

# Zoología de Cordados

**Conferencia 1: Introducción al estudio de los cordados**

## **Profesor de conferencia**

Orlando Torres Fundora, BAH, Profesor Titular.

## **Profesores de laboratorio:**

Antonio Cádiz Díaz. BAH. Investigador Auxiliar.

Leandro Rodríguez. CIM. Investigador Agregado.

Zenaida Navarro. CIM. Instructora

Ariagna Lara. CIM. Adiestrada.

Tres alumnos ayudantes.

# Sistema de evaluación

- Asistencia y participación en clases: preguntas individuales en las conferencias, preguntas escritas.
- 1 prueba intrasemestral
- 1 examen final
- 5 Laboratorios: Pregunta de entrada, pregunta de salida e informe.

El estudiante que desapruere los laboratorios, suspende la asignatura. La labor de curso: PI, preguntas de control y comprobación, laboratorios y asistencia, debe estar APROBADA para tener derecho al examen final. Los laboratorios no se repiten.

# Bibliografía de la asignatura

- **Parker, T. Y W. Haswell (1963): A text book of Zoology\***
- Kardong, K. (1998): Vertebrates. Comparative Anatomy, Function, Evolution.
- Hickman, C., L. S. Roberts y A. Larson (2001): Integrated Principles of Zoology
- Liem, K.F., W. E. Bemis, W. F. Walker y L. Grande (2001): Functional Anatomy of Vertebrates. An evolutionary perspective.
- Álvarez del Villar (1987): Los cordados. Origen, evolución y hábitos de los vertebrados
- Lagler, K., J. Bardach y R. Miller (1962): Ichthyology: The study of fishes
- Storer, T y R. Usinger (1985): Zoología General.
- Kent, G. (1983): Comparative anatomy of the vertebrates.
- Young, J. (1971): La vida de los vertebrados.

## Objetivos de la asignatura

Desarrollar la capacidad de razonamiento científico y el hábito de adquirir conocimientos y habilidades de forma independiente utilizando el método científico.

Identificar los caracteres morfológicos esenciales y generales de los representantes del Phylum Chordata.

Utilizar información relativa al contenido de la asignatura en idioma español e inglés.

Estudiar los diferentes sistemas corporales en las diferentes clases de vertebrados vivientes.

- Realizar disecciones para identificar estructuras de los diferentes sistemas corporales en Chordata, utilizando la literatura científica que se oriente al respecto.

-Aplicar el método científico en las actividades teóricas y prácticas.

-Desarrollar la capacidad de observación y la posibilidad de elaborar respuestas a problemas mediante el razonamiento.

-Enumerar e identificar algunas de las especies de vertebrados de Cuba, teniendo en cuenta su importancia biológica (endemismo, categoría de amenaza), económica (valor turístico), o estratégica.

-Propiciar el uso de las técnicas básicas de informática en el estudio de la asignatura, asegurando que, paulatinamente, los aspectos esenciales del curso estén colocados en la intranet de la Facultad.

Adquirir conocimientos de la evolución, distribución, modo de vida e historia natural de los representantes de las diferentes clases de cordados, tanto de Cuba como del resto del mundo.

Analizar el estado de conservación de poblaciones de vertebrados cubanos y las medidas que las instituciones pertinentes han tomado para posibilitar su conservación y su uso racional.

Reconocer la contribución de los cordados a la biodiversidad de Cuba y del mundo.

# Conferencia 1.

## Introducción al estudio de los cordados

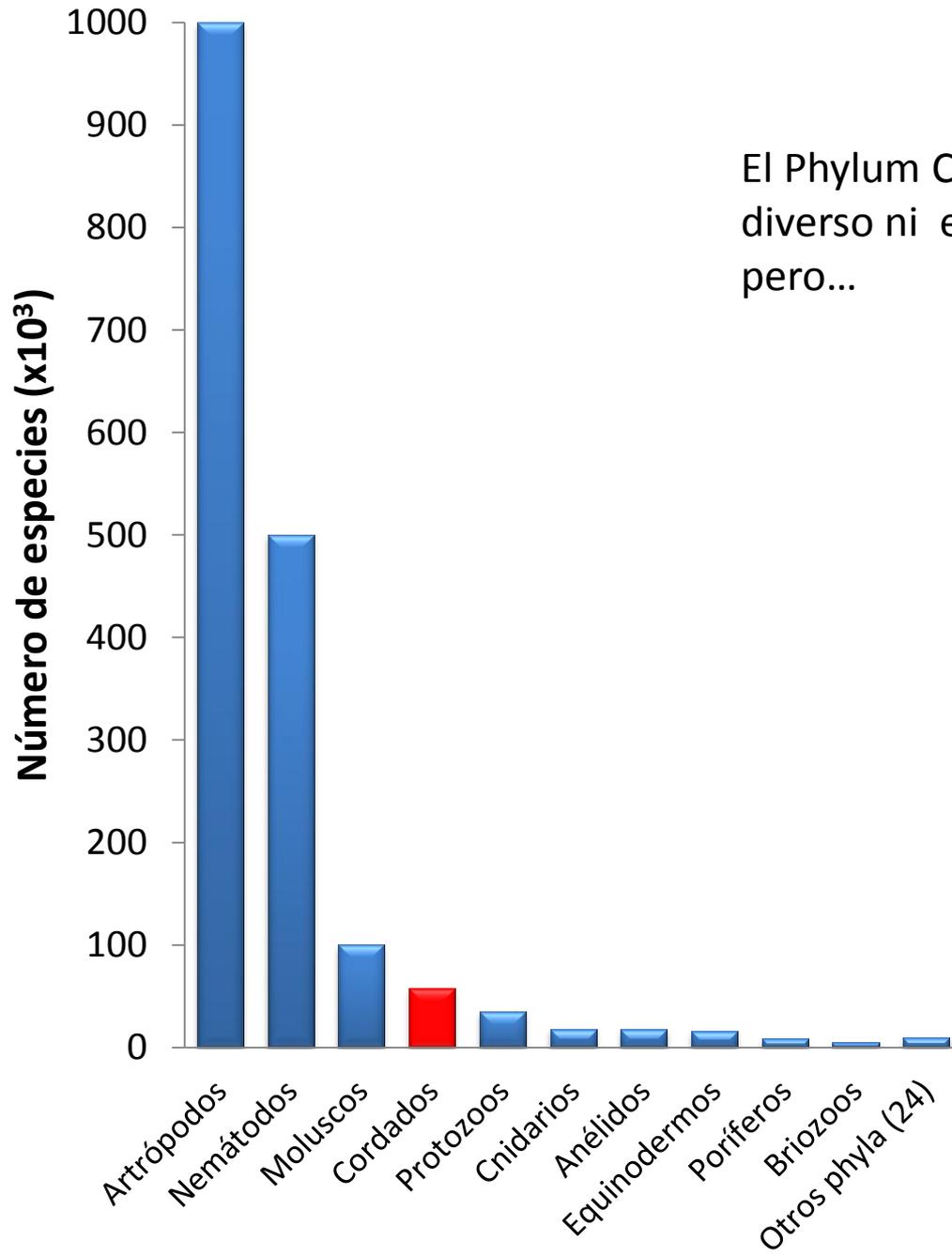
### **Sumario:**

- Introducción al Phylum Chordata
- Caracteres generales y fundamentales
- Teorías sobre el origen del Phylum
- Clasificación

# Importancia del grupo

- Avances alcanzados en su historia evolutiva
- Desarrollo de estructuras especializadas para adaptarse a disímiles modos de vida.
- Diversidad de formas, tamaños, fisiología y hábitos.





El Phylum Chordata no constituye ni el más diverso ni el más grande de los phyla animales pero...

## Objetivos de la clase:

- Enunciar los caracteres generales del Phylum Chordata
- Exponer y describir los caracteres que identifican al grupo (fundamentales).
- Reproducir las teorías existentes sobre el origen de los cordados.
- Explicar la clasificación general del phylum.

# Procordados (denominación antigua, 1500 spp)

Phylum Chordata

**Phylum Hemicordados**



Urocordados



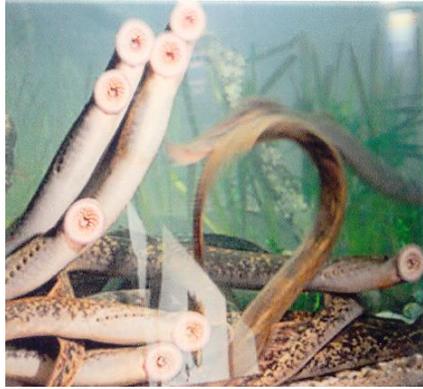
Cefalocordados



# Cordados (58 000 spp)

INTRODUCCIÓN

Pteraspídomorfos  
y mixinos



Condriactios



Peces óseos



Anfibios



Reptiles



Aves



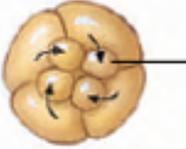
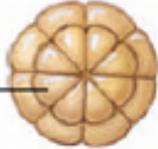
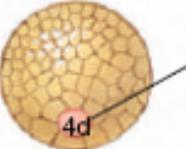
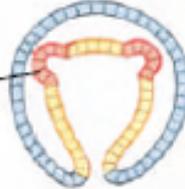
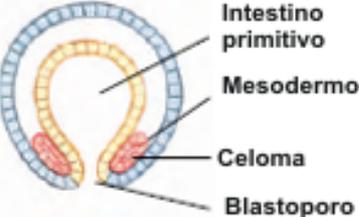
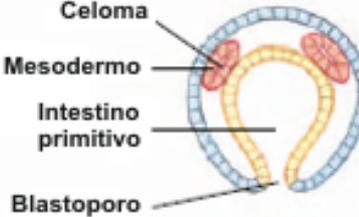
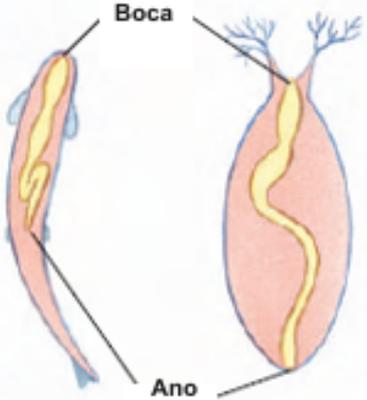
Mamíferos



### Caracteres GENERALES del Phylum

- Poseen **simetría bilateral**.
- Presencia de **cavidad celómica** (celoma enterocélico).
- Son **deuterostomados**.
- Presencia de **tres capas germinales** (ecto, meso y endodermo).
- Presencia de un **endoesqueleto** derivado del mesodermo.
- **Metamerismo**. Cuerpo segmentado, especialmente en lo que se refiere a la musculatura somática (también se hace evidente en la distribución de nervios y vasos sanguíneos).
- Cuando hay **corazón** este ocupa posición ventral con respecto al digestivo.
- Presencia de un **sistema de órganos** muy desarrollados.

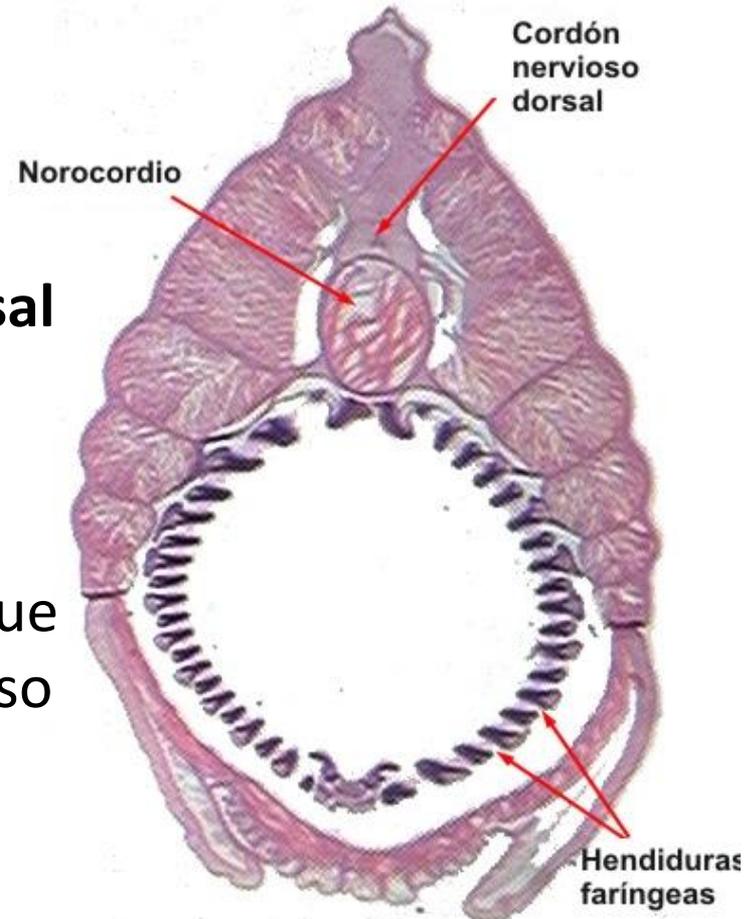
# CARACTERES GENERALES Y FUNDAMENTALES

PROTOSTOMADOS		DEUTEROSTOMADOS	
 <p>Clivaje espiral</p>	Clivaje espiral mayoritariamente	 <p>Clivaje radial</p>	Clivaje radial mayoritariamente
 <p>Célula de donde deriva el mesodermo</p>	Endomesodermo normalmente deriva de un blastómero en particular denominado 4d	 <p>Endomesodermo deriva de una evaginación del intestino primitivo</p>	Endomesodermo se forma por evaginación enterocélica (del intestino)
 <p>Intestino primitivo Mesodermo Celoma Blastoporo</p>	En los celomados protostomados el celoma se forma como una división de las bandas mesodérmicas (esquizocélico)	 <p>Celoma Mesodermo Intestino primitivo Blastoporo</p>	En todos los celomados, el celoma se forma de la fusión de las bolsas enterocélicas
 <p>Ano Boca</p>	<p>Boca a partir del blastoporo, el ano es una nueva formación</p> <p>Esqueleto de origen ectodérmico</p> <p>Incluye a los Platelmintos, Nemertinos, Anélidos, Artrópodos y otros phyla menores</p>	 <p>Boca Ano</p>	<p>Ano originado a partir del blastoporo, boca de nueva formación</p> <p>Esqueleto de origen mesodérmico</p> <p>Incluye a los Equinodermos, Hemicordados y Cordados, entre otros</p>

### Caracteres FUNDAMENTALES del Phylum

(Estas características aparecen en los embriones de todos los cordados, en algunos pueden persistir por toda la vida, o pueden transformarse o desaparecer)

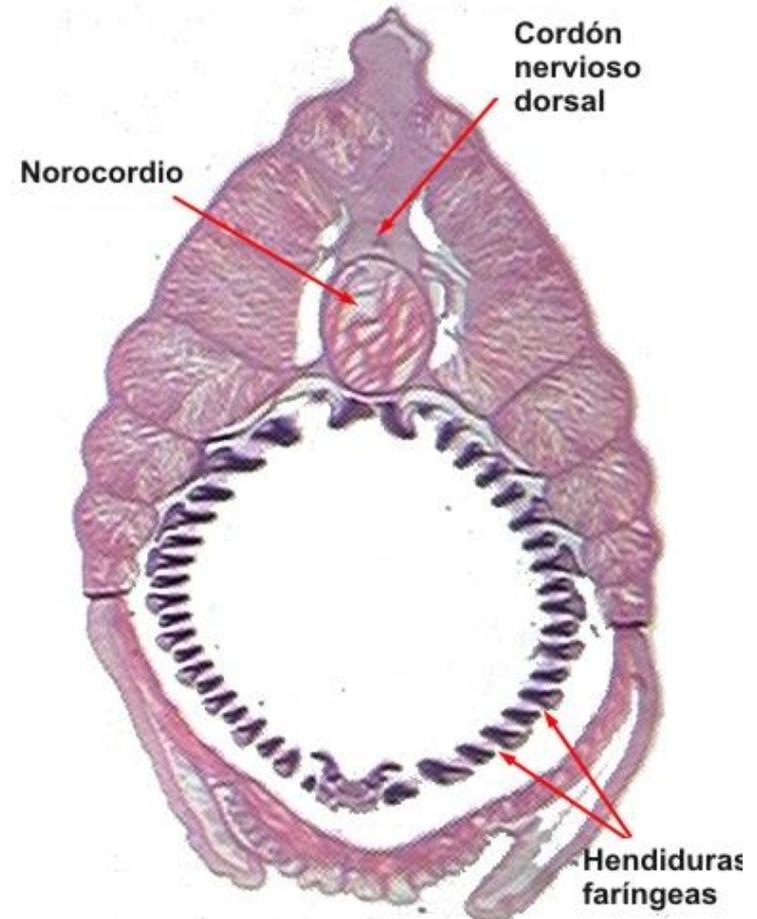
- **Presencia de notocordio.**
- **Presencia de hendiduras faríngeas.**
- **Presencia de un cordón nervioso dorsal tubular.**
- Presencia de cola (post-anal).
- Presencia de glándula subfaríngea.
- Presencia de células fotosensoriales que se forman a partir del ectodermo nervioso dorsal.



## *Chorda dorsalis* o Notocordio

**En qué grupos aparece:** Aparece en todos los representantes del Phylum en algún estadio de desarrollo

**Localización:** Se encuentra entre el cordón nervioso central (por encima) y el tubo digestivo (por debajo), desde la cabeza hasta la cola y a lo largo de la línea media dorsal.



## *Chorda dorsalis o Notocordio*

### Características:

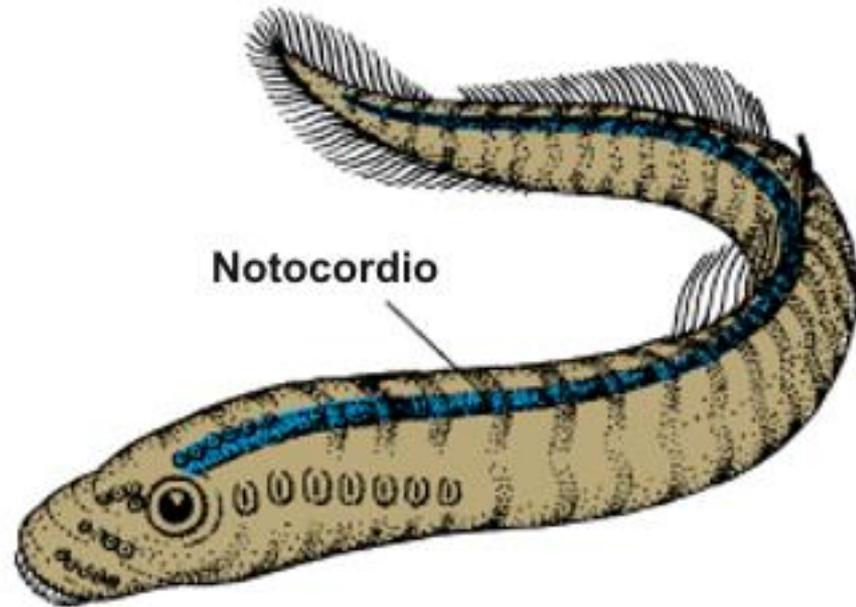
- Varilla delgada longitudinal que se origina del mesodermo.
- Está compuesta por una vaina de tejido conjuntivo fibroso que encierra células especializadas y con vacuolas que contienen una solución gelatinosa turgente.
- Es un órgano con propiedades elásticas que resiste la compresión axial.



## *Chorda dorsalis* o Notocordio

### Funciones:

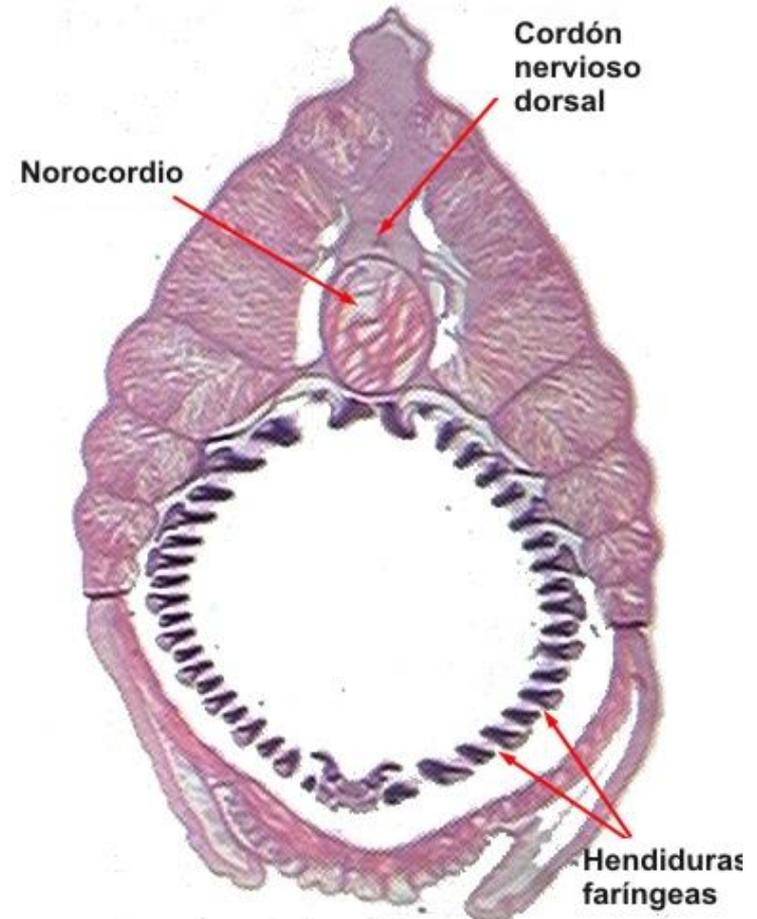
- Es un elemento de sostén del cuerpo.
- Mantiene el eje longitudinal corporal.
- Permite la flexión lateral y evita el acortamiento del cuerpo durante la locomoción ondulatoria.



## Hendiduras faríngeas

**En qué grupos aparecen:** Aparecen en todos los representantes del Phylum en algún estadio de desarrollo.

**Localización:** En la faringe que es la parte del sistema digestivo localizada inmediatamente detrás de la boca.



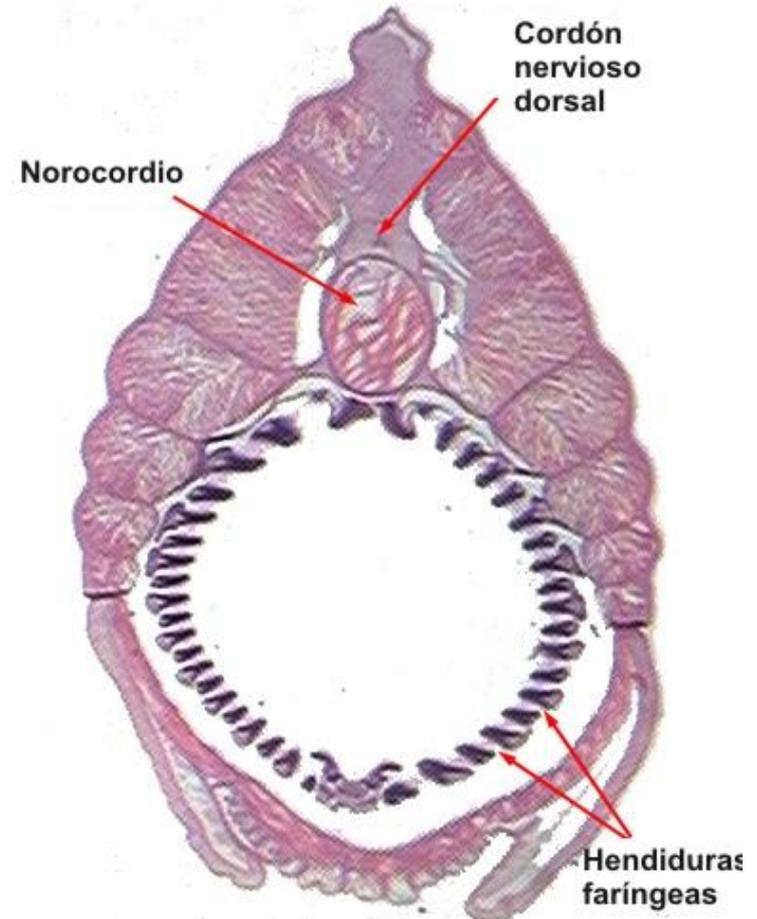
## Hendiduras faríngeas

### Características:

- Aberturas longitudinales pareadas laterales que atraviesan, total o parcialmente, las paredes de la faringe
- Aparecen por invaginación del ectodermo superficial y por evaginación del endodermo faríngeo.

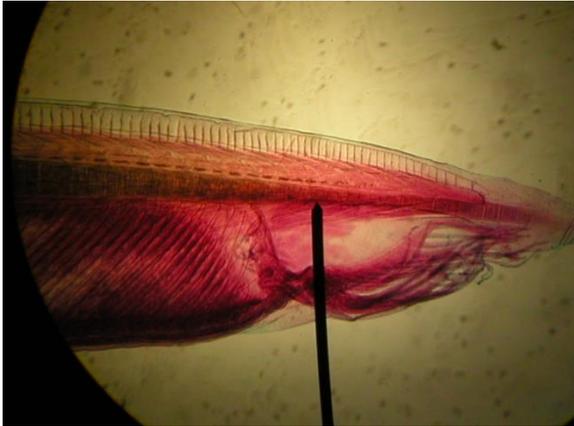
### Función:

- Permiten que la región de la faringe establezca relación con la superficie lateral externa del cuerpo ayudando a que se establezca un flujo de corriente de agua que entra por la boca, pasa por la faringe, atraviesa las HF y sale al exterior. En dependencia de las estructuras a las que se asocie puede tener función digestiva y/o respiratoria.



# Hendiduras faríngeas

**Cordados primitivos:** Alimentación+respiración



- Sistema de cilios-mucus en organismos pequeños filtradores que extraen el alimento en suspensión que está en el agua.
- Cuando las paredes se asocian con las branquias, la corriente de agua que pasa también participa en el intercambio gaseoso con la circulación sanguínea a través de pequeños capilares de estas branquias.

## CARACTERES GENERALES Y FUNDAMENTALES

**Vertebrados:** Respiración como función más importante



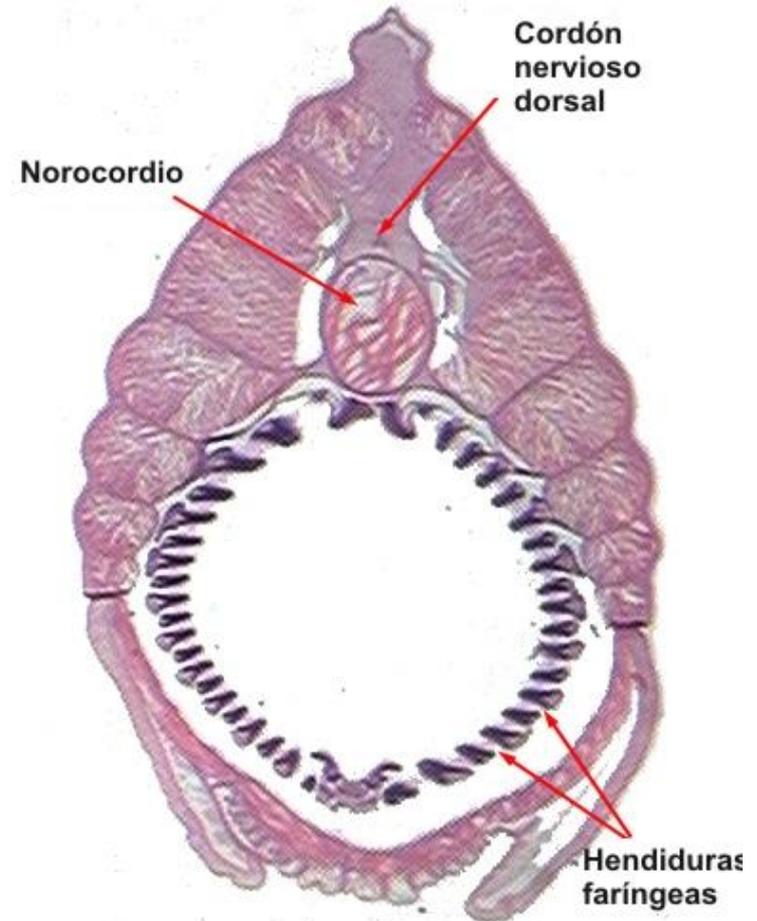
La bomba faríngea puesta en marcha por acción muscular toma el lugar de los cilios para crear el flujo de agua y las mandíbulas toman el lugar del mucus

## Cordón nervioso dorsal tubular

Carácter responsable del impresionante éxito evolutivo de los cordados

**En qué grupos aparece:** Aparece en todos los representantes del *Phylum* en algún estadio de desarrollo

**Localización:** Situado por encima del notocordio y recorre el cuerpo a todo lo largo en posición dorsal.



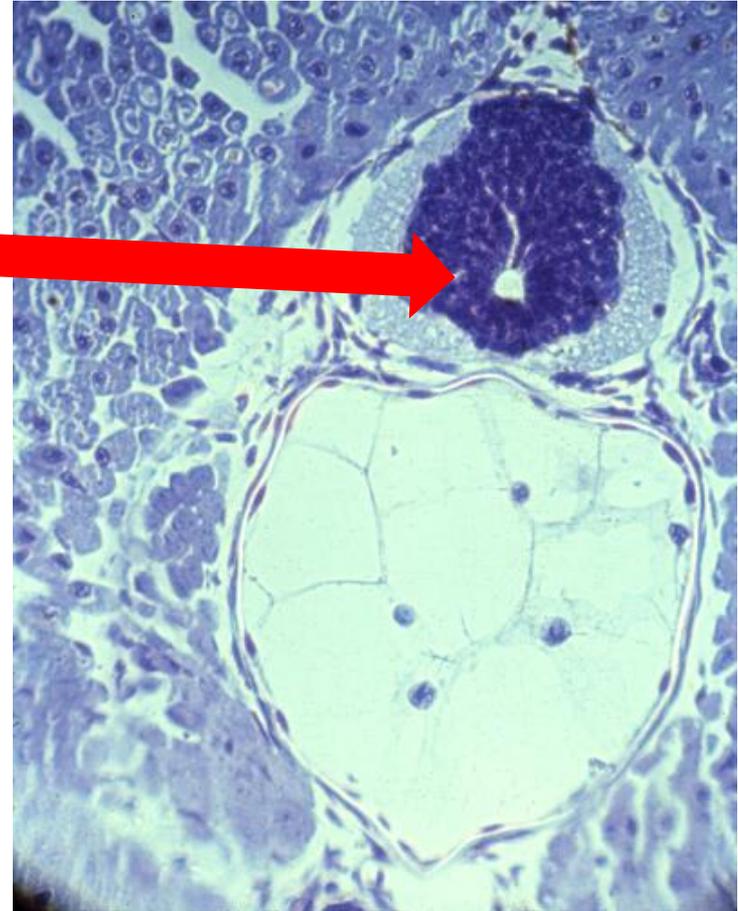
## Cordón nervioso dorsal tubular

### Características:

- Se forma por una invaginación del ectodermo dorsal, se unen las paredes y forma un cordón tubular y hueco.
- Generalmente se dilata en la región anterior formando una vesícula cerebral simple como en tunicados y anfibio y en los más avanzados formando un cerebro rodeado por la caja craneana y hacia la parte posterior formando la médula espinal de donde salen los nervios.

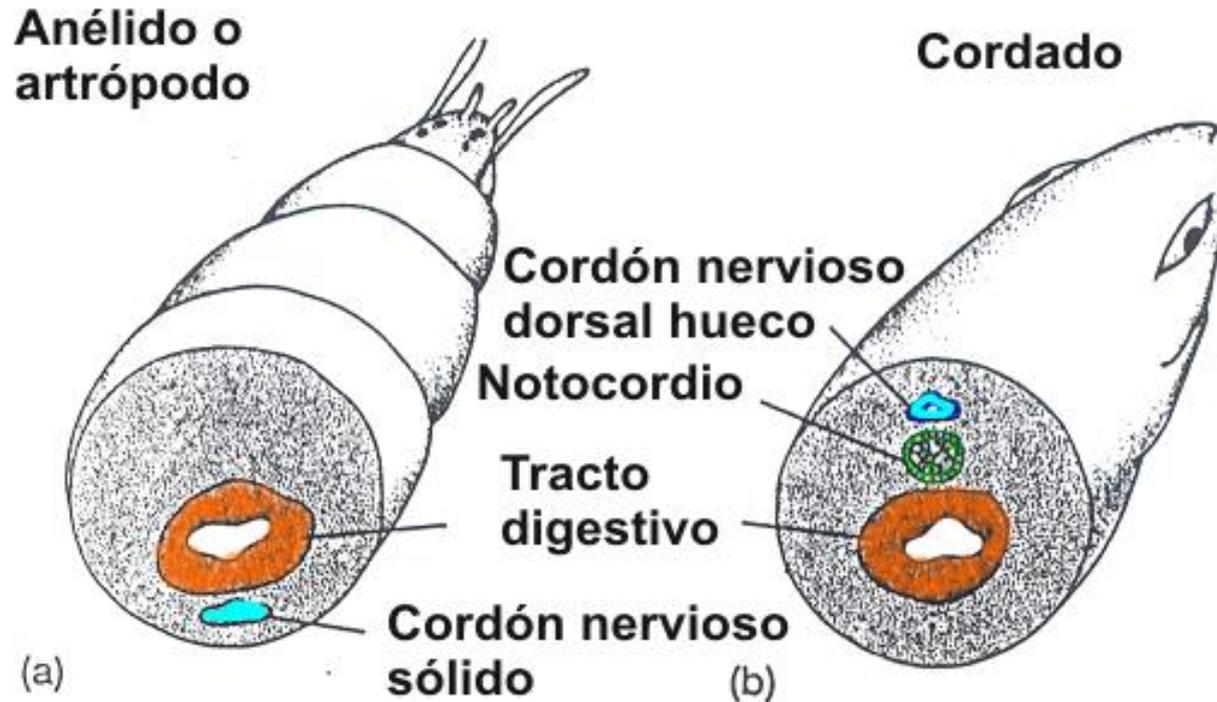
### Función:

- Forma las estructuras que constituyen el sistema nervioso del organismo.
- Recibir estímulos, integrar la información y emitir respuestas para mantener la integridad del individuo.



## Cordón nervioso dorsal tubular

### Diferencias con los invertebrados



La ventaja, de existir, de un cordón nervioso tubular hueco sobre uno sólido no está comprobada, pero esta característica distintiva se encuentra solamente en los cordados.

### **COLA POST-ANAL**

Los cordados poseen una cola post-anal que representa una elongación posterior del cuerpo extendiéndose después del ano. Cumple funciones importantes en la locomoción de algunos grupos.

### **GLÁNDULA SUBFARÍNGEA**

Homóloga a la glándula tiroides, con función reguladora del metabolismo por medio de hormonas y captación del yodo.

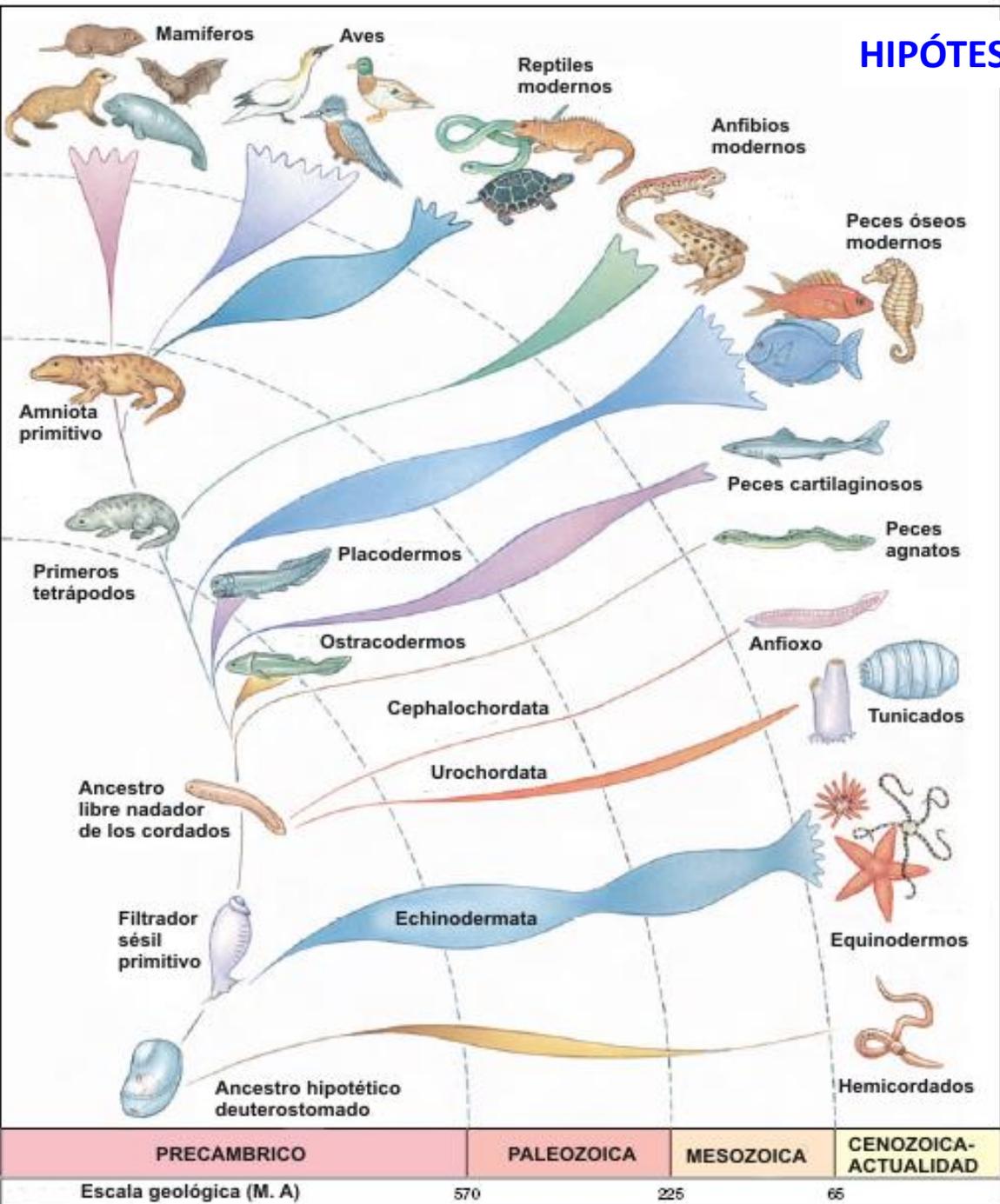
### **CÉLULAS FOTOSENSORIALES**

Derivadas del ectodermo nervioso dorsal y no de las células epidérmicas como en otros phyla.

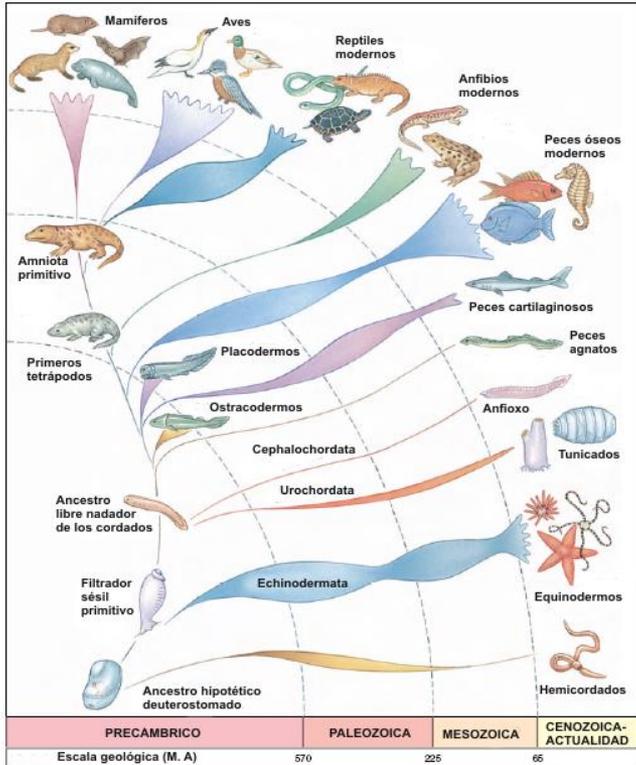
## **Pregunta**

¿Por qué los vertebrados terrestres son considerados cordados si no tienen notocordio ni hendiduras faríngeas visibles?

# HIPÓTESIS SOBRE EL ORIGEN DEL PHYLUM



# Hipótesis sobre el origen de los cordados:



- a partir de los anélidos y artrópodos
- a partir del anfioxo
- a partir de las ascidias
- a partir de los equinodermos

## A partir de anélidos y artrópodos

### A favor

- Similitudes en el diseño corporal: simetría bilateral, cuerpo segmentado, celoma desarrollado, cordón nervioso y vasos sanguíneos longitudinales, regionalización total cerebral con cerebro anterior y posterior.
- Patrón corporal básico de cordados está presente en anélidos y artrópodos aunque invertido (cordón nervioso ocupa posición ventral por debajo del intestino)

### En contra

**Metamerización:** completa vs. Superficial

**Cordón nervioso:** sólido y ventral vs hueco y dorsal.

**Historia embrionaria** diferente:

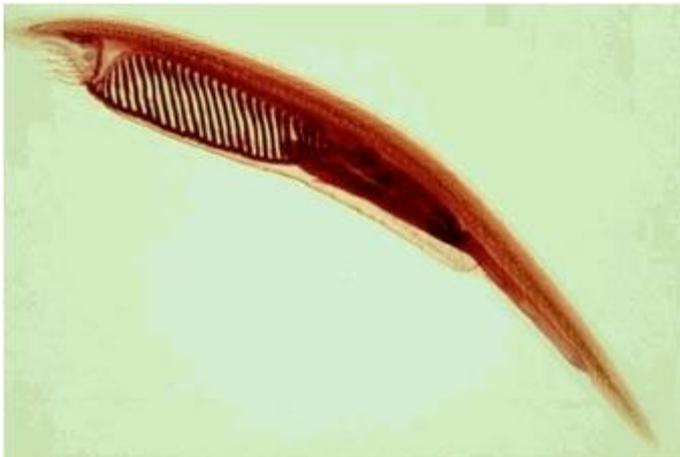
Protostomados vs. deuterostomados

**Posición de la boca y el ano.** Invertir el patrón corporal de anélidos o artrópodos para producir el plan corporal de cordados produciría un posicionamiento dorsal de la boca y el ano. Lograr posición ventral requeriría la migración de la boca y el ano ventralmente o su nueva formación en posición ventral. La embriología de los cordados no indica que esto ocurra.

## A partir del anfioxo

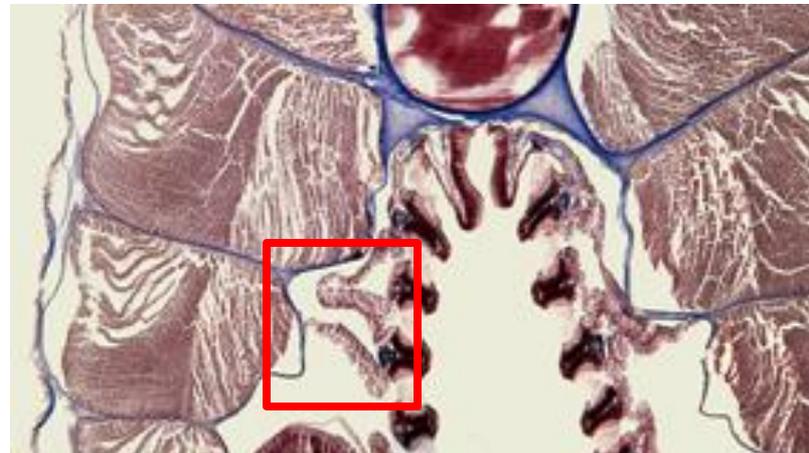
### A favor

- Chamberlain y Colbert (1900) relacionaron como el antecesor de los cordados al anfioxo pues decían que el *Amphioxus* posee y cumple con todas las exigencias del antepasado lógico e hipotético



### En contra

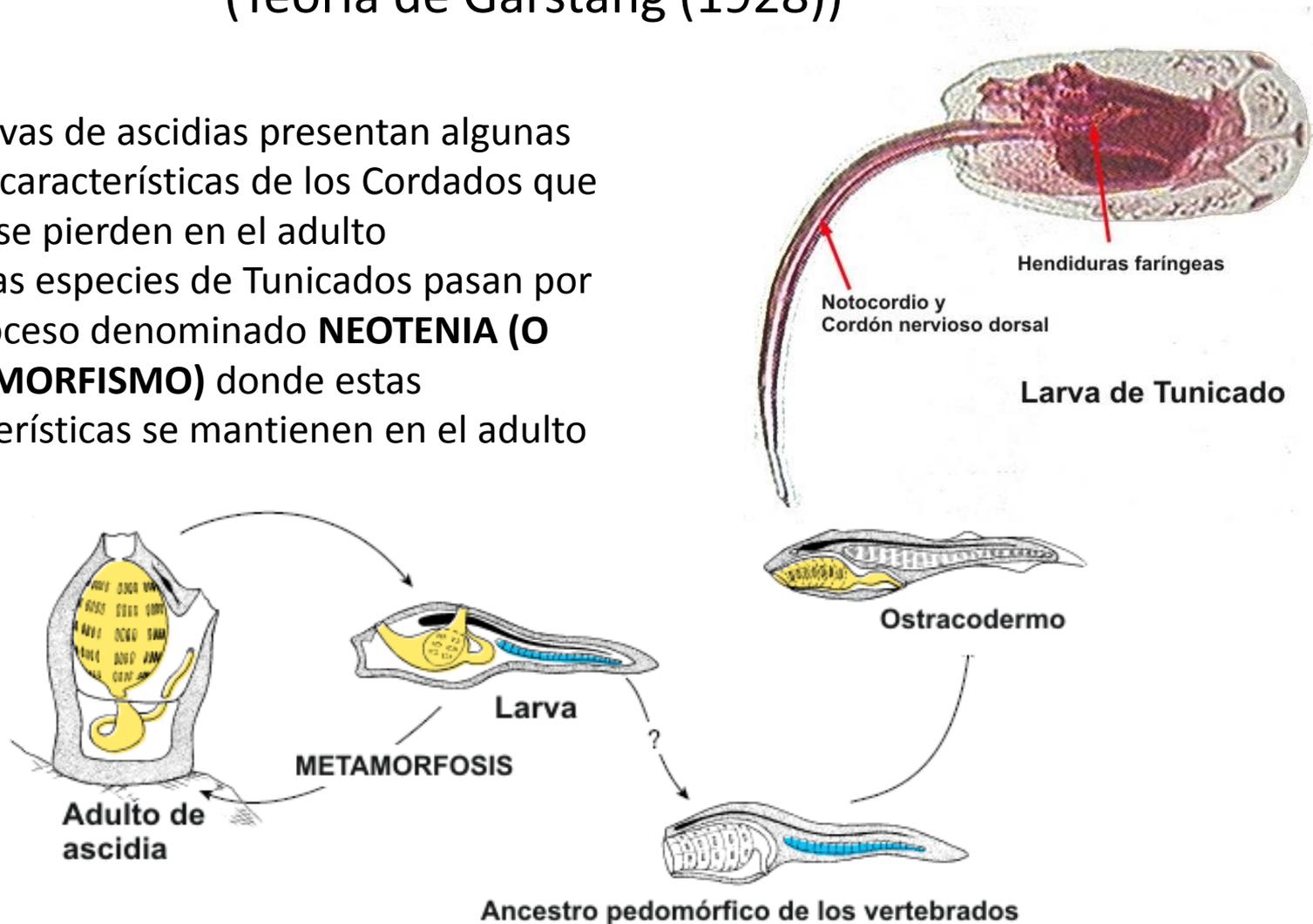
Romer considera que es imposible derivar el nefrón de los vertebrados del nefridio complejo de anfioxo, que no existía comparación ni homología entre estas estructuras. Para Romer, el anfioxo es una rama divergente entre cordados inferiores y vertebrados.



## A partir de las ascidias

(Teoría de Garstang (1928))

- Las larvas de ascidias presentan algunas de las características de los Cordados que luego se pierden en el adulto
- Algunas especies de Tunicados pasan por un proceso denominado **NEOTENIA (O PEDOMORFISMO)** donde estas características se mantienen en el adulto





Ano Cola

## TEORÍAS SOBRE EL ORIGEN DEL PHYLUM

### A partir de los equinodermos

Grupo fósil Calcichordata

A favor

### Semejanzas embriológicas:

Ambos son **deuterostomados**.

**Red difusa de células y fibras nerviosas** en equinodermos que pueden haber originado al cordón nervioso dorsal.

**Endoesqueleto** con origen **mesodérmico**

En moluscos, anélidos, artrópodos presencia de fosfato de arginina como sustancia transportadora de energía, y **fosfato de creatina** en equinodermos y cordados.

Hendiduras faringicas

Boca



Ano

Cola

## TEORÍAS SOBRE EL ORIGEN DEL PHYLUM

# A partir de los equinodermos

## A favor

**Semejanzas larvales:** (Entre bipinnaria y auricularia de equinodermos con la larva tornaria de hemicordados)

### Nota:

Los hemicordados eran considerados antiguamente como cordados, pero en la actualidad se consideran un Phylum aparte.

Tienen semejanzas con los cordados por presentar dos de los caracteres fundamentales del Phylum.



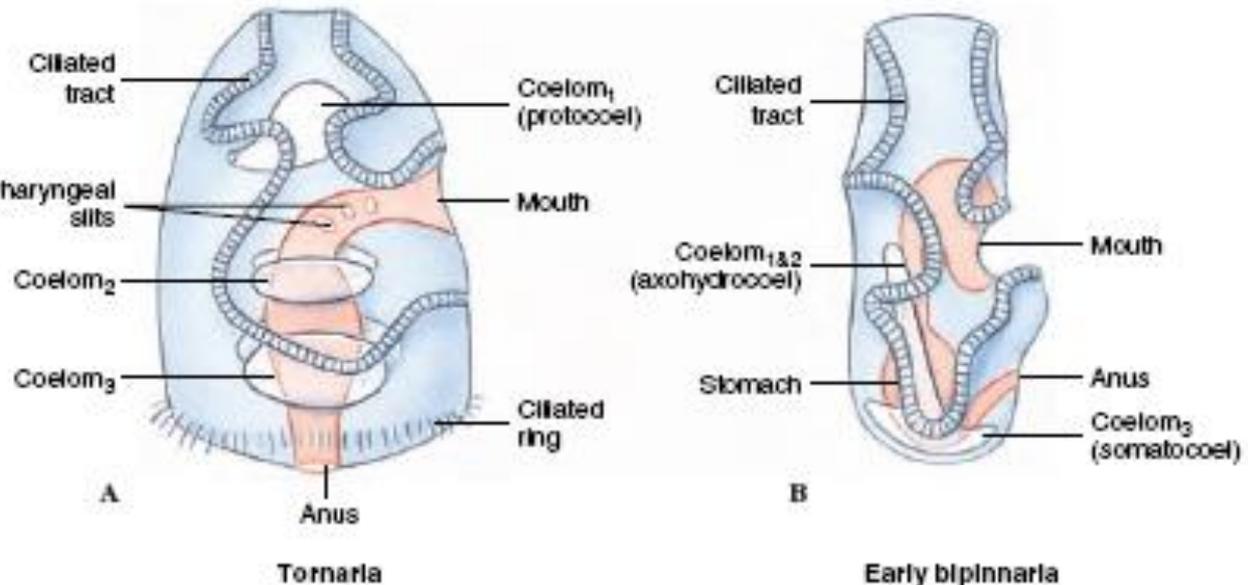
## A partir de los equinodermos

A favor



**Semejanzas larvales:** (Entre bipinnaria y auricularia de equinodermos con la larva tornaria de hemicordados)

1. Con bandas longitudinales de cilios
2. Simetría bilateral
3. Poseen igual número de cavidades celómicas y un poro dorsal.

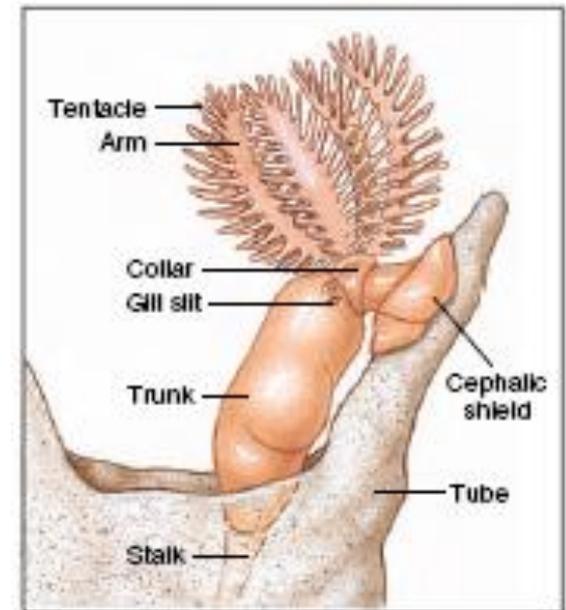


## A partir de los equinodermos

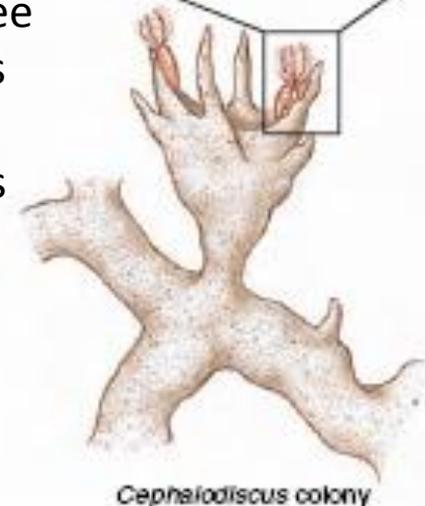
Semejanzas de los adultos: (Entre crinoideos y *Cephalodiscus*)



Los crinoideos, llamados lirios o palmas de mar, son los más antiguos dentro de los equinodermos. Poseen una serie de estructuras superiores como tentáculos, son sésiles y poseen un pedúnculo.



*Cephalodiscus* posee brazos o tentáculos llamados lofóforos que son ciliados, es también sésil y pedunculado, pero con hendiduras faríngeas.



## A partir de los equinodermos

### Características del primer Cordado

1. Organismo pedunculado
2. Con un lofóforo ciliado con el que capturaban el alimento
3. Con una fase larvaria parecida a la larva auricularia de los equinodermos actuales, con una banda ciliada longitudinal.



### Evolución hacia los Cordados actuales

1. Pérdida de los lofóforos y adquisición de los cilios por la faringe
2. Cambio del método de captura del alimento (cilios vs. tentáculos)
3. Desarrollo paralelo de un endostilo para la captura del alimento y un atrio para proteger las branquias.
4. Escapar de la vida sésil a través de la neotenia o pedomorfosis de la larva.
5. Locomoción de tipo muscular
6. Migración de bandas ciliadas laterales hacia la posición dorsal donde se invaginaron formando el cordón nervioso dorsal y el endostilo

## A partir de los equinodermos

### Evolución hacia los Cordados actuales

1. Pérdida de los lofóforos y adquisición de los cilios por la faringe
2. Cambio del método de captura del alimento (cilios vs. tentáculos)
3. Desarrollo paralelo de un endostilo para la captura del alimento y un atrio para proteger las branquias.
4. Escapar de la vida sésil a través de la neotenia o pedomorfosis de la larva.
5. Locomoción de tipo muscular
6. Migración de bandas ciliadas laterales hacia la posición dorsal donde se invaginaron formando el cordón nervioso dorsal y el endostilo

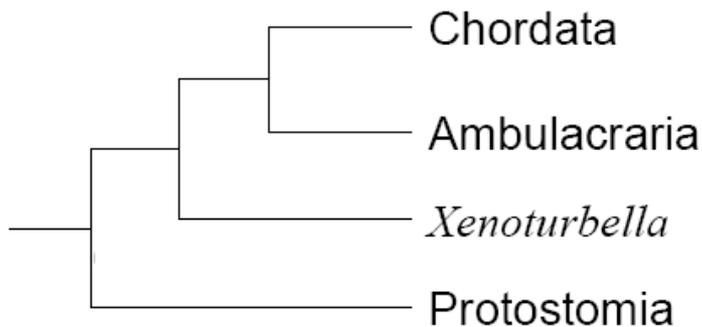


## Antepasado más antiguo



### Aparición del Phylum Xenoturbellida (Bourlat *et al.*, 2006)

1. El huevo y embrión de *Xenoturbella* posee características de los protostomados
2. Sin embargo, tiene semejanzas a los oocitos de equinodermos
3. Se sugiere que *Xenoturbella* divergió de los deuterostomados antes de que estos últimos desarrollaran sus caracteres definitivos
4. El sistema nervioso del grupo confirma una posición más basal en la filogenia



La polémica continúa

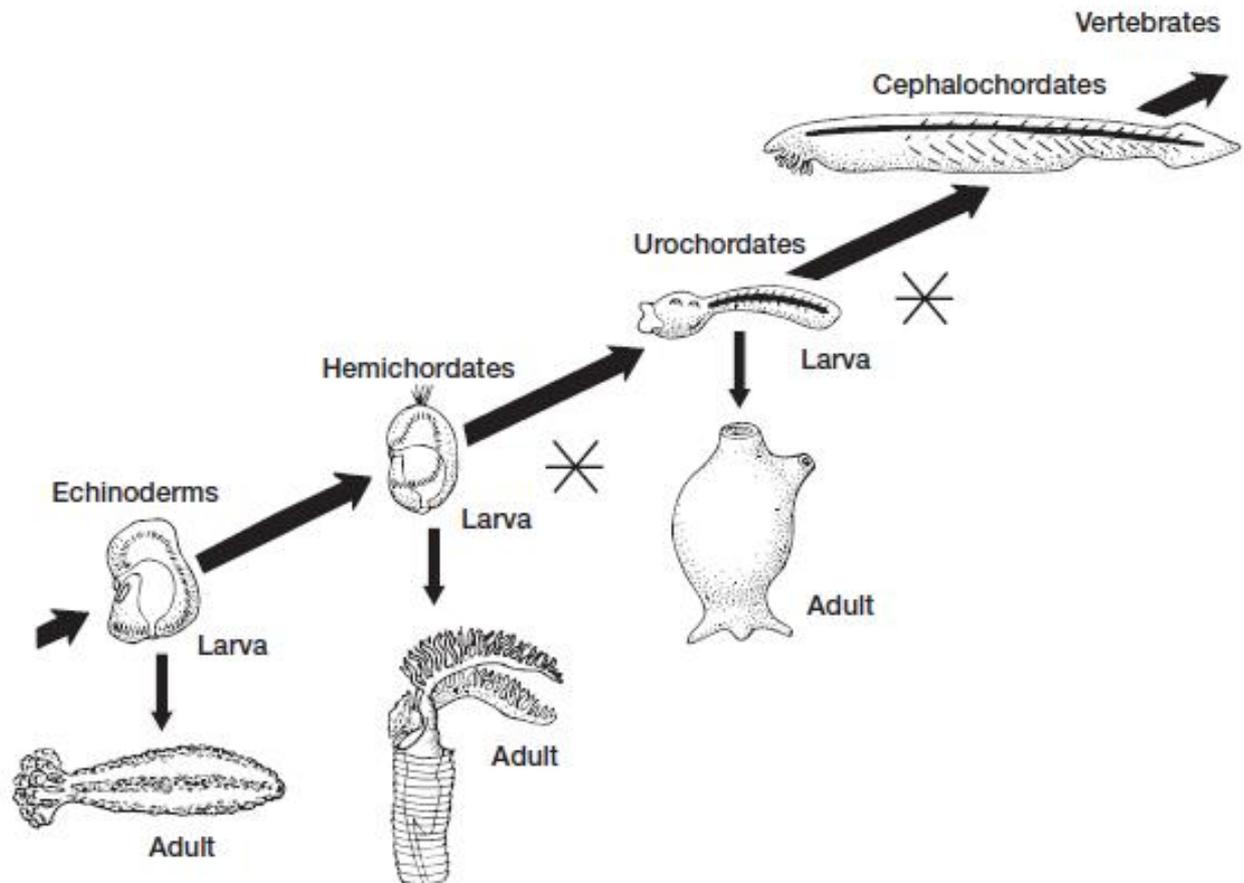
Perseke *et al.* (2007)

### En resumen, el surgimiento de un adulto

- que escapó a la vida sésil y comenzó con vida libre activa
- que adquirió músculos para una locomoción eficiente que garantizó un gran movimiento,
- que adquirió un cordón nervioso dorsal y receptores sensoriales adecuados
- que desarrolló mecanismos de alimentación eficientes

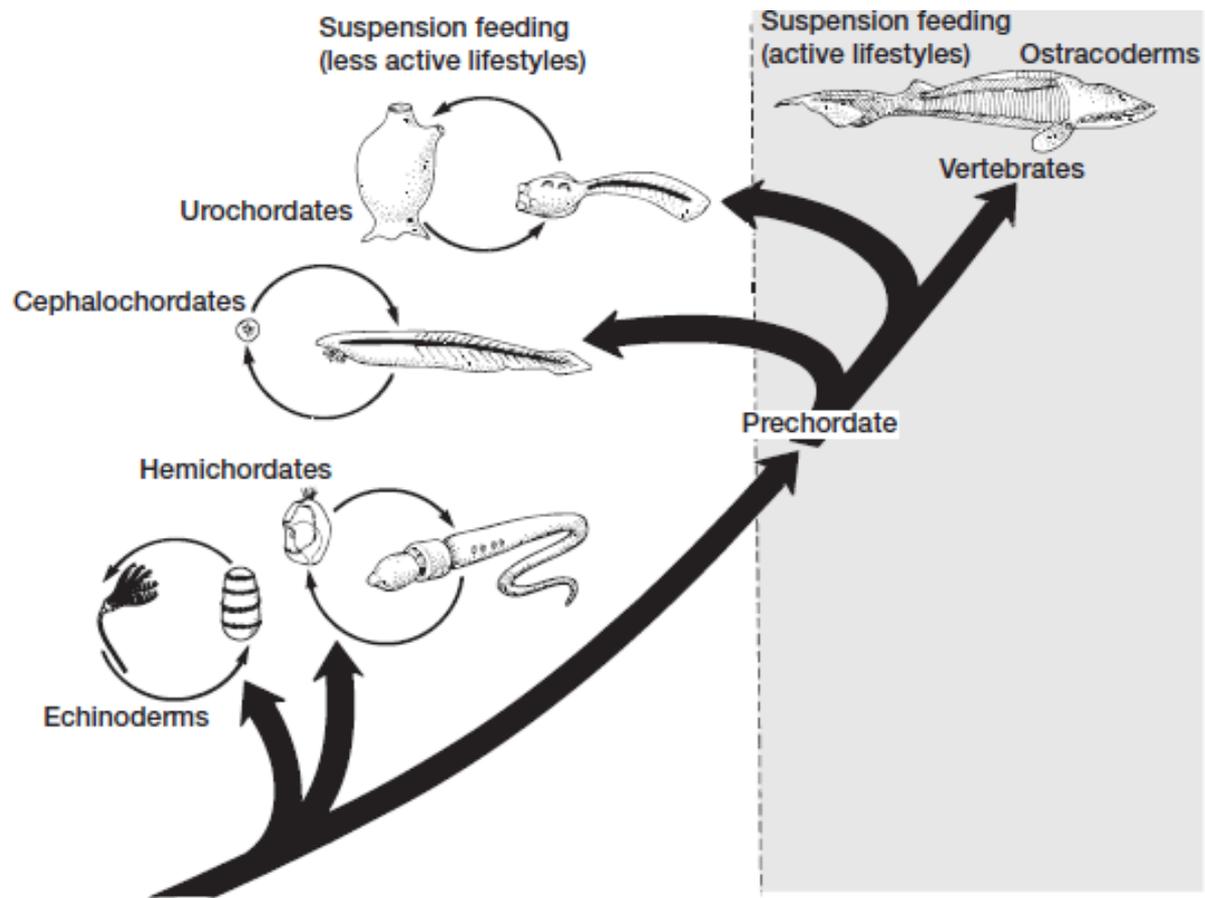
lo llevó en un curso evolutivo independiente, logrando tener un gran éxito ecológico y dando origen a una diversidad biológica increíble.

**FIGURE 2.31** Summary of Garstang's view of vertebrate origins. Beginning with an echinoderm larva, Garstang proposed a series of literal evolutionary steps through the larval stages that involved paedomorphosis (\*) and eventually produced chordates.



**FIGURE 2.32** Lifestyles, prechordate to chordates.

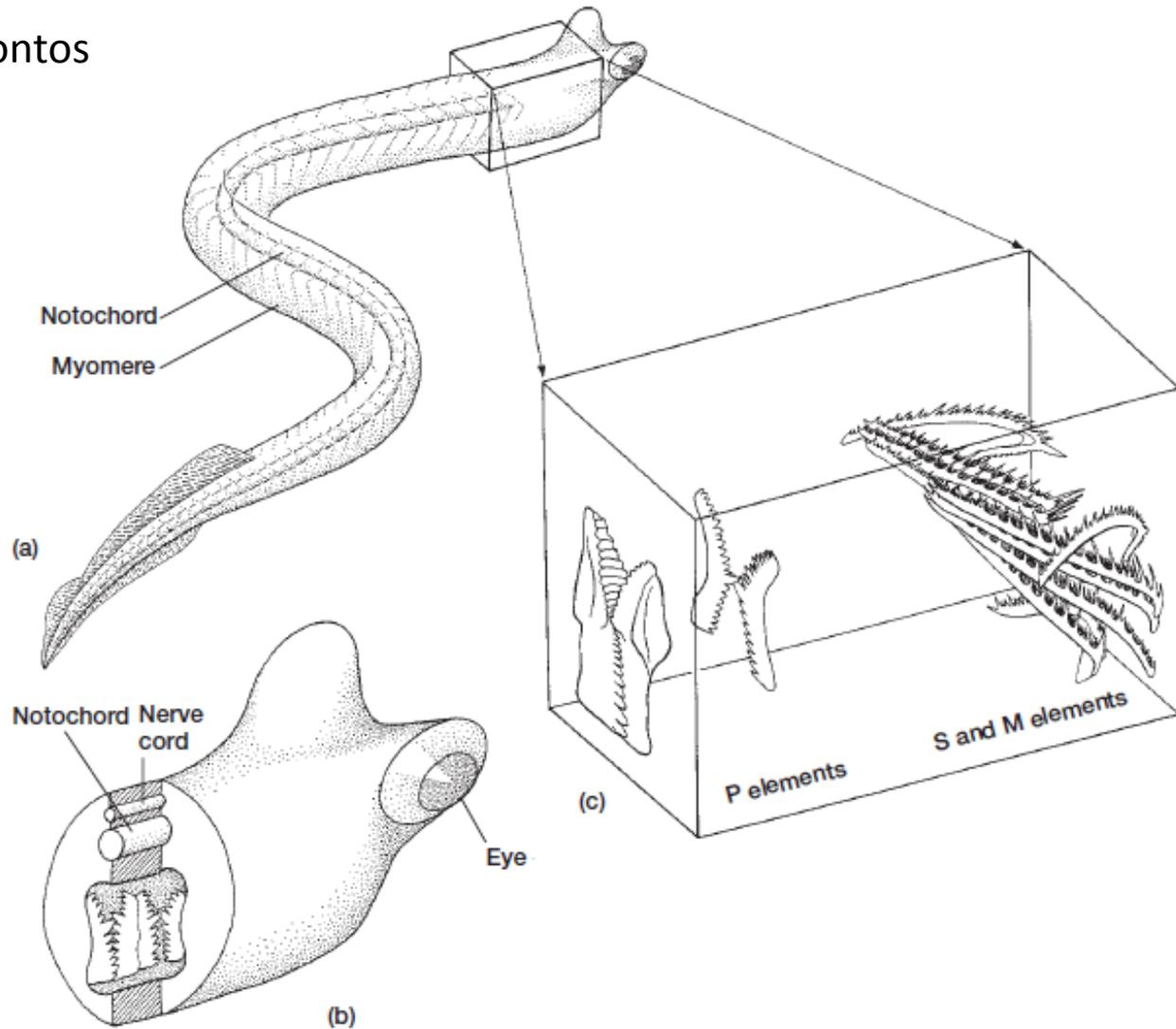
Pharyngeal slits are present early within protochordates. Upon reaching the prechordate, other chordate characteristics would be present—notochord, postanal tail, dorsal hollow nerve cord—all serving a more active lifestyle. One view, shown here, is that this prechordate was a suspension-feeder, although an active one, thereby accounting for the presence of its basic chordate features. The other view is that this prechordate was an incipient predator; these predatory features were enhanced into vertebrates, but reversed in cephalochordates and urochordates secondarily returning them to suspension-feeding habits.



## CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

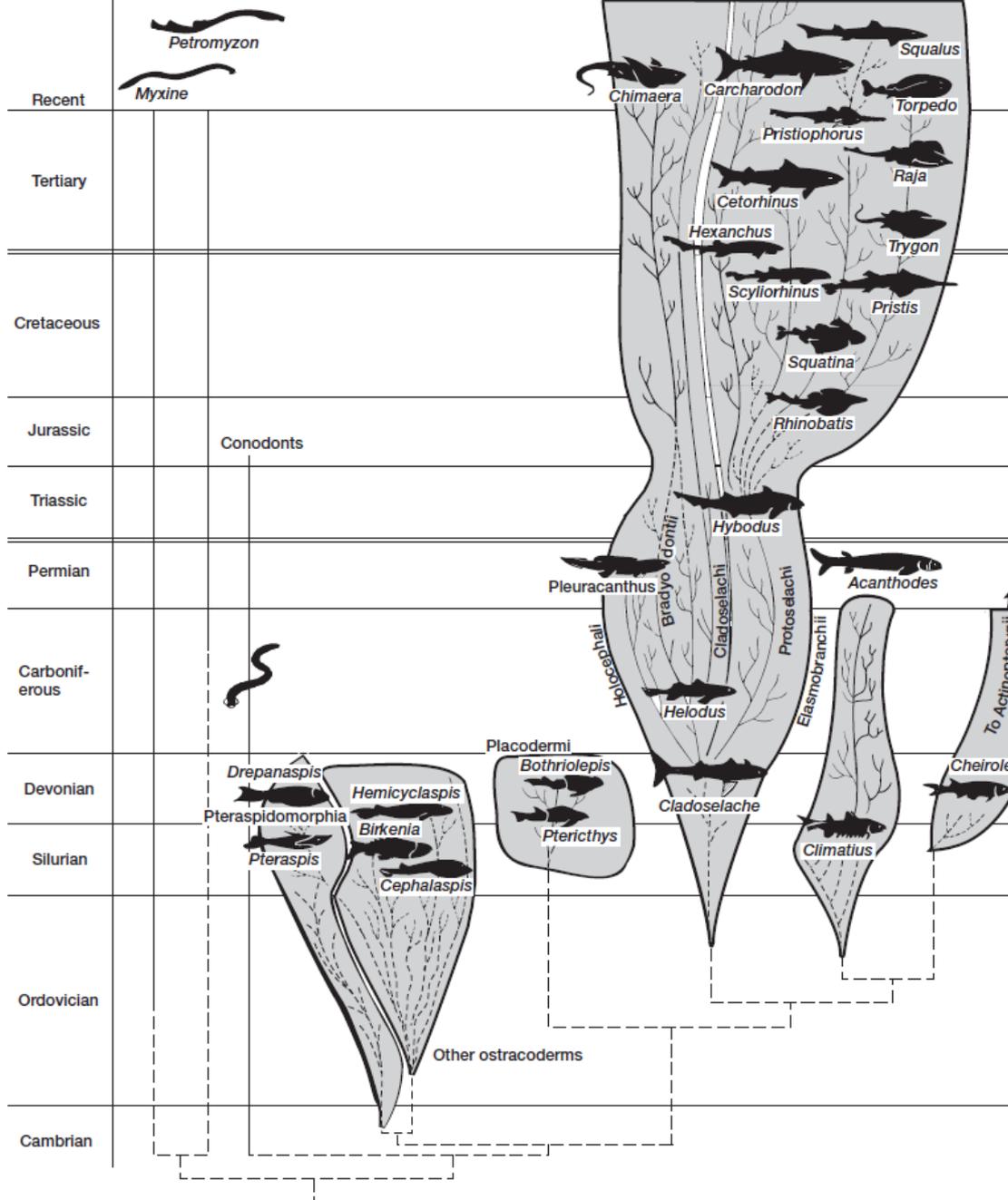
<b>Phylum</b>	<b>Subphylum</b>	<b>Superclase</b>	<b>Clase</b>
<b>Hemichordata</b>			<b>Enteropneusta</b> <b>Pterobranchiata</b>
<b>Chordata</b>	<b>Urochordata o Tunicata</b>		<b>Larvacea</b> <b>Ascidiacea</b> <b>Thaliacea</b>
	<b>Cephalochordata (Acrania)</b>		<b>Cephalochorda</b>
	<b>Craniata (Vertebrata)</b>	<b>Agnatha</b>	<b>+ Conodontia</b>
			<b>Euagnatha</b>
		<b>Gnathostomata</b>	<b>+ Placodermi</b>
			<b>+ Acanthodii</b>
			<b>Chondrichthyes</b>
			<b>Actinopterygii</b>
			<b>Sarcopterygii</b>
			<b>Amphibia</b>
<b>Reptilia</b>			
<b>Aves</b>			
<b>Mammalia</b>			

# Conodontos



**FIGURE 3.7 Conodont.** (a) Whole, restored animal. (b) Cross section through pharynx showing position of P elements. (c) Isolated conodont apparatus, showing P, S, and M elements.

After Alldridge and Purnell, 1996.



**Conodontia y Euagnatha**  
 (Mixini,  
 Pteraspidomorpha y  
 Cephalaspidomorpha).  
 Relaciones con otros  
 vertebrados acuáticos.

**FIGURE 3.8** Phylogeny of euagnathans and early gnathostomes. Dashed lines represent hypothesized phylogenetic associations where fossil intermediates are unknown.

After I. Z. Young

PRÓXIMA CLASE

