la pata de la mosca.

1. LA COMPLEJIDAD DEL OJO UN GEN COMÚN PARA EL OJO

La siguiente diapositiva muestra una ilustración de ese ojo adicional. El ojo se encuentra a la izquierda de la pata. Cada una de las numerosas protuberancias en la superficie del ojo es el extremo de un ommatidio del ojo compuesto. Estos ommatidios respondieron generando un impulso nervioso al ser expuestos a la luz así que puede deducirse que, al menos en cierta medida, eran funcionales.



Ojo ectópico en la pierna de una mosca de la fruta producido usando el gen Pax-6 procedente de un ratón.

(Procedente de Halder, Callaerts y Gehring, 1995, *Science*, 267:1791)

OJO EXTRA EN UNA MOSCA. Cada una de las protuberancias blancas es un omatidio.

1. LA COMPLEJIDAD DEL OJO

UN GEN COMÚN PARA EL OJO

Los evolucionistas consideran que la acción del gen maestro que causa el desarrollo del ojo en diferentes tipos de animales, es una fuerte evidencia de un **origen evolutivo común**. Pero sólo se llega a esa conclusión si se asume previamente la evolución. Para los creacionistas, este mismo ejemplo podría ser una evidencia de un diseñador eficiente que optimiza los recursos. **¿Por qué no utilizar un mismo sistema de genes maestros para el desarrollo de los sistemas ópticos**, que funcione en diferentes tipos de animales, en lugar de inventar un sistema diferente para cada uno? Parece una planificación eficaz.

1. LA COMPLEJIDAD DEL OJO

UN GEN COMÚN PARA EL OJO

El modelo evolucionista debería tener en cuenta que en el desarrollo del ojo de la mosca hay **varios miles de genes involucrados y que el resultado final es muy diferente al ojo de un **ratón**. La evolución necesita dar una explicación al origen de todos estos nuevos genes. Así pues, la presencia de un gen maestro similar no resuelve en absoluto el problema de la gran variedad de ojos que encontramos, ni de la gran variedad de genes diferentes que los producen.**

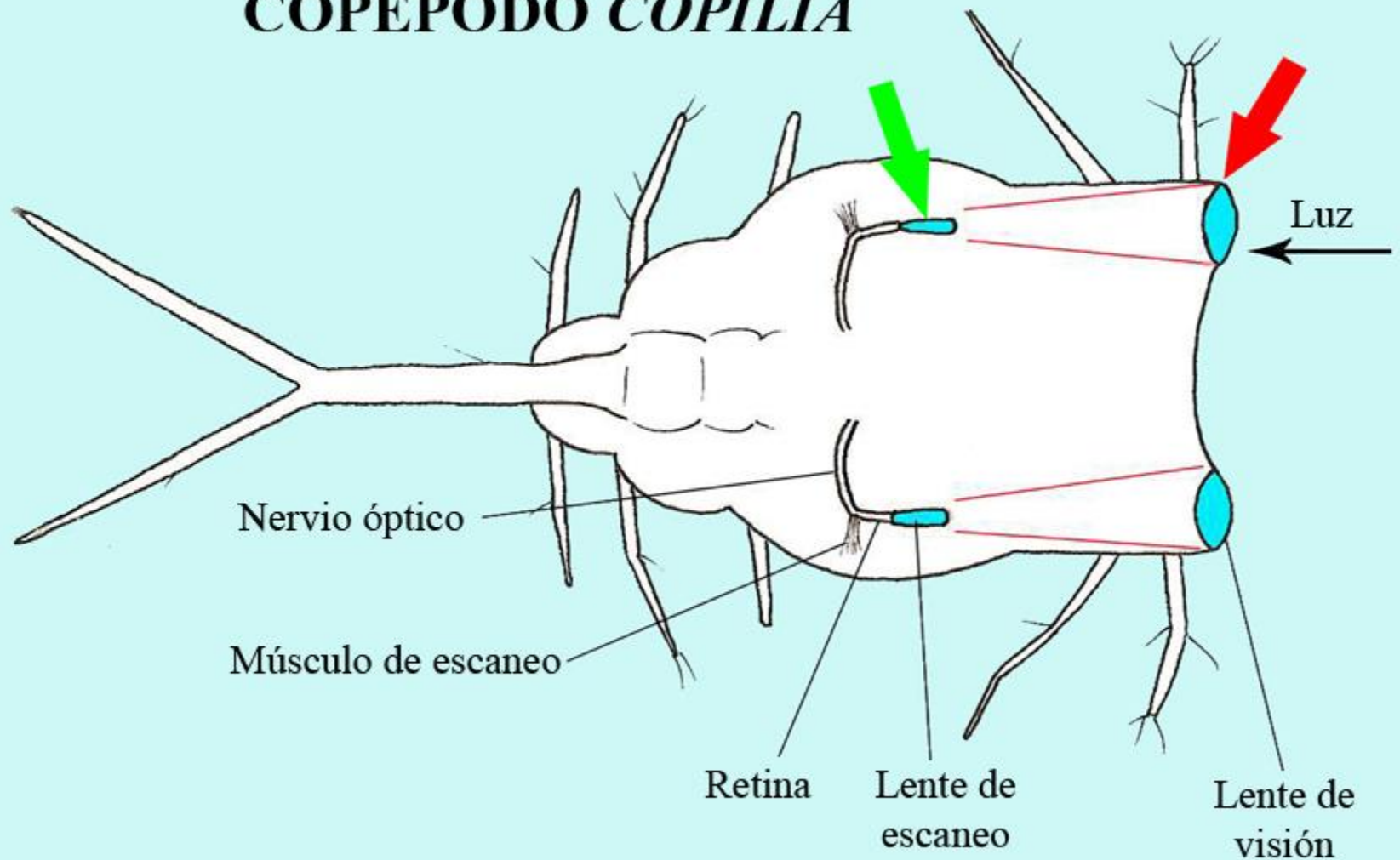
1. LA COMPLEJIDAD DEL OJO

EL OJO ESCANEADOR DE *Copilia*

En el tema anterior, mencionamos el intrigante sistema ocular del copépodo *Copilia*. Recordemos que este animal vive en el mar Mediterráneo y tan sólo mide alrededor de un milímetro. Sin embargo, sus ojos forman imágenes por medio de un sistema de escaneo similar al de una cámara de televisión.

El sistema se ilustra en la siguiente diapositiva. El animal utiliza cuatro lentes, dos delanteras para la visualización y dos traseras para escanear la imagen captada por las lentes de visión. Los músculos hacen que las lentes de escaneo (flecha verde) vibren a una velocidad superior a una vez por segundo mientras observan la imagen captada por las lentes delanteras (flecha roja).

EL SISTEMA ÓPTICO DE ESCANEEO DEL COPÉPODO *COPILIA*



EL SISTEMA DE ESCANEO. Se forma una imagen por vibración de lentes de escaneo (flecha verde) que analizan la imagen enfocada por una lente de visión (flecha roja).

1. LA COMPLEJIDAD DEL OJO

EL OJO ESCANEADOR DE *Copilia*

Copilia proporciona otro ejemplo de la gran variedad de ojos existentes. No parece posible que estos sistemas visuales tan diferentes evolucionaran unos de otros.

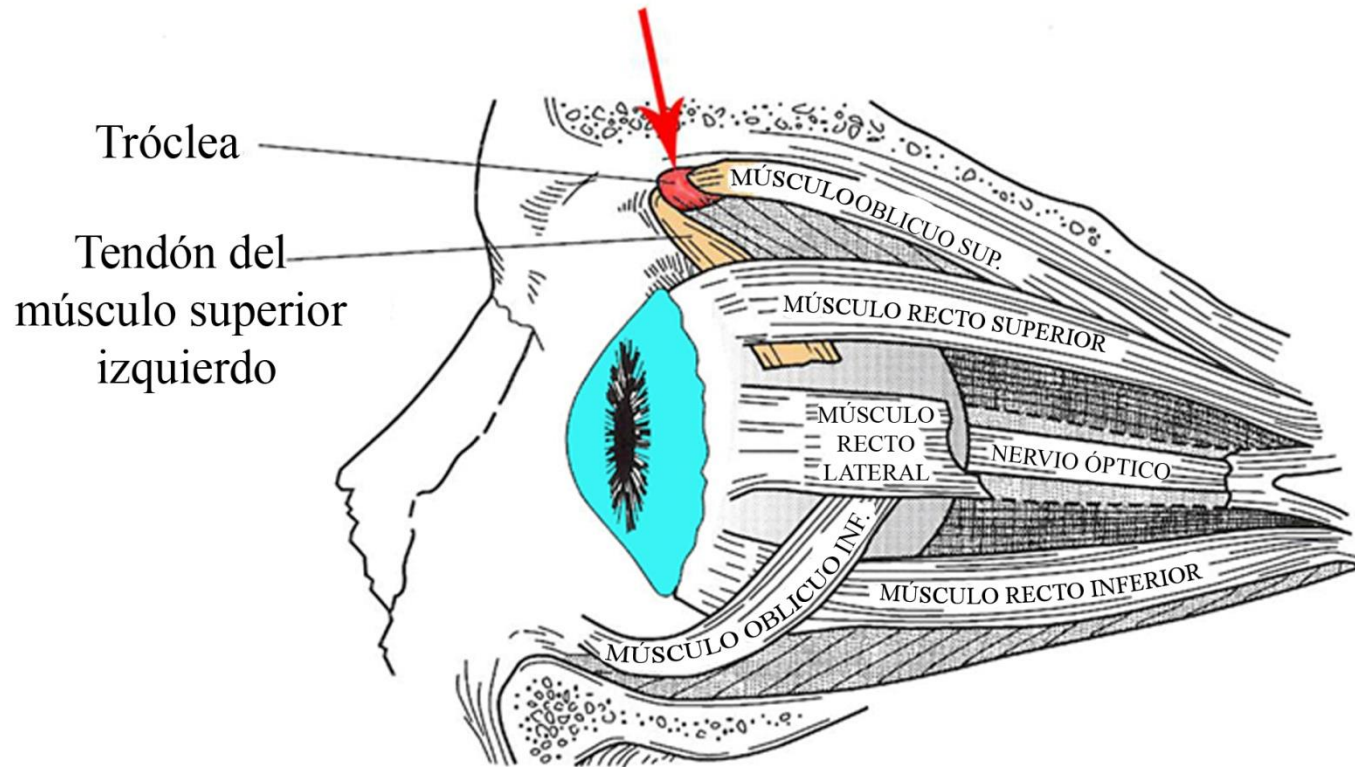
El ojo del copépodo *Copilia* también ilustra la dificultad de la evolución de los sistemas complejos. Por ejemplo, en la evolución de este tipo de ojo, ¿qué utilidad tendría el músculo que hace vibrar la lente de escaneo sin la propia lente o de qué serviría la lente de escaneo sin el sofisticado sistema cerebral que interpreta los escaneos ? Parecería, como viene siendo costumbre, que hay demasiadas **partes interdependientes** que no proporcionarían ventaja alguna para la supervivencia hasta que estuvieran todas presentes.

1. LA COMPLEJIDAD DEL OJO

LA TRÓCLEA

Existe una sencilla estructura anular presente en el ojo humano que plantea el mismo tipo de pregunta que el ojo de *Copilia*: ¿cómo pudieron evolucionar gradualmente las partes interdependientes de un todo mediante un proceso aleatorio no guiado? La siguiente diapositiva muestra esta estructura, llamada **tróclea**, en el lugar marcado por la flecha roja. El tendón responsable de tirar del ojo hacia arriba y hacia adelante se desliza a través de ese anillo para cambiar la dirección del movimiento causado por el músculo oblicuo superior.

MÚSCULOS EXTERNOS DEL OJO IZQUIERDO HUMANO



Basado en Newell FW. 1992. 7ª Ed. p38.

CONFIGURACIÓN DEL MÚSCULO OBLICUO SUPERIOR DEL OJO. El tendón del músculo pasa a través de la tróclea (rojo).

1. LA COMPLEJIDAD DEL OJO

LA TRÓCLEA

Durante el proceso evolutivo en el que cada paso debe proporcionar una ventaja con el fin de tener éxito, podemos preguntarnos ¿cómo evolucionaron gradualmente estas partes interdependientes? ¿Evolucionó primero la tróclea? Habría sido un estorbo inútil. ¿Se alargó antes el tendón, de forma que pudiera posteriormente atravesar la tróclea? El exceso de longitud inutilizaría la función del músculo. ¿O fue el mecanismo que introduce el tendón a través de la tróclea lo que evolucionó en primer lugar? Este sería inútil sin un tendón largo ni una tróclea. Son necesarios los tres elementos al mismo tiempo para proporcionar una ventaja evolutiva. Las **partes interdependientes** plantean serios desafíos a la evolución.

1. LA COMPLEJIDAD DEL OJO

MÁS EJEMPLOS DE PARTES INTERDEPENDIENTES:

- (a) El sistema del cerebro que ajusta el **enfoque** de la lente es inútil sin los músculos especiales que cambian la forma de la lente y sin un mecanismo que determine si la imagen está desenfocada.
- (b) El mecanismo que permite ajustar **el tamaño de la pupila** es inútil sin un mecanismo para detectar la cantidad de luz.
- (c) Un ojo es inútil sin la **parte correspondiente del cerebro** capaz de interpretar lo que vemos.
- (d) Muchas moléculas de proteínas especializadas dependen unas de otras para producir el complejo sistema molecular de **detección de luz** mencionado anteriormente.

1. LA COMPLEJIDAD DEL OJO

OTROS EJEMPLOS DE PARTES INTERDEPENDIENTES:

La siguiente diapositiva muestra la imagen de un ojo. Aunque podría parecer un órgano sencillo, incluye todos los intrincados sistemas con partes interdependientes que mencionamos anteriormente. Recordemos una vez más que si un sistema no funciona, las partes individuales del mismo no otorgan ninguna ventaja para la supervivencia a menos que el resto de partes necesarias estén también presentes.



1. LA COMPLEJIDAD DEL OJO

CONCLUSIONES

1. Los complejos ojos de los trilobites con su sofisticada óptica aparecen muy pronto en el registro fósil . ¿Cómo pudo evolucionar gradualmente algo tan complejo sin dejar ningún rastro en el registro fósil? La creación explica mejor la repentina aparición de estructuras y funciones tan complejas.

2. Generalmente, los evolucionistas suelen ignorar el problema principal de la evolución del ojo. Los sistemas complejos con partes interdependientes como el sistema visual del copépodo *Copilia* no otorgan una ventaja para la supervivencia hasta que todas las partes esenciales están presentes. Hasta ese momento el exceso de partes que no funcionan son solo un estorbo inútil. Este es el problema de la complejidad irreducible.

1. LA COMPLEJIDAD DEL OJO

CONCLUSIONES

Obviamente, en 1859, **Charles Darwin**, no entendía el problema de las partes interdependientes. En su famoso libro, *El Origen de las Especies*, (pág 219, Penguin Edition, 1968) declara:

"Si se pudiese demostrar que existió un órgano complejo que no pudo haber sido formado por modificaciones pequeñas, numerosas y sucesivas, mi teoría se destruiría por completo. Pero no puedo encontrar tal caso".

Darwin trata de proteger su punto de vista usando el argumento "tan solo probarlo es imposible" cuando dice "no puedo". Sin embargo, sus "modificaciones pequeñas, numerosas y sucesivas" no tendrían ninguna ventaja evolutiva hasta que algo funcionara, por lo tanto, en sus propias palabras, su teoría ha sido destruida **por completo** muchas veces.

**2. EL OJO
INCOMPLETO
DE LA
EVOLUCIÓN**

2. EL OJO INCOMPLETO DE LA EVOLUCIÓN

Algunos evolucionistas suecos han sugerido que el ojo pudo evolucionar muy rápido. La referencia de su estudio es la siguiente:

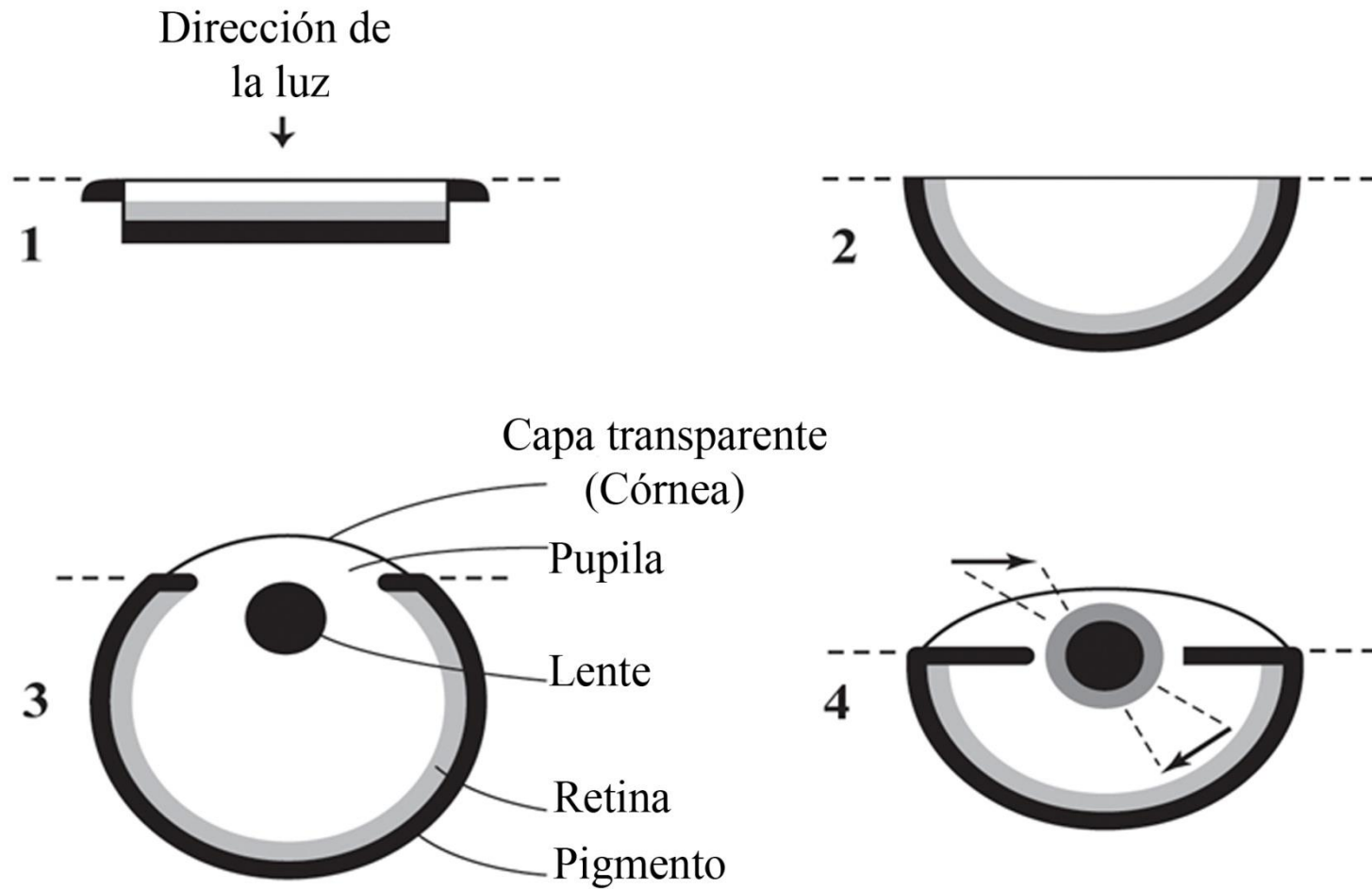
Dan-E Nilsson, Susanne Pelger (Lund University) 1994. *A Pessimistic Estimate of the time required for an eye to evolve (Una estimación pesimista del tiempo necesario para que un ojo evolucione)*. Proceedings Royal Society of London, B 256:53-58.

Estos autores concluyen que el ojo podría haber evolucionado en sólo 1.829 pasos, cada uno suponiendo un 1% de mejora teórica arbitraria.

Además, sugieren que un ojo sencillo tardaría menos de 364.000 años en evolucionar a partir de una mancha ocular sensible a la luz.

Llegaron a la conclusión de que desde el Cámbrico hay suficiente tiempo geológico para que los "ojos hayan evolucionado más de 1500 veces."

La siguiente imagen ilustra las fases principales del modelo propuesto.



EVOLUCIÓN DEL OJO. Cortes transversales de 4 etapas la evolución gradual de los ojos. Según Nilson & Pelger, PRSL B 256:53-58.

2. EL OJO INCOMPLETO DE LA EVOLUCIÓN

El modelo propuesto en este artículo **no se puede tomar en serio**, porque no tuvieron en cuenta muchas de las partes importantes del ojo. Su enfoque es una reminiscencia de lo que a veces se llama "**ciencia libre de hechos.**" A pesar de que sus esfuerzos son dignos de respeto, la argumentación utilizada ilustra una gran debilidad que comparten muchas propuestas evolutivas: se pasan por alto los detalles.

PARTES QUE NO SE HAN TENIDO EN CUENTA:

- 1. La retina (La parte más importante y compleja del ojo)**
- 2. Las partes del cerebro que interpretan lo que ven los ojos**
- 3. La conexión nerviosa entre el ojo y el cerebro**
- 4. El mecanismo de enfoque de las lentes**
- 5. El mecanismo de ajuste del tamaño de la pupila**
- 6. Lentes funcionales (a las que hacen una vaga referencia)**
- 7. El proceso embriológico nuevo en los vertebrados, en el que el ojo se origina en el cerebro y no en la piel, como se propone en el artículo**
- 8. Los músculos necesarios para mover el ojo**

2. EL OJO INCOMPLETO DE LA EVOLUCIÓN

A pesar de estas importantes omisiones, algunos evolucionistas se emocionaron con este modelo. A continuación se presentan algunos de los comentarios que lo respaldan:

Richard Dawkins, Oxford University. 1994. *The Eye in a Twinkling (El Ojo en un Parpadeo)*. Nature 368:690-691. Los resultados fueron "rápidos y decisivos" y el tiempo necesario para la evolución del "ojo es un parpadeo geológico."

Daniel Osorio, Sussex University. 1994. *Eye evolution: Darwin's Shudder Stilled (La evolución del ojo: El estremecimiento de Darwin aplacado)*. Trends in Ecology & Evolution 9:241-242. El ojo ha supuesto un problema tan grande para la evolución que se le ha llamado el "estremecimiento de Darwin"

INTERNET: "El ojo ha resultado ser la mejor prueba de la evolución." (Esta exageración ya ha sido retirada de su página web original!)

Estos comentarios, que son altamente imprecisos, reflejan las exageradas reacciones de los evolucionistas debidas al gran problema que el ojo ha supuesto para ellos durante más de dos siglos.

3. LA RETINA INVERTIDA

3. LA RETINA INVERTIDA

Muchos evolucionistas afirman que el ojo está mal diseñado.

Dicen que la retina de los vertebrados (peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos) está situada **al revés** de como debería. Se considera que en la mayoría del resto de los animales está dispuesta en la forma **correcta**.

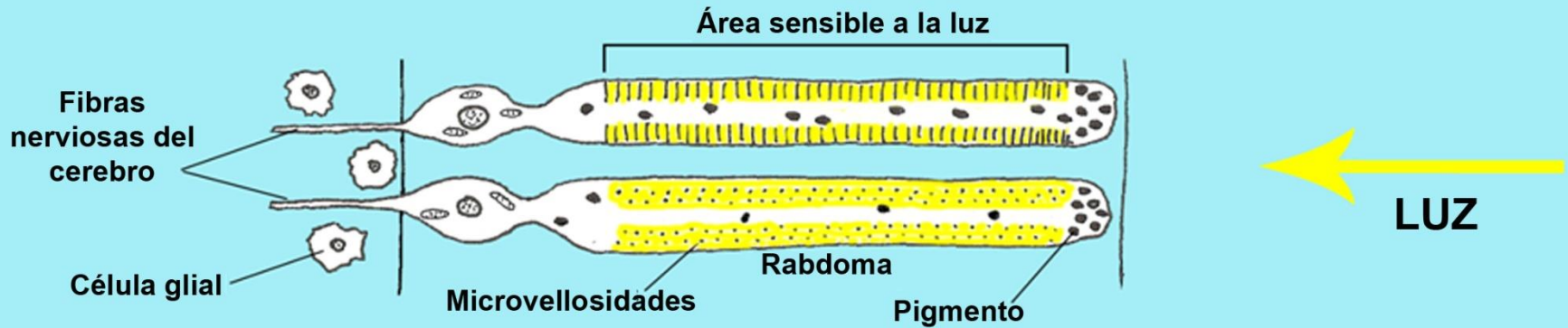
Esta afirmación se basa en el hecho de que en los vertebrados la parte sensible a la luz (**discos**) de las células fotorreceptoras (conos y bastones) es la más alejada de la luz en lugar de la más cercana. Esto parecería ser análogo a dirigir una cámara de vigilancia hacia una pared en lugar de hacia una sala.

3. LA RETINA INVERTIDA

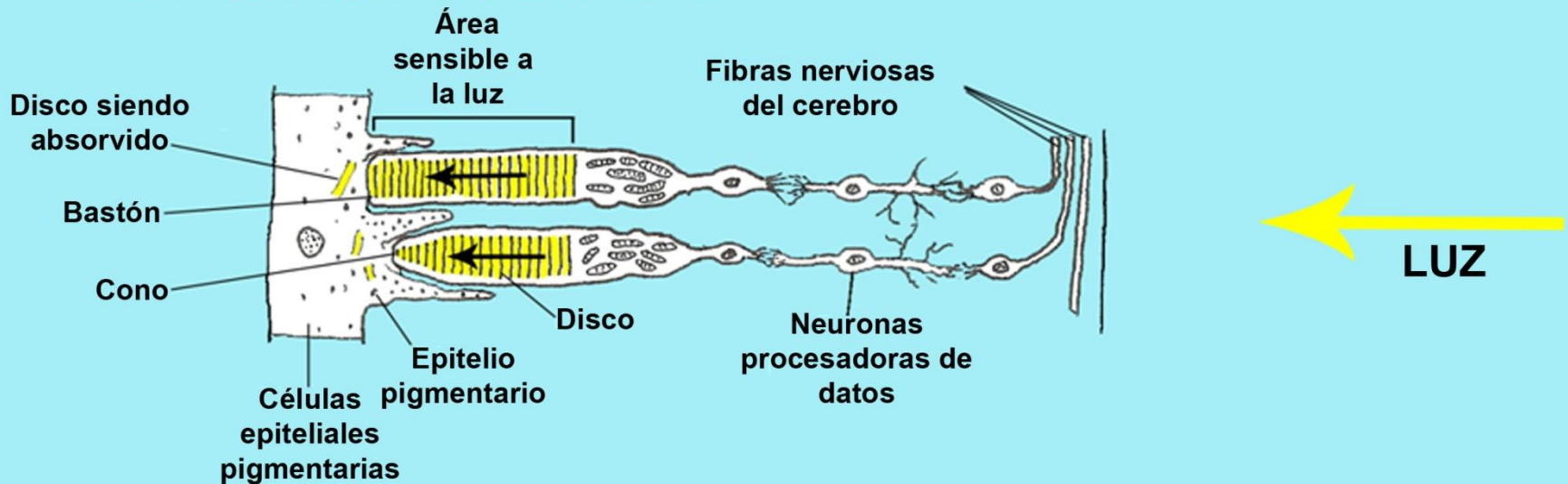
La siguiente diapositiva ilustra la posición de las células fotorreceptoras en los dos tipos principales de retina. Al mirar la imagen es importante fijarse en la dirección de la luz y en la ubicación de la **zona sensible a la luz** de los fotorreceptores (**color amarillo**).

La figura superior es la disposición no invertida presente en calamares, arañas, mayoría de caracoles, etc. La figura inferior es la disposición invertida de los vertebrados como nosotros. En este caso, para llegar a los discos sensibles a la luz los rayos no sólo tienen que pasar a través del resto de la célula (cono o bastón), también tienen que atravesar varias capas de neuronas... Según muchos evolucionistas, se trata de un diseño pésimo.

LA RETINA NO INVERTIDA



LA RETINA INVERTIDA



DOS TIPOS DE RETINA. Podemos ver que en la retina no invertida, la parte sensible a la luz está justo delante de la luz mientras que en la retina invertida, queda en la parte de atrás.

3. LA RETINA INVERTIDA

En la siguiente diapositiva (utilizada anteriormente para hablar de la supuesta evolución convergente), vemos un ejemplo de ojos con estos dos tipos de retina. La imagen de la izquierda representa el ojo de un calamar, de retina no invertida y la de la derecha representa un ojo de vertebrado con retina invertida. A esta escala, apenas se puede notar la diferencia.

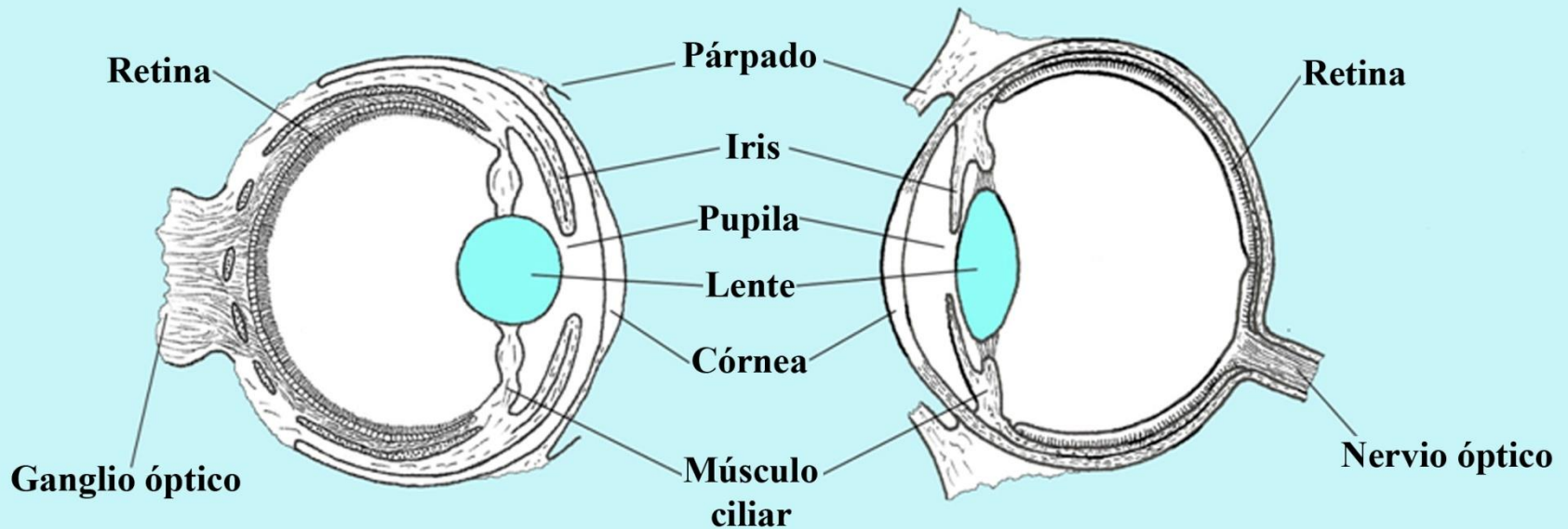
SIMILITUDES EN LAS ESTRUCTURAS BÁSICAS DE LOS OJOS DE DOS TIPOS MUY DIFERENTES DE ANIMALES

OJO DE CEFALÓPODO

Pulpos, calamares, sepias

OJO DE VERTEBRADO

Peces, anfibios, (reptiles), aves, mamíferos



Basado en Hegner, 1933, Fig. 274; y Futuyama, 1998, Fig. 5:20

3. LA RETINA INVERTIDA

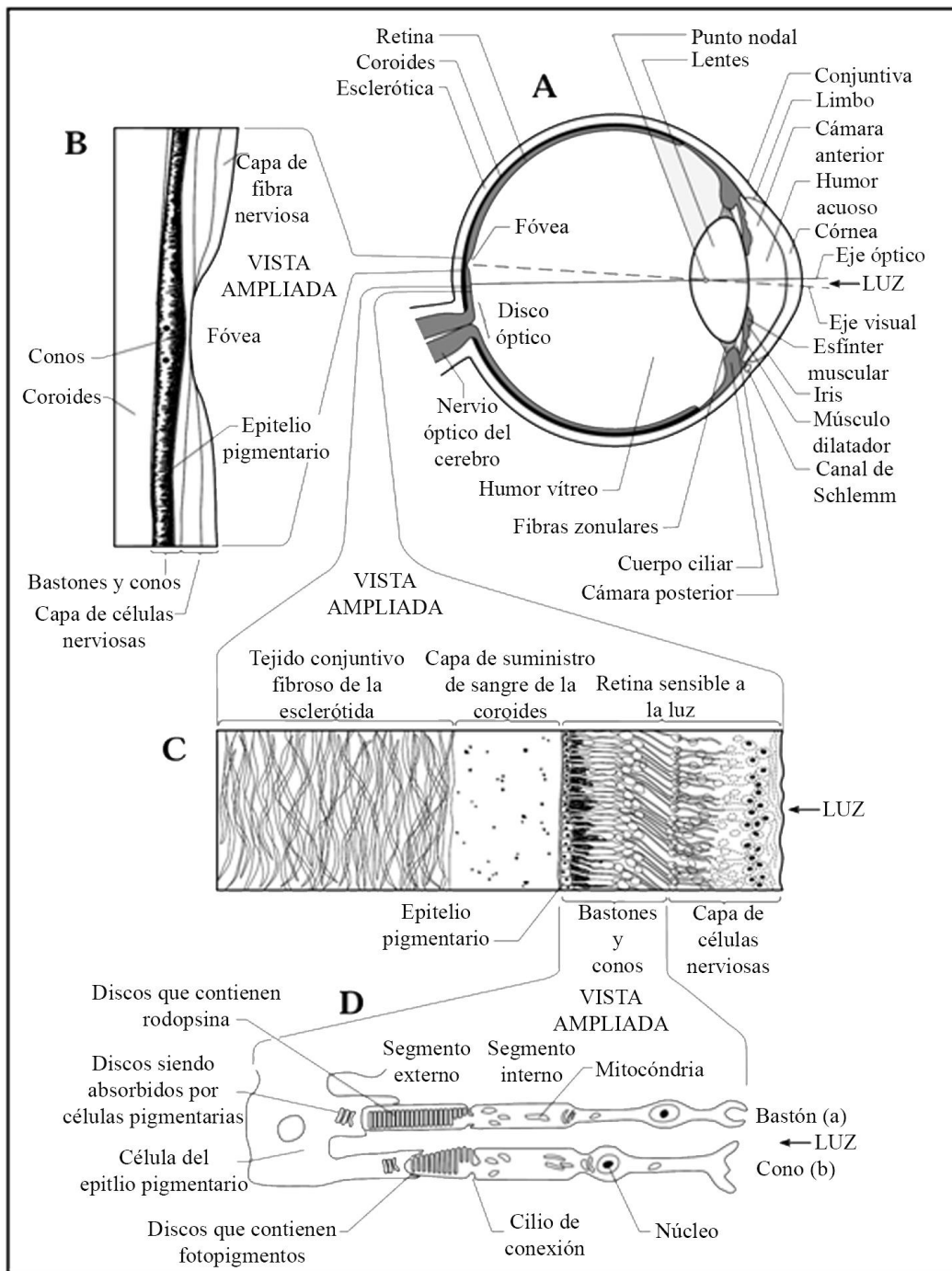
A nivel microscópico, los dos tipos de retinas son bastante diferentes. La retina de los cefalópodos presenta numerosas **microvellosidades** alargadas (ver ilustración en diapositiva número 43) que contienen las moléculas sensibles a la luz, mientras que en los vertebrados esas moléculas sensibles a la luz se encuentran en unos **discos** que se renuevan constantemente.

En la siguiente diapositiva se muestran algunos detalles de la retina invertida de los vertebrados (obsérvense especialmente las partes en la sección C y los discos en la sección D). La luz entra por la derecha.

EL OJO DE LOS VERTEBRADOS

A. El ojo complejo de los vertebrados

B, C, D, detalles ampliados.



3. LA RETINA INVERTIDA

EJEMPLOS DE COMENTARIOS EVOLUCIONISTAS PEYORATIVOS

George Williams. NY University, Stony Brook

"Si realmente hubiera diseño inteligente en el ojo de los vertebrados, el punto ciego no existiría."

Jared Diamond. University of California at Los Angeles

"Sin embargo, los vasos y los nervios no se encuentran detrás de los fotorreceptores, que es donde los hubiera colocado cualquier ingeniero sensato, sino delante de ellos, donde tapan parte de la luz entrante. Un diseñador de cámaras que cometiera semejante error sería despedido inmediatamente. ... Por el contrario, los ojos de los humildes calamares, con los nervios ingeniosamente escondidos detrás de los fotorreceptores son un ejemplo de diseño perfecto. Si el creador hubiera concedido su mejor diseño a las criaturas hechas a su imagen y semejanza, los creacionistas tendrían que llegar a la conclusión de que Dios es un calamar".

3. LA RETINA INVERTIDA

COMENTARIOS PEYORATIVOS

Douglas Futuyma. University of Michigan and NYUSB

"El ojo humano tiene un " punto ciego ", ... Provocado por la subóptima disposición de los axones de las células de la retina que están en la parte delantera del ojo ".

William Thwaites. San Diego State University

"Los vertebrados han sido maldecidos con una retina invertida...
¿Acaso en el momento de la "caída" Dios decidió darle la vuelta a la retina...? "

Richard Dawkins. Oxford University

"Cualquier ingeniero se reiría ante la sugerencia de colocar las fotocélulas en la parte más alejada de la luz y poner sus cables de salida en el lado más cercano a esta, ... Cada fotocélula está, en efecto, cableada al revés ".

3. LA RETINA INVERTIDA

COMENTARIOS PEYORATIVOS

La conclusión más lógica para un diseño tan desastroso, es que ningún diseñador inteligente cometería un error semejante. La implicación obvia es que tal Diseñador (Dios) no existe.

LOS SUPUESTOS PROBLEMAS DE LA RETINA INVERTIDA SON:

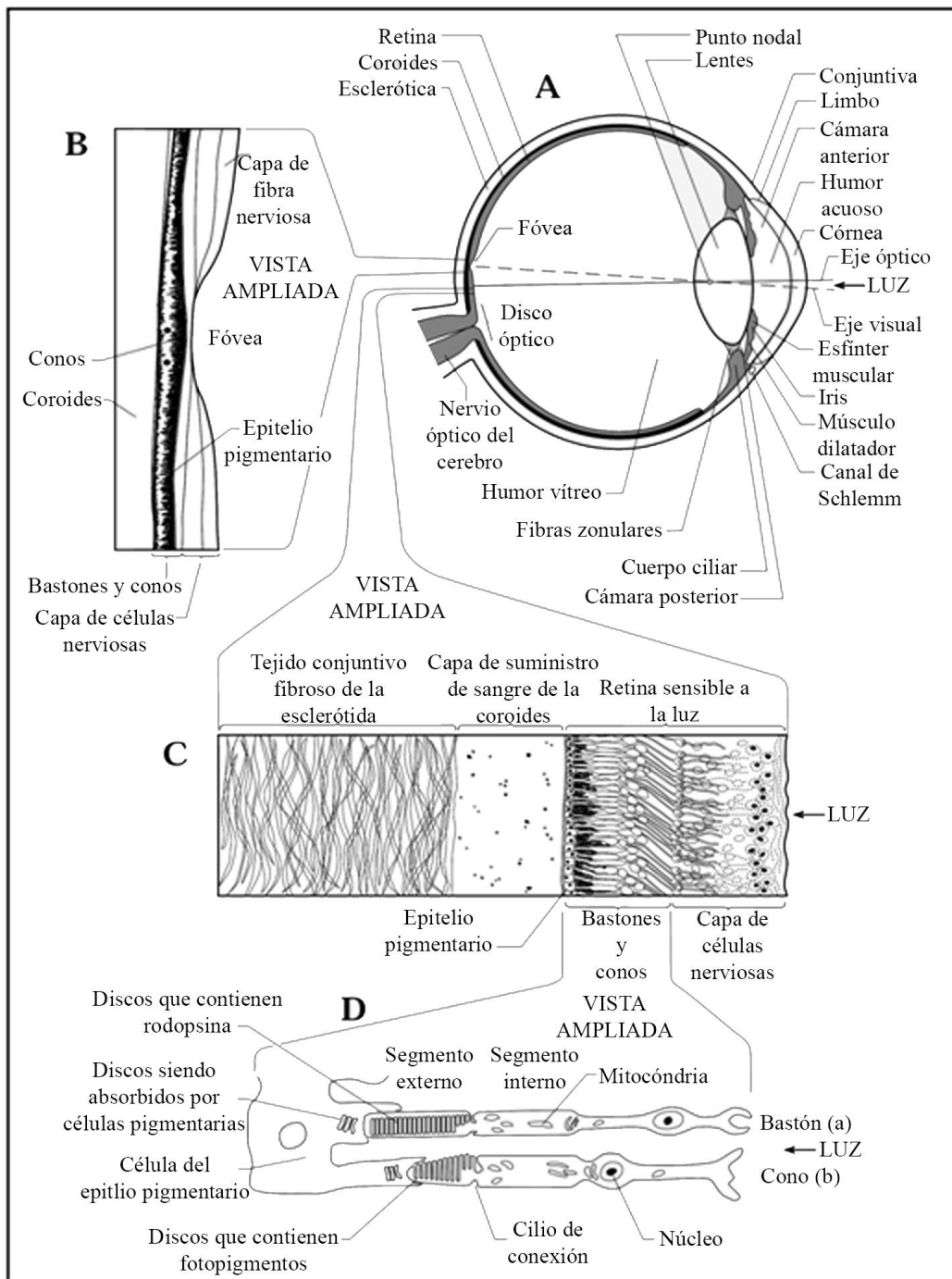
- a. Los extremos sensibles a la luz (discos) de los conos y bastones están colocados en el extremo más alejado de la luz.**
- b. Las células nerviosas de procesamiento de la retina se encuentran entre la luz entrante y los fotorreceptores (bastones y conos).**
- c. Esta disposición causa un punto ciego que se corresponde con el lugar en el que las fibras nerviosas salen del ojo para dirigirse al cerebro.**

La siguiente diapositiva muestra una vez más el ojo de los vertebrados, en la que se aprecian todos estos presuntos problemas. El punto ciego está etiquetado como "disco óptico" en la sección A.

EL OJO DE LOS VERTEBRADOS

A. El ojo complejo de los vertebrados.

B, C, D, detalles ampliados.



3. LA RETINA INVERTIDA

LAS CRÍTICAS A LA RETINA INVERTIDA NO SON VÁLIDAS

- a. El punto ciego no supone un problema. **Está a un lado y es tan pequeño** que nos resultaría difícil encontrarlo. Además cada ojo compensa el punto ciego del otro.

- b. La zona de visión aguda (fóvea) **no presenta las gruesas capas de neuronas** que encontramos en otras zonas bloqueando la luz entrante; por lo que la visión aguda apenas se ve afectada. Véase parte B de la diapositiva anterior.

3. LA RETINA INVERTIDA

LAS CRÍTICAS A LA RETINA INVERTIDA NO SON VÁLIDAS

- c. Parece que existen muy buenas razones para que el extremo de los conos y bastones que contiene los discos se encuentre en la parte trasera del ojo. Los discos **son remplazados constantemente**, probablemente con el objetivo de proporcionar un suministro continuo de moléculas “frescas” para la importantísima función de detección de la luz. Cada bastón o cono **reemplaza de 80 a 90** discos cada día, de un total de los 1000 que posee (en la sección D de las dos diapositivas anteriores solo se muestran unos pocos). Los discos nuevos se producen en la región denominada “Conexión de tallo” y se desplazan por la célula (hacia la izquierda en la imagen). Los discos viejos se eliminan, expulsándolos hacia la parte posterior (exterior) del ojo.
- (a) **Los viejos discos deben ser eliminados**, función que realiza el epitelio pigmentario.
 - (b) Los bastones y los conos activos necesitan estar cerca del **suministro de sangre de la capa coroides de la pared del ojo**, que **proporciona nutrientes** para fabricar los nuevos discos.

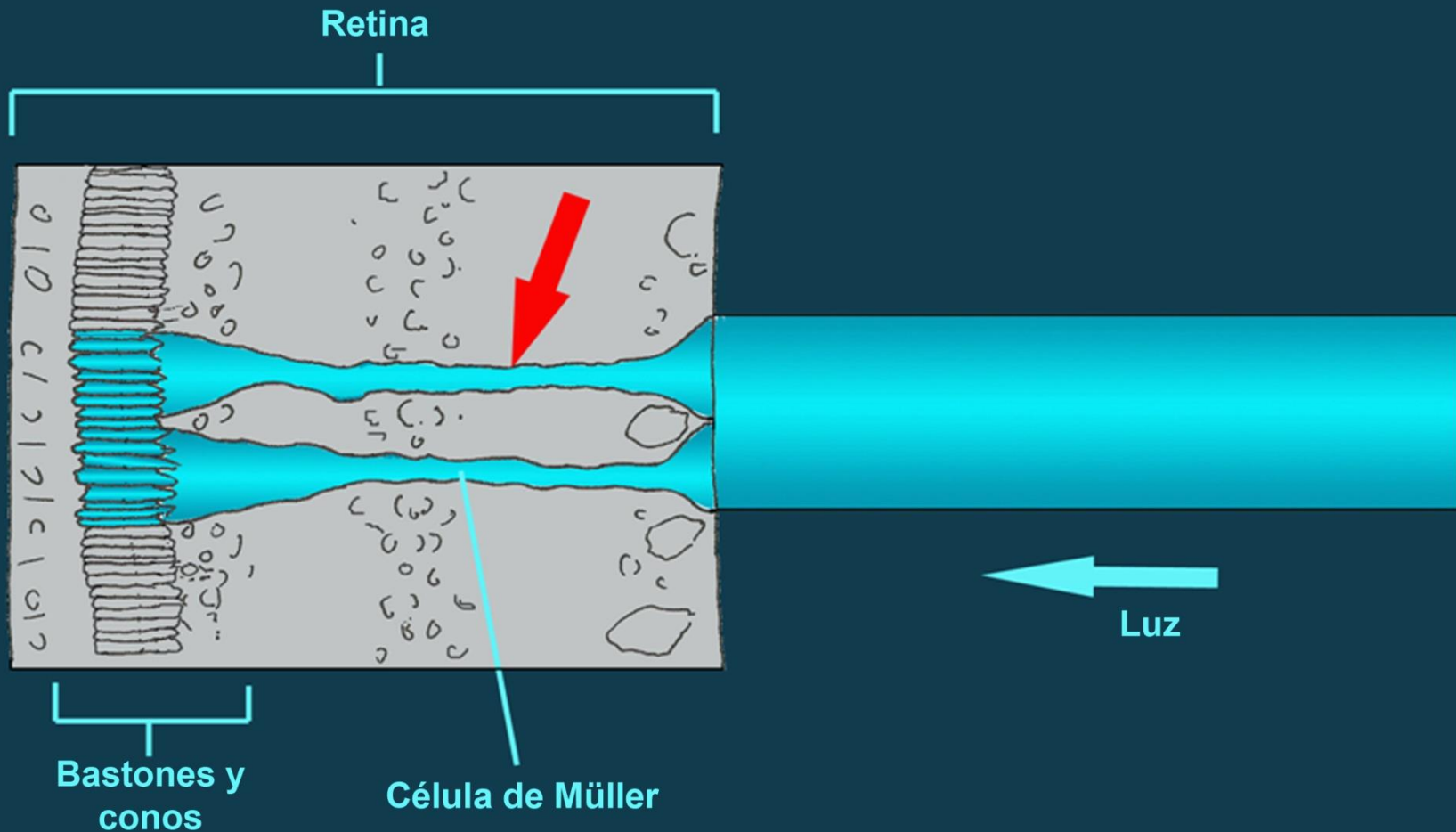
3. LA RETINA INVERTIDA

LAS CRÍTICAS A LA RETINA INVERTIDA NO SON VÁLIDAS

d. Las células de Müller **transmiten la luz directamente** a través de la retina.

Recientemente (2007, Franze K et al. **Proceedings of the National Academy of Sciences 104:8287-8292**) se ha descubierto que las células especiales llamadas **células de Müller**, que ocupan la mayor parte del grosor de la retina, tienen un índice de refracción mayor que el del tejido circundante y por lo tanto actúan como conductores que transmiten la luz directamente a los bastones y conos, atravesando la capa de células nerviosas de la retina que se encuentran en el camino de la luz. Como se ilustra en la siguiente diapositiva, la luz (azul) que procede de la derecha se transmite a los conos y bastones a través de las alargadas células de Müller (flecha roja) de la retina.

LUZ TRANSMITIDA A TRAVÉS DE LA RETINA POR LAS CÉLULAS DE MÜLLER



Basado en Franze K, et al. 2007. PNAS 104: 8287-8292

CÉLULAS DE MÜLLER DE LA RETINA INVERTIDA. Corte transversal de una pequeña parte (área gris) con células de Muller (flecha roja) que transmiten la luz

3. LA RETINA INVERTIDA

LAS CRÍTICAS A LA RETINA INVERTIDA NO SON VÁLIDAS

Parece que ninguno de los supuestos problemas terribles que causa la retina invertida son en realidad significativos.

Los organismos como el calamar que tienen una retina no invertida no poseen discos sino largas microvellosidades que contienen las moléculas sensibles a la luz y que, aparentemente, no están sometidas a una rápida y constante sustitución.

3. LA RETINA INVERTIDA

INVIRTIENDO LA RETINA INVERTIDA

¿Sería mejor revertir la retina, como algunos evolucionistas sugieren que Dios debería haber hecho? Probablemente se produciría un desastre visual. Los discos de los conos y los bastones estarían justo enfrente de la luz, pero ¿como se llevaría a cabo la vital función del epitelio pigmentario de absorber los discos viejos? Los conos y los bastones reemplazan un total de aproximadamente diez mil millones de discos por día en cada ojo. Estos se acumularían en el humor vítreo transparente del ojo (véase la sección A de la figura de la diapositiva 51) y pronto pondría en peligro nuestra capacidad de ver. Además, los bastones y los conos estarían alejados tanto del epitelio pigmentario como del suministro de sangre de la coroides, ambos necesarios para sustituir los discos, por lo que el sistema de sustitución de discos tendría un funcionamiento deficitario o no funcionaría en absoluto.

3. LA RETINA INVERTIDA

INVIRTIENDO LA RETINA INVERTIDA

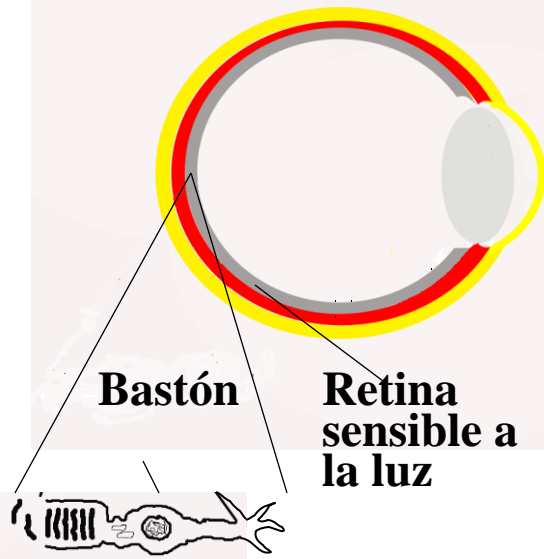
Si continuamos con nuestro ejercicio mental de reinvertir la retina invertida, para que todo funcionara correctamente deberíamos proveer a los extremos de conos y bastones con el epitelio pigmentario y con el riego sanguíneo que necesitan para el proceso de sustitución de los discos. Si como algunos evolucionistas sugieren, los extremos de los fotorreceptores se situaran en el interior del ojo (hacia la luz) el epitelio pigmentario y la capa de vasos sanguíneos deberían encontrarse en el centro del ojo. Como resultado, la luz entrante tendría que intentar atravesar estas capas para llegar a los discos sensibles a la luz. Una hemorragia de sangre en la retina es extremadamente debilitante y muestra lo perjudicial que puede resultar la sangre para el proceso visual. El pigmento del epitelio pigmentario, que absorbe la luz, también estaría en el camino de la luz, contribuyendo a una ceguera total. No parece pues que reinvertir la retina invertida sea una idea tan brillante...

Véase la ilustración de la siguiente diapositiva. Se muestra en color gris la retina, de color **rojo** la sangre de la coroides y de color **amarillo** la esclerótica exterior.

INVIRTIENDO LA RETINA INVERTIDA

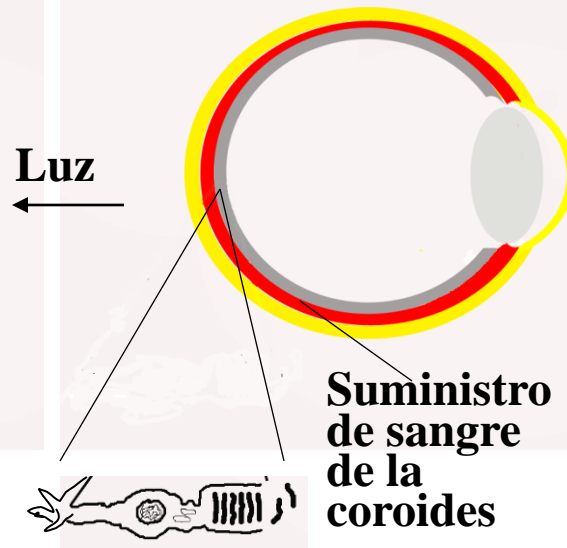
Algunos evolucionistas sugieren que el ojo no fue diseñado porque los extremos de los bastones y los conos que contienen los discos sensibles a la luz se encuentran en el extremo opuesto a la luz. Se dice que la retina está "invertida". Sin embargo, si re-invirtiéramos la retina obtendríamos un desastre visual.

OJO NORMAL



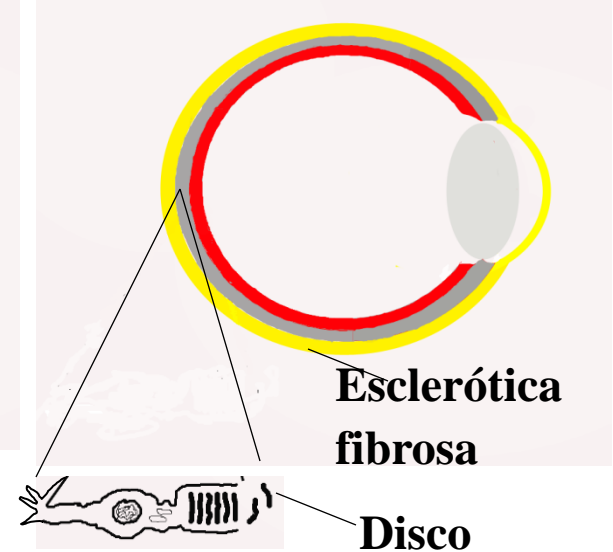
La luz pasa a través de células nerviosas transparentes. Funciona muy bien. En la fovea central hay un menor número de células nerviosas .

RETINA RE-
INVERTIDA



Los discos están más próximos a la luz, pero ¿cómo se absorberán los miles de millones de discos que se reemplazan cada día? Estos acabarían llenando el ojo.

RETINA RE-INVERTIDA
Y COROIDES INTERNA



Si el epitelio pigmentario (opaco) y la coroides (sangre) se colocaran en el interior para absorber los discos, la luz no podría pasar.

3. LA RETINA INVERTIDA

CONCLUSIONES

- 1. Si bien algunos de los más destacados evolucionistas sugieren que la retina invertida tiene un diseño pésimo, algunos reconocen que es un diseño muy bueno.**
- 2. El punto ciego está a un lado y apenas es perceptible. La visión de cada ojo compensa el punto ciego del otro.**
- 3. En la zona de visión aguda (fóvea), las células nerviosas son pequeñas y se disponen en forma radial por lo que no interfieren con el paso de la luz. Los escasos vasos sanguíneos de la retina evitan esta zona.**
- 4. Excepto por el epitelio pigmentario, la retina es un órgano muy transparente que permite a la luz llegar a los conos y bastones. Por otra parte, las células de Müller transmiten la luz directamente atravesando la retina.**

3. LA RETINA INVERTIDA

CONCLUSIONES

5. La retina invertida parece necesaria para proporcionar la interacción necesaria entre las células fotorreceptoras y el suministro de sangre de la coroides. Si estuviera al revés perjudicaría la capacidad visual.

6. Si el ojo está tan mal diseñado como afirman algunos evolucionistas, y si como dicen otros el ojo puede evolucionar "en un parpadeo"; podemos preguntarnos ¿porqué la selección natural no produjo un ojo mejor para los vertebrados hace mucho tiempo?

7. La retina invertida funciona muy bien. Si no fuera así no seríamos capaces de leer todo esto. ¡Es difícil argumentar en contra del éxito!

3. LA RETINA INVERTIDA

CONCLUSIONES

8. La inversión de la retina no sigue un patrón evolutivo. Los vertebrados poseen una retina invertida, mientras que la mayoría de los invertebrados poseen una retina no invertida. Sin embargo, hay invertebrados con retina invertida. Los ejemplos incluyen caracoles, berberechos (moluscos bivalvos) y muchas arañas y escorpiones.

Cambiar de un tipo a otro sería un proceso complicado, que implica la reorientación de las células sensibles a la luz y las fibras nerviosas y por lo tanto, su reconexión. Un cambio repentino de varias partes resulta inverosímil, y uno gradual, no se vería favorecido por la selección natural hasta que todas las partes fueran funcionales. El diseño inteligente de los diferentes tipos de ojos parece una explicación más plausible.

4.

**CONCLUSIONES
DARWIN Y EL OJO,
PARTE 2**

4. RESUMEN Y CONCLUSIONES

DARWIN Y EL OJO, PARTE 2.

- a.** El registro fósil contiene sistemas ópticos avanzados, como lentes capaces de corregir la aberración esférica, en capas muy tempranas y sin los antepasados apropiados.
- b.** Los ojos proporcionan muchos ejemplos de sistemas complejos. Los evolucionistas **no han resuelto de forma seria** el problema de la evolución gradual de los sistemas visuales complejos, en los que las partes interdependientes no otorgarían ninguna ventaja hasta que todas las partes necesarias para el correcto funcionamiento estuvieran presentes.
- c.** El modelo de Nilsson-Pelger para la evolución rápida del ojo es **extremadamente incompleto**.
- d.** La **retina invertida parece ser un diseño muy bueno** para las necesidades del ojo de los vertebrados.



**EL OJO
PARECE
HABER
SIDO
DISEÑADO
POR DIOS**

5. CUESTIONARIO DE REPASO

CUESTIONARIO DE REPASO - 1

(Las respuestas se ofrecen a continuación del cuestionario)

- 1. Cuando examinamos el registro fósil, encontramos ojos de trilobite con sofisticadas lentes aplanéticas que corrigen la aberración esférica. ¿Qué importancia tiene el hecho de que estos ojos de trilobite aparezcan en las capas inferiores del registro fósil?**

- 2. El sistema óptico del copépodo *Copilia* consta de varias lentes; el sistema de enfoque del ojo de los vertebrados consta un cierto número de partes; lo mismo ocurre con el sistema que controla la cantidad de luz que entra en el ojo. ¿Qué problema plantean estos sistemas complejos para un origen evolutivo?**

CUESTIONARIO DE REPASO - 2

(Las respuestas se ofrecen a continuación del cuestionario)

- 3. Investigadores evolucionistas (Nilsson y Pelger, 1994) propusieron un modelo de cómo el ojo pudo evolucionar rápidamente. De hecho, sugirieron que el ojo podría haber evolucionado 1500 veces desde el Cámbrico. Proponen un 1% de mejora arbitraria en cada paso, refiriéndose especialmente a cambios en la forma del ojo. ¿Cuál es el principal problema de su modelo? Dar detalles.**
- 4. Algunos destacados evolucionistas afirman que la retina del ojo de los vertebrados está muy mal diseñada porque las partes sensibles a la luz de los bastones y los conos se sitúan en la parte más alejada de la luz entrante. ¿Cuál es el propósito de la retina invertida? ¿Qué pasaría si no estuviera invertida?**

CUESTIONARIO DE REPASO Y RESPUESTAS - 1

1. Cuando examinamos el registro fósil, encontramos ojos de trilobite con sofisticadas lentes aplanéticas que corrigen la aberración esférica. ¿Qué importancia tiene el hecho de que estos ojos de trilobite aparezcan en las capas inferiores del registro fósil?

Se necesitarían muchos intentos evolutivos a base de mutaciones aleatorias, que son principalmente perjudiciales, para finalmente producir una sofisticada lente aplanética capaz de corregir la aberración esférica. Sería de esperar que este prolongado proceso de ensayo-error dejara muchos fósiles como prueba del desarrollo evolutivo del ojo, pero no se han encontrado. Parece que el ojo de trilobites no evolucionó.

CUESTIONARIO DE REPASO Y RESPUESTAS - 2

2. El sistema óptico del copépodo *Copilia* consta de varias lentes; el sistema de enfoque del ojo de los vertebrados consta un cierto número de partes; lo mismo ocurre con el sistema que controla la cantidad de luz que entra en el ojo. ¿Qué problema plantean estos sistemas complejos para un origen evolutivo?

No parece posible que una sucesión de mutaciones aleatorias pudiera evolucionar gradualmente estos sistemas con tantas partes interdependientes, las cuales resultarían esencialmente inútiles hasta que todas las partes necesarias estuvieran presentes para proporcionar alguna ventaja para la supervivencia. Sería de esperar que la selección natural favoreciera aquellos organismos que no tuvieran la carga adicional de partes inútiles de sistemas en desarrollo. Recordemos que la selección natural no tiene previsión y nunca mantendría una estructura sólo porque podría ser útil en el futuro.

CUESTIONARIO DE REPASO Y RESPUESTAS - 3

3. Investigadores evolucionistas (Nilsson y Pelger, 1994) propusieron un modelo de cómo el ojo pudo evolucionar rápidamente. De hecho, sugirieron que el ojo podría haber evolucionado 1500 veces desde el Cámbrico. Proponen un 1% de mejora arbitraria en cada paso, refiriéndose especialmente a cambios en la forma del ojo. ¿Cuál es el principal problema de su modelo? Dar detalles.

El problema principal de este modelo es que no incluyeron la mayoría de las partes esenciales del ojo en sus estimaciones de tiempo para la evolución del ojo. Las partes omitidas incluyen: 1. La retina (la parte más importante y más compleja del ojo), 2. Las partes del cerebro necesarias para interpretar lo que ve el ojo, 3. La conexión nerviosa entre el ojo y el cerebro, 4. El mecanismo de enfoque de la lente, 5. El mecanismo de ajuste del tamaño de la pupila, 6. Una lente funcional (presentan una vaga sugerencia), 7. El nuevo proceso embriológico necesario para los vertebrados en el que el ojo se origina en el cerebro y no en la piel, 8. Los músculos que mueven el ojo.

CUESTIONARIO DE REPASO Y RESPUESTAS - 4

4. A Algunos destacados evolucionistas afirman que la retina del ojo de los vertebrados está muy mal diseñada porque las partes sensibles a la luz de los bastones y los conos se sitúan en la parte más alejada de la luz entrante. ¿Cuál es el propósito de la retina invertida? ¿Qué pasaría si no estuviera invertida?

La retina invertida permite la absorción de los discos sensibles a la luz que los bastones y los conos están reemplazando constantemente. Además, coloca los extremos activos de producción de discos de los bastones y los conos cerca del suministro de sangre de la capa coroides.

Si la retina no estuviera invertida y los extremos sensibles a la luz de los bastones y los conos se situaran hacia el interior del ojo (hacia la luz entrante), ¿quién desempeñaría la función esencial de absorber los discos descartados? Estos discos acabarían llenado el ojo e interferirían con nuestra capacidad de visión.

OTRAS REFERENCIAS

Para un desarrollo más detallado y referencias adicionales, consultar los libros del autor (Ariel A. Roth) titulados:

1. **LOS ORÍGENES. ESLABONES ENTRE LA CIENCIA Y LAS ESCRITURAS.** (1999) Buenos Aires, Argentina. Editorial ACES.
2. **LA CIENCIA DESCUBRE A DIOS: Siete argumentos a favor del diseño inteligente.** (2009) Madrid, España. Editorial Safeliz

Información adicional disponible en la página web del autor (en inglés):

www.sciencesandscriptures.com. Ver también numerosos artículos publicados por el autor y otros en la revista **ORIGINS**, de la que fue editor durante 23 años. Para acceder a *Origins*, visitar la página web del Geoscience Research Institute: www.grisda.org.

Recursos web recomendados (en inglés):

Earth History Research Center <http://origins.swau.edu>

Theological Crossroads www.theox.org

Sean Pitman www.detectingdesign.com

Scientific Theology www.scientifictheology.com

Geoscience Research Institute www.grisda.org

Sciences and Scriptures www.sciencesandscriptures.com

Otras páginas web que ofrecen variedad de respuestas relacionadas son : Creation-Evolution Headlines, Creation Ministries International, Institute for Creation Research, and Answers in Genesis. (En inglés)

PERMISO DE USO

Se concede y se anima al libre uso de este material, en su formato y medio de publicación original para fines personales y distribución no comercial. También se concede gratuitamente permiso para la impresión múltiple y su uso en aulas o en reuniones públicas con fines no lucrativos. Debe reconocerse apropiadamente al autor.

Al usar este material en este formato, debe mantenerse la atribución exacta de las ilustraciones. Muchas ilustraciones pertenecen al autor y se concede uso libre y gratuito. Sin embargo, para ilustraciones de otras fuentes puede ser necesario solicitar permiso a dichas fuentes para su uso en medios distintos del presente.