

Determinación sexual



Determinación y Diferenciación sexual

Determinación: Una célula está determinada cuando de modo **irreversible** sigue una vía de diferenciación pero todavía no expresó ninguna característica que permita reconocerla como *diferenciada*.

Diferenciación: Manifestación externa, morfológica o bioquímica de la *determinación*.



Determinación	Diferenciación
<p>Porciones del genoma de una célula madre son seleccionadas para ser expresadas</p>	<p>La célula diferenciada se especializa y funciona en respuesta a la activación de sus genes por señales inductoras</p>
<p>Ocurre en células totipotenciales, células embrionarias, células madre</p>	<p>Ocurre en las células ya determinadas, derivadas de las células madre</p>
<p>Como resultado hay una segregación asimétrica de componentes citoplasmáticos determinantes o señales inductoras</p>	<p>Es resultado de la expresión diferencial de los genes debido a señales inductoras</p>
<p>Responsable de la determinación del destino de las células, ya ha “elegido” un destino</p>	<p>Responde con la especialización y funcionamiento celular</p>



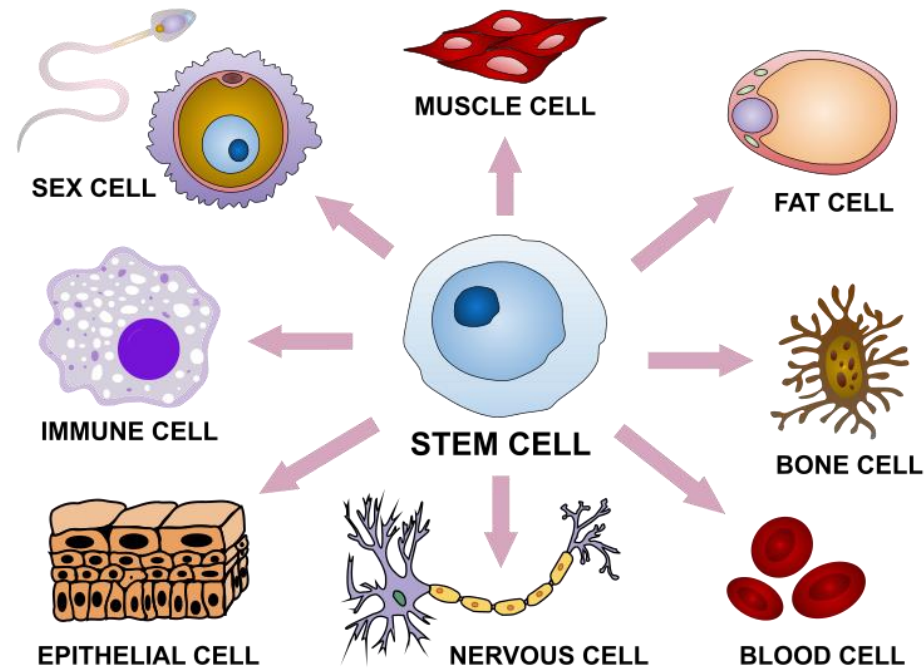
Determinación

Porciones del genoma de una célula madre son seleccionadas para ser expresadas

Diferenciación

La célula diferenciada se especializa y funciona en respuesta a la activación de sus genes por señales inductoras

D
e
t
e
r
m
i
n
a
n
t
e



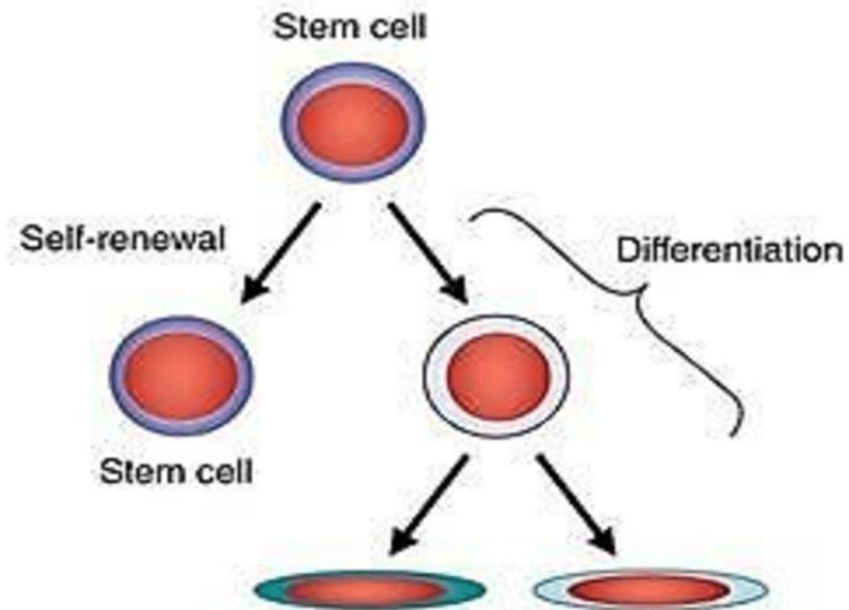
Determinación

Diferenciación

Ocurre en células totipotenciales, células embrionarias, células madre

Ocurre en las células ya determinadas, derivadas de las células madre

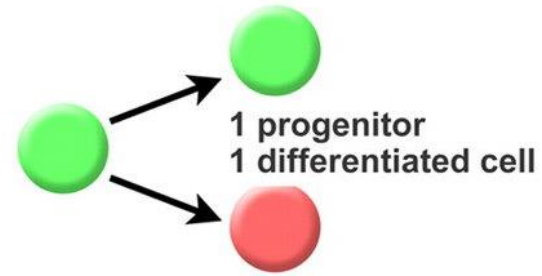
D
e
t
e
r
m
i
n
a
n
t
e



Determinación

Diferenciación

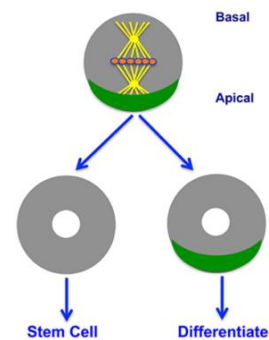
D
e
t
e
r
m
i
n
a
n
t
e



Como resultado hay una segregación asimétrica de componentes citoplasmáticos determinantes o señales inductoras

Es resultado de la expresión diferencial de los genes debido a señales inductoras

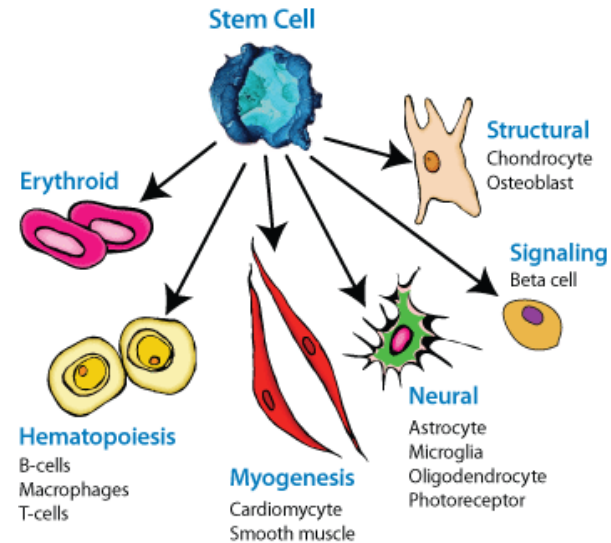
Asymmetric division



Determinación

Diferenciación

D
e
t
e
r
m
i
n
a
n
t
e



Responsable de la determinación del destino de las células, ya ha “elegido” un destino

Responde con la especialización y funcionamiento celular





¿Y cómo se da la determinación y diferenciación del sexo?





- Por su posición en el útero: a la derecha ♂

Parménides
(515 ac)



- Por origen del semen: testículo derecho ♂

Anaxágoras
(500 ac)



- Por la temperatura: más caliente ♂

Empédocles
(430 ac)



- Por calor del macho durante la cópula: más calor ♂

Aristóteles
(380 ac)



- El embrión resulta de la mezcla de semen con la menstruación

Aristóteles
(380 ac)



- En los embriones hay un periodo de ambigüedad
- Los testículos son responsables de la masculinidad

Aristóteles
(380 ac)



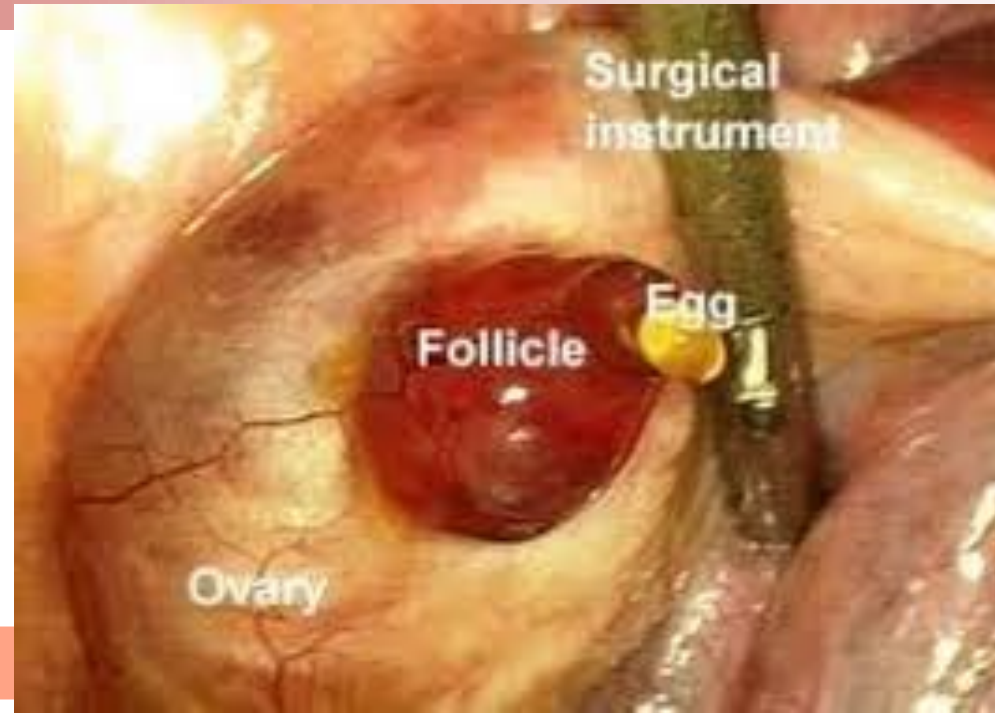
De los mitos a la ciencia

El semen
mezclado con
el “semen” del
útero + calor

1600

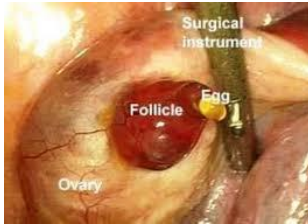
1672

R. De Graaf
observó
estructuras
en el
“testículo
femenino”, los
folículos
ováricos

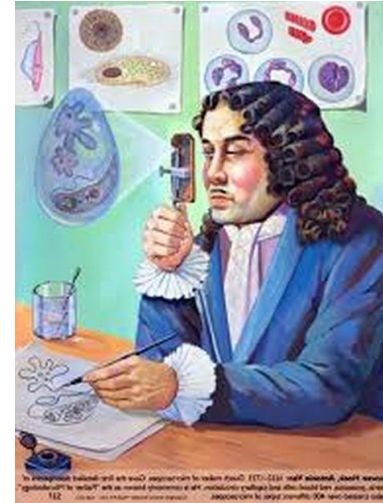


De los mitos a la ciencia

El semen mezclado con el "semen" del útero + calor



Con el desarrollo del microscopio van Leewenhoek observó espermatozoides: **animálculos**

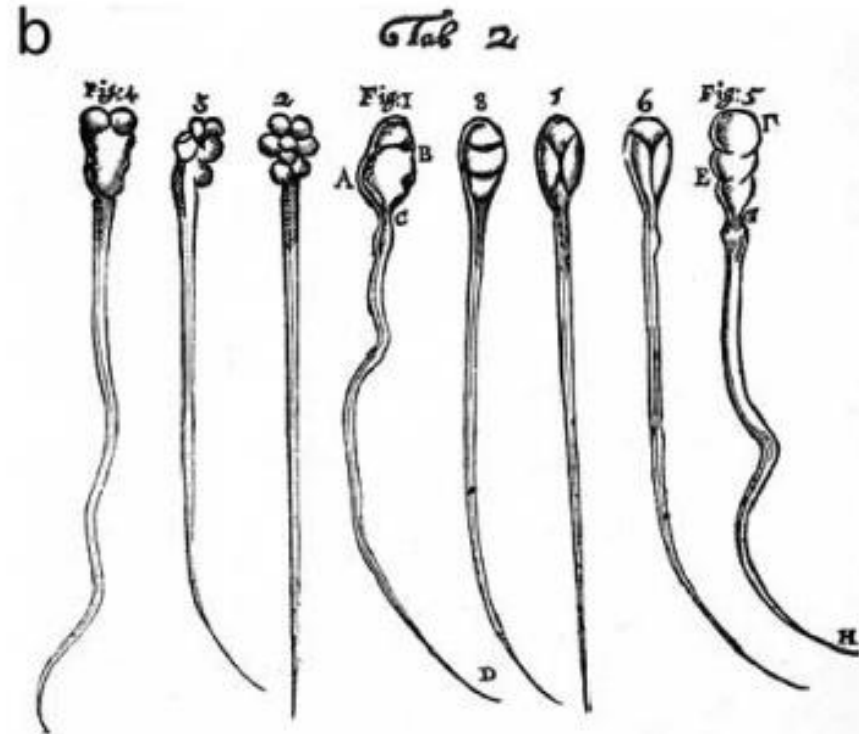


1600

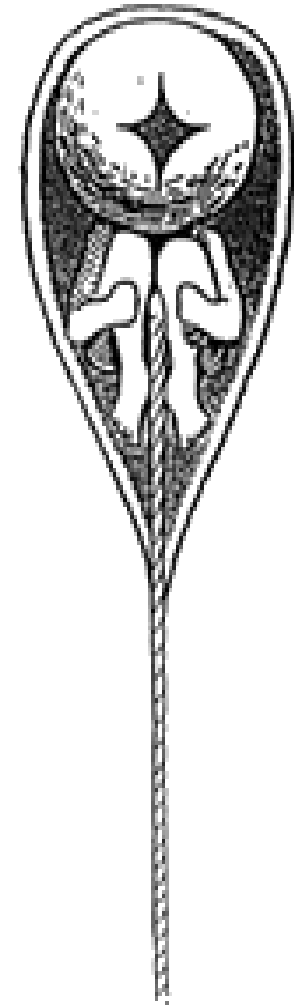
1672

1670

1672
R. De Graaf observó estructuras en el testículo femenino, los folículos ováricos



- ♣ Sin embargo en 1694, Nicolas Hartsoecker describió «**animálculos**» en el esperma de humanos y otros animales.
- ♣ La poca resolución de los primeros microscopios: la cabeza del espermatozoide era un hombre completo en miniatura.
- ♣ El esperma era de hecho un «hombre pequeño» (homúnculo) que se ponía dentro de una mujer para que creciese hasta ser un niño (**espermistas**).

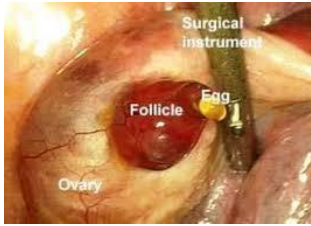


Homunculus en el esperma

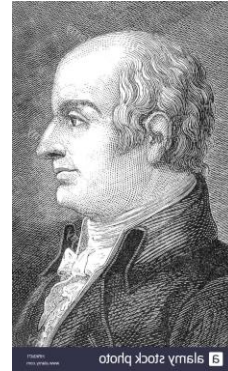


De los mitos a la ciencia

El semen mezclado con el "semen" del útero + calor



1670 con el desarrollo del microscopio van Leewenhoek observó espermatozoides: **animálculos**



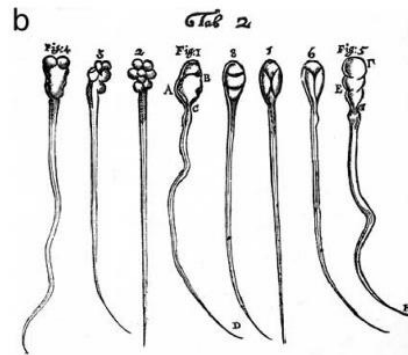
1600

1672

1670

1780

1672
R. De Graaf observó estructuras en el testículo femenino, los folículos ováricos

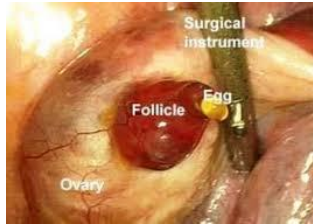


L. Spallazani experimentos de fertilización in vitro con ranas



De los mitos a la ciencia

El semen mezclado con el "semen" del útero + calor



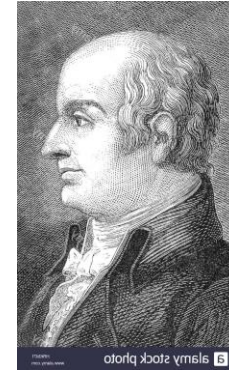
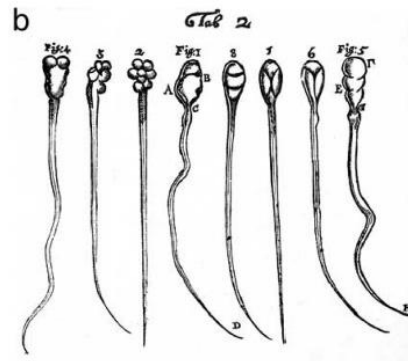
1600

1672

1672
R. De Graaf observó estructuras en el testículo femenino, los folículos ováricos

1670 con el desarrollo del microscopio van Leewenhoek observó espermatozoides: **animálculos**

1670

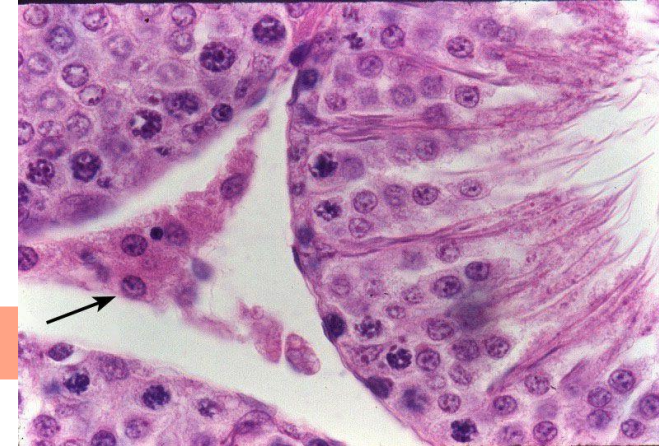
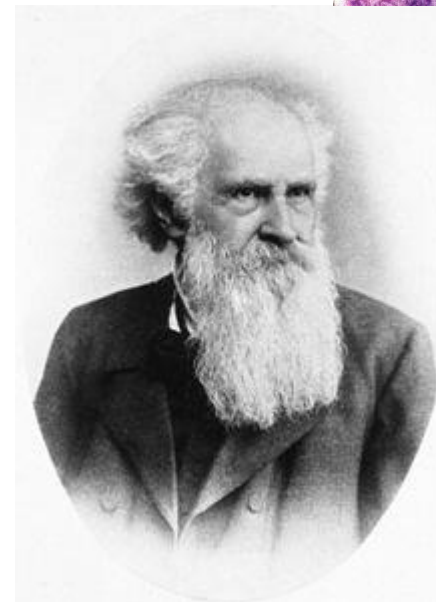


Franz Leydig describió testículos en vertebrados y las células productoras de andrógenos

1780

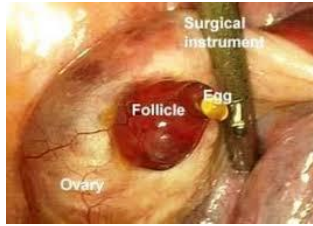
L. Spallazani experimentos de fertilización in vitro con ranas

1850



De los mitos a la ciencia

El semen mezclado con el "semen" del útero + calor



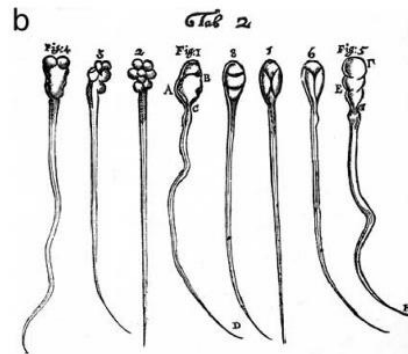
1600

1672

1672
R. De Graaf observó estructuras en el testículo femenino, los folículos ováricos

1670 con el desarrollo del microscopio van Leewenhoek observó espermatozoides: **animálculos**

1670

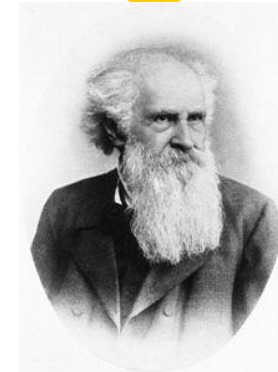


1780

L. Spallazani experimentos de fertilización in vitro con ranas

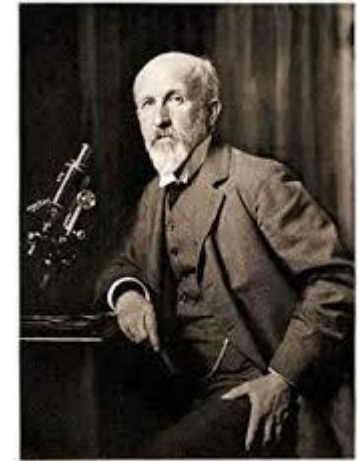
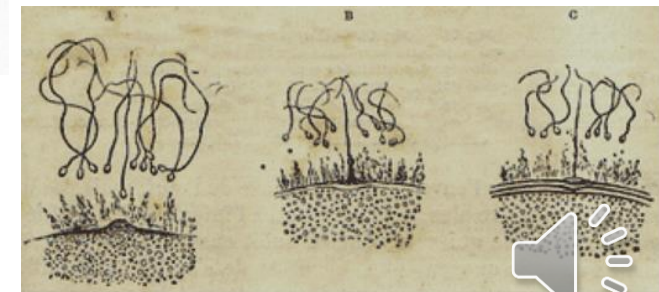
Franz Leydig describió testículos en vertebrados y las células productoras de andrógenos

1850



1878

O. Hertwig describió la entrada del esperma al huevo



- ♣ La observación de la fertilización explicaba muchos de los misterios de la concepción (p. ej. por qué se necesita de dos padres).
- ♣ Sin embargo, factores ambientales (calor, nutrición) eran los importantes en la determinación sexual.
- ♣ Si se almacenaba energía, hembra, si se utilizaba energía, machos.

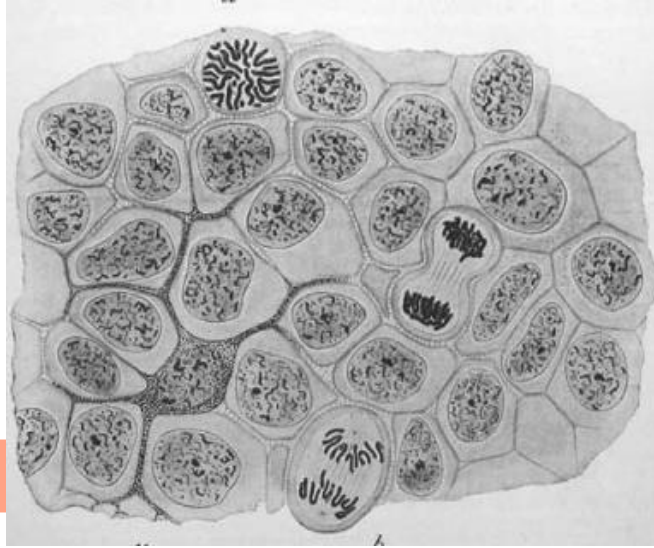
VISIÓN AMBIENTAL



De los mitos a la ciencia

N. M. Stevens describe los cromosomas sexuales, describe el cromosoma Y

1902



Mayor información:

<http://wzar.unizar.es/siem/articulos/Premios/descubrimientocromosomas.pdf>



De los mitos a la ciencia

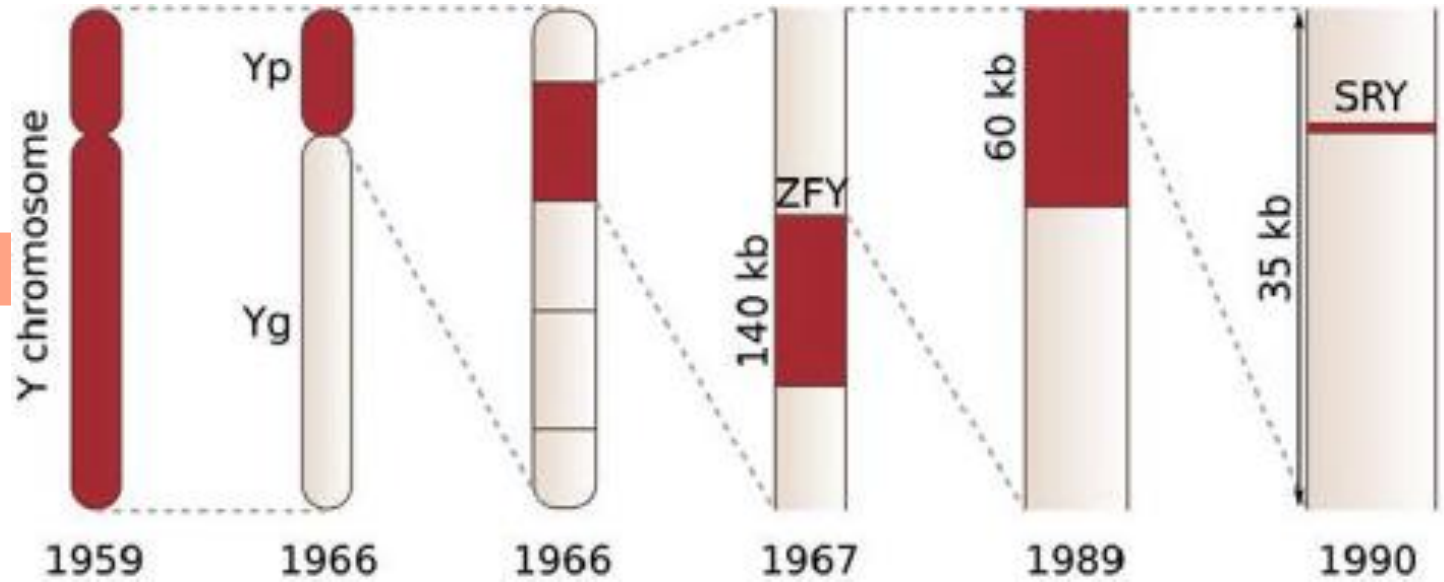
N. M. Stevens describe los cromosomas sexuales, describe el cromosoma Y

1902



1950

El cromosoma Y tiene la función determinante masculina



De los mitos a la ciencia

N. M. Stevens describe los cromosomas sexuales, describe el cromosoma Y

1902



El cromosoma Y tiene la función determinante masculina

1950

El cromosoma Y tiene la función determinante masculina en el gen *Sry*

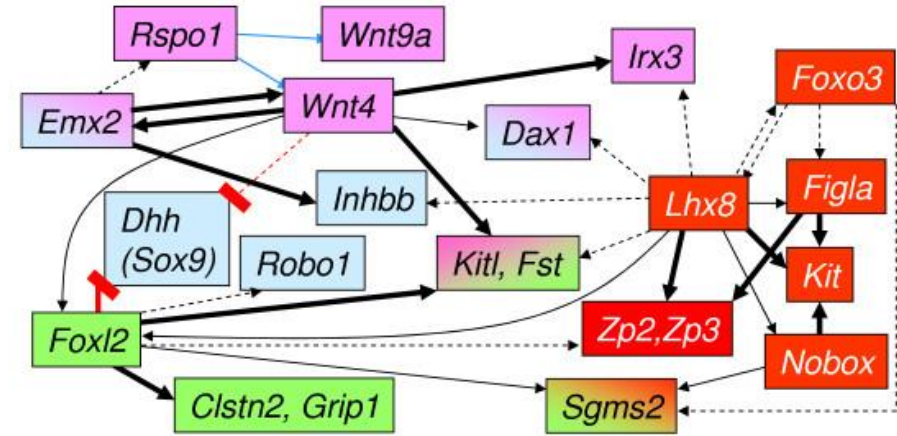
1990



De los mitos a la ciencia

N. M. Stevens describe los cromosomas sexuales, describe el cromosoma Y

El cromosoma Y tiene la función determinante masculina en el gen *Sry*



1902

1950

1990

2006



El cromosoma Y tiene la función determinante masculina



El silenciamiento del gen *Rspo1* puede revertir el sexo de una hembra XX a macho

Early ovary soma Testis-like Follicles (?) Oocytes

Genes del desarrollo ovárico



De los mitos a la ciencia

N. M. Stevens describe los cromosomas sexuales, describe el cromosoma Y

1902



El cromosoma Y tiene la función determinante masculina

1950



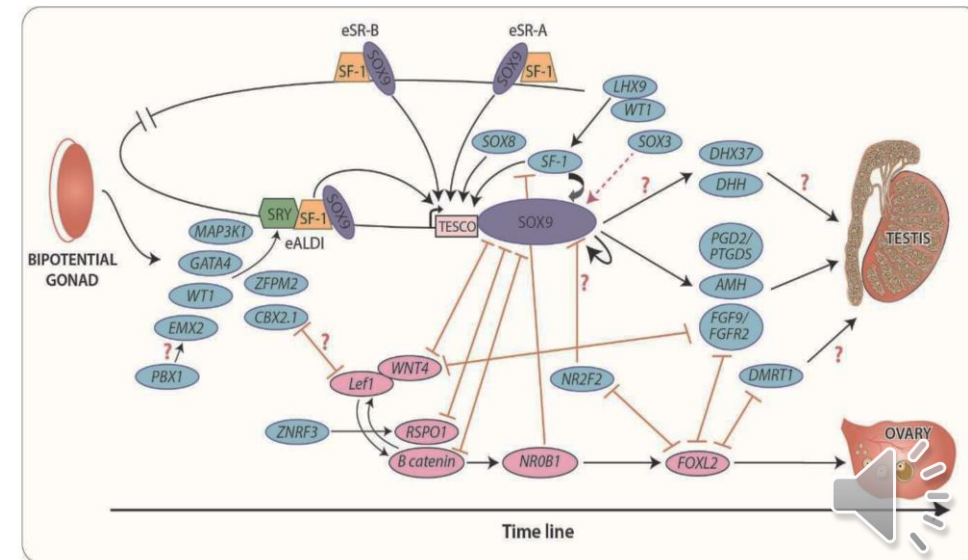
El cromosoma Y tiene la función determinante masculina en el gen *Sry*

1990

2006

El silenciamiento del gen *Rspo1* puede revertir el sexo de una hembra XX a macho

hoy



♣ Hoy en día se sabe que

Existe tanto determinación
ambiental como **cromosómica**
de los fenotipos sexuales



La determinación del sexo depende de dos momentos:



Determinación primaria

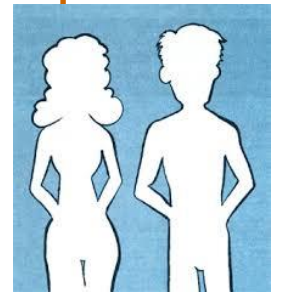
**Determinación de la gónada:
testículo / ovario**



Determinación secundaria

Adquisición del fenotipo sexual correspondiente a cada sexo

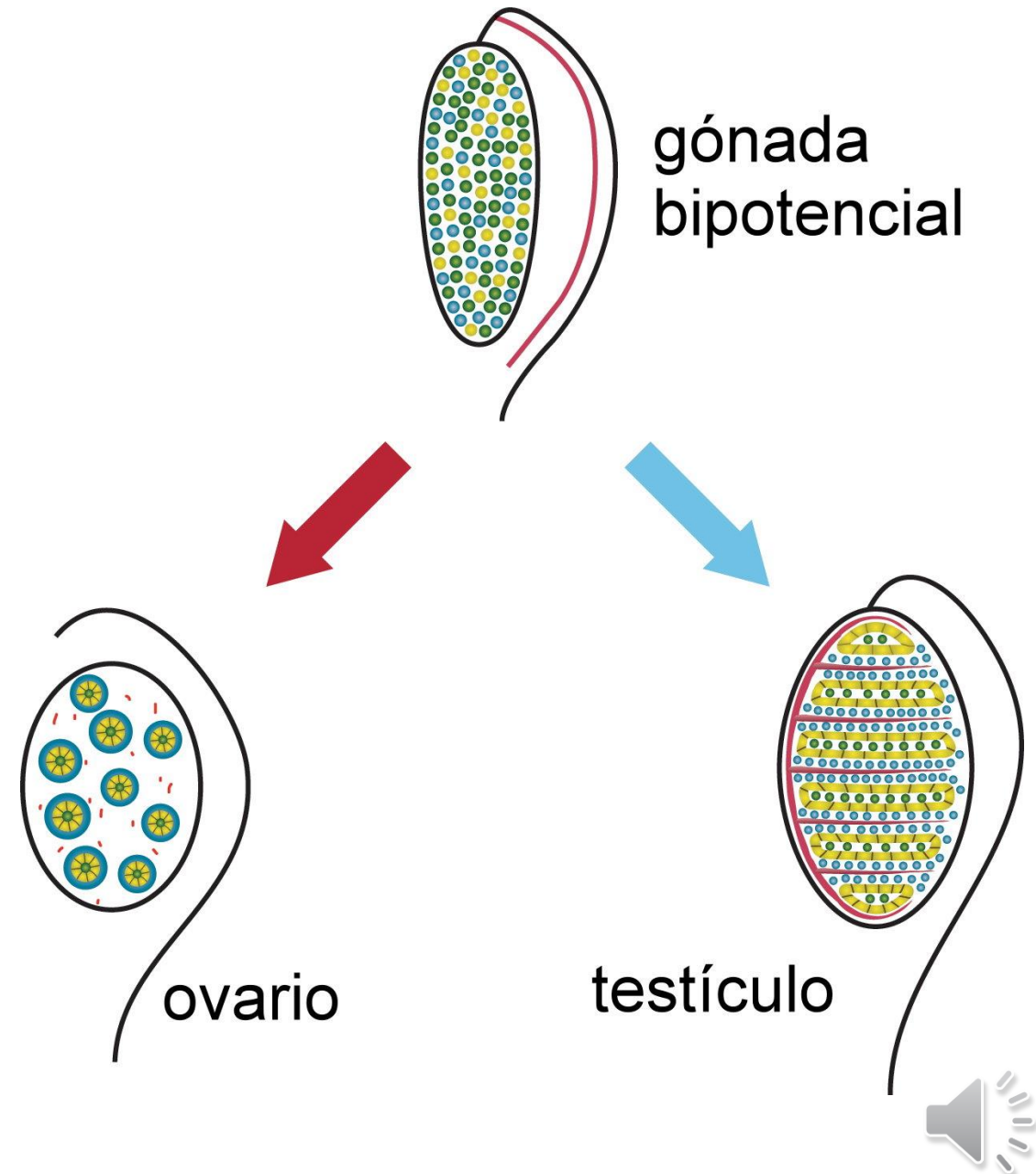
Mediada por hormonas sexuales



Ley de la bipotencialidad sexual:

Doble capacidad de desarrollarse como ovario o como testículo (el primordio gonadal es bipotencial).

La diferenciación sexual es el resultado de la fuerza relativa de los "realizadores sexuales" y los "factores modificadores externos".



Los realizadores sexuales son

HORMONAS SEXUALES

que se producen por:

- ✓ acción genética (determinación sexual cromosómica)
- ✓ por factores ambientales (temperatura, ambiente social, contaminantes hormonales)

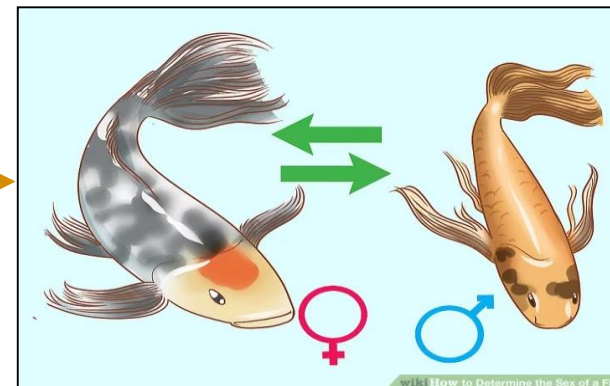
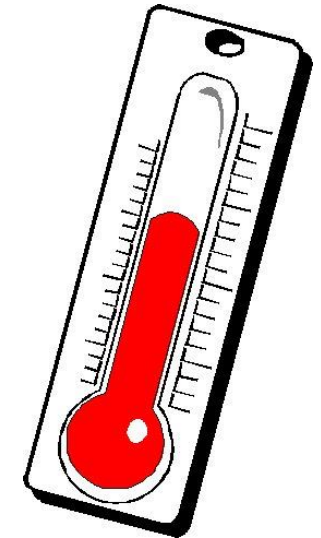
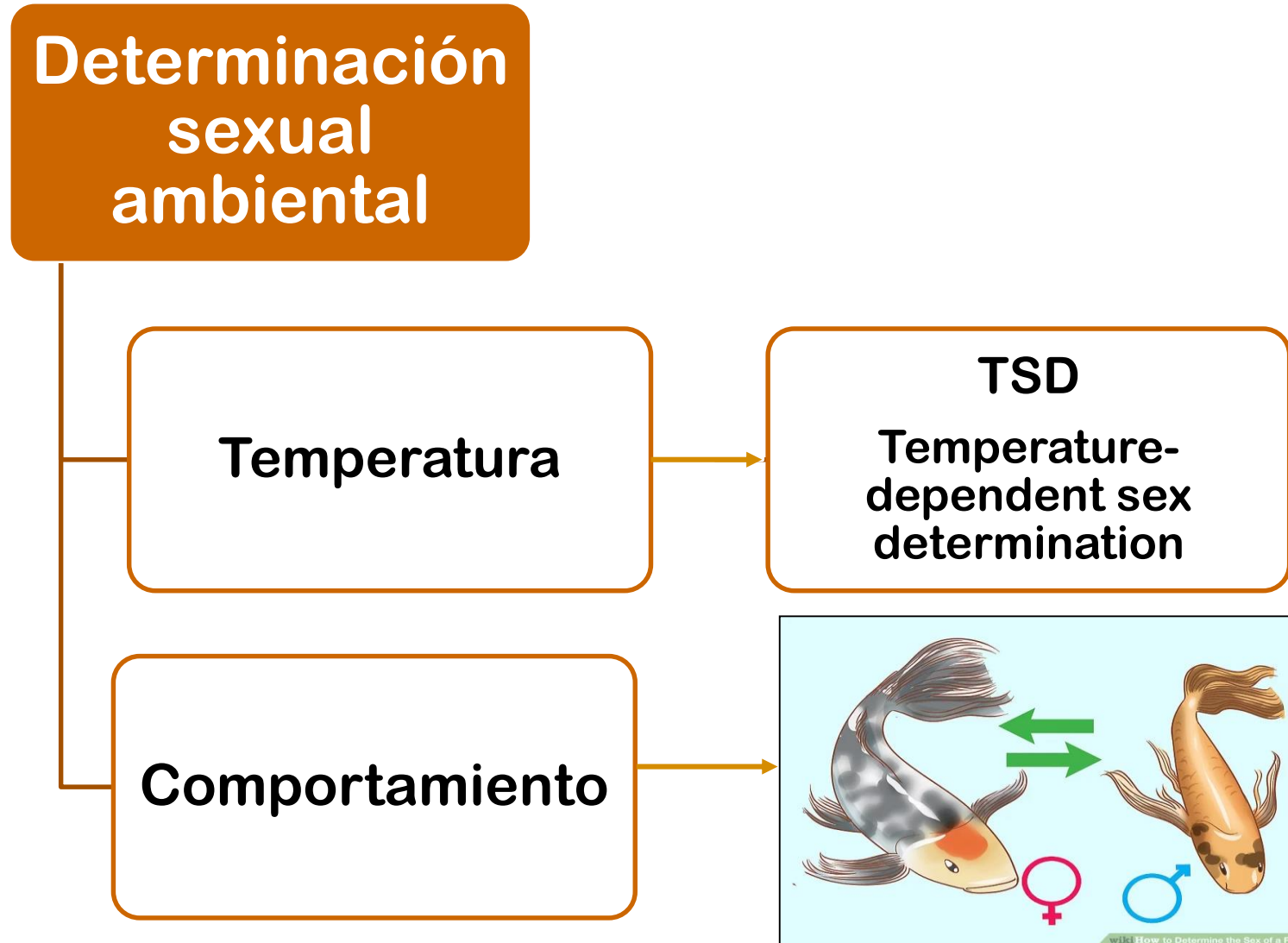


El sexo del organismo se determina por el ambiente hormonal durante el desarrollo del primordio gonadal



La determinación de ese ambiente hormonal es el resultado de alguno de los tres mecanismos:

1



Determinación sexual por temperatura TSD

- La temperatura de los huevos durante un estado del desarrollo embrionario
- Periodo sensitivo TSP (thermosensitive period)
- Gónada bipotencial



Tortugas, casi todas



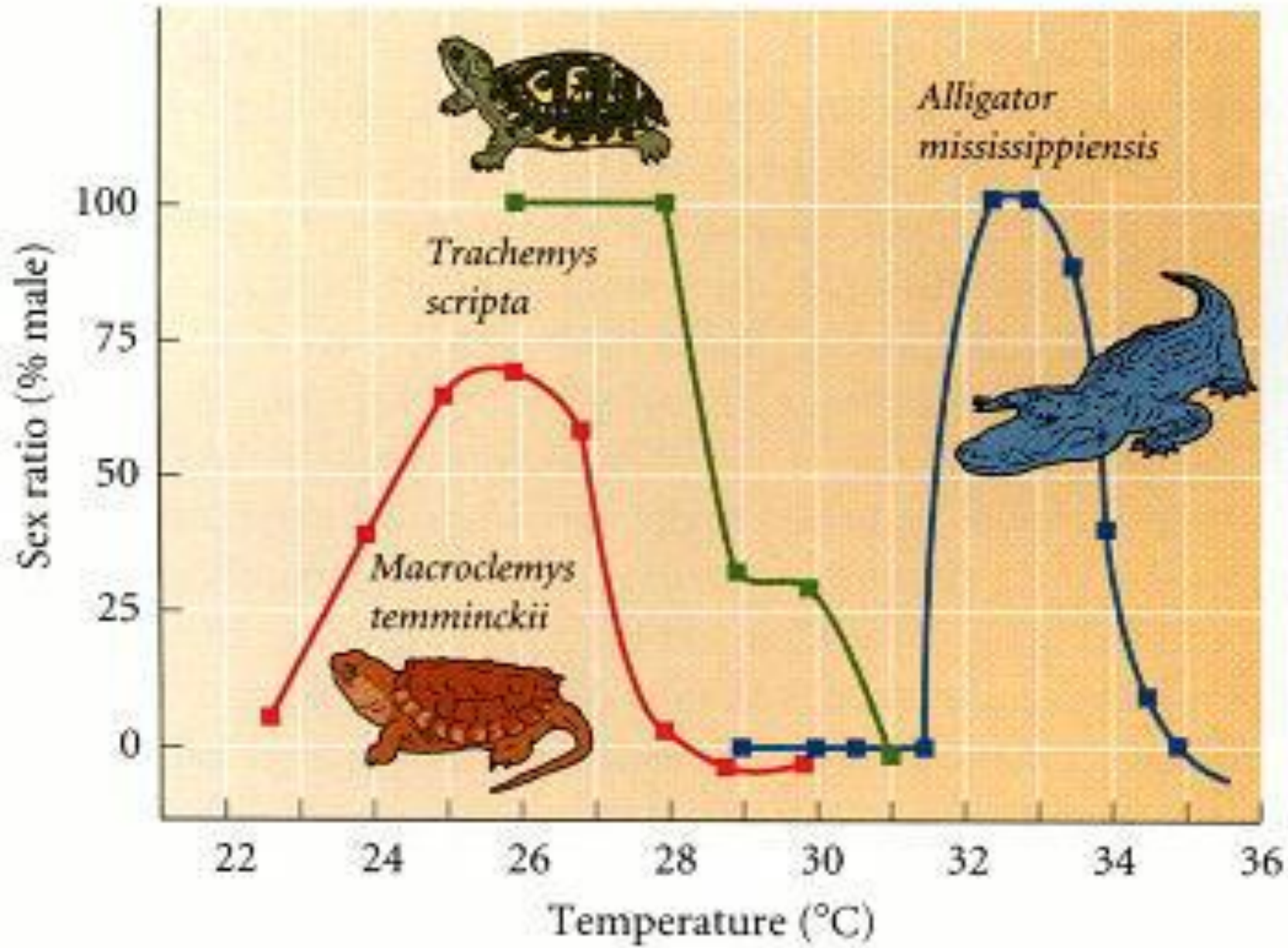
TSD

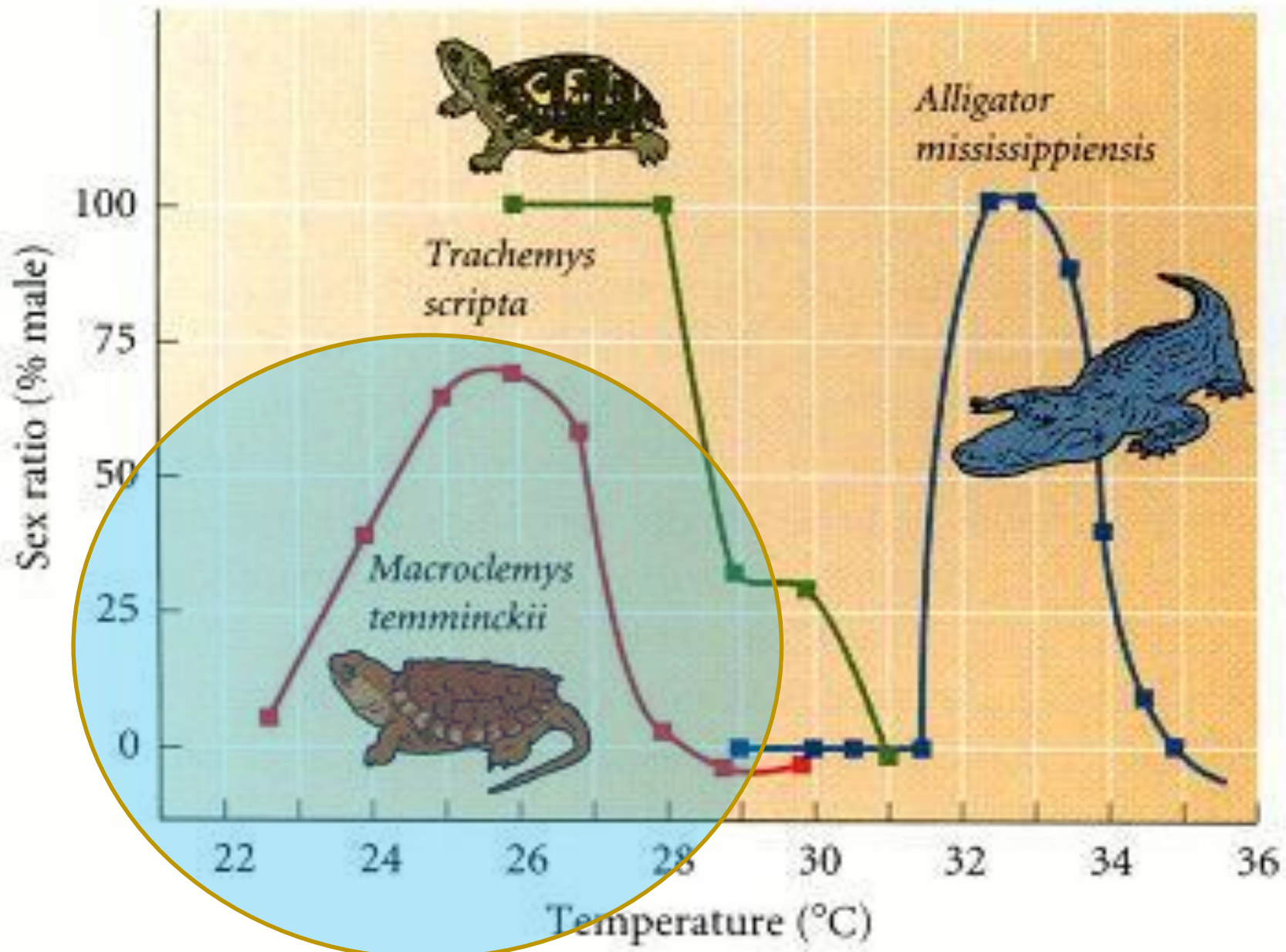
cocodrilos, **todos**

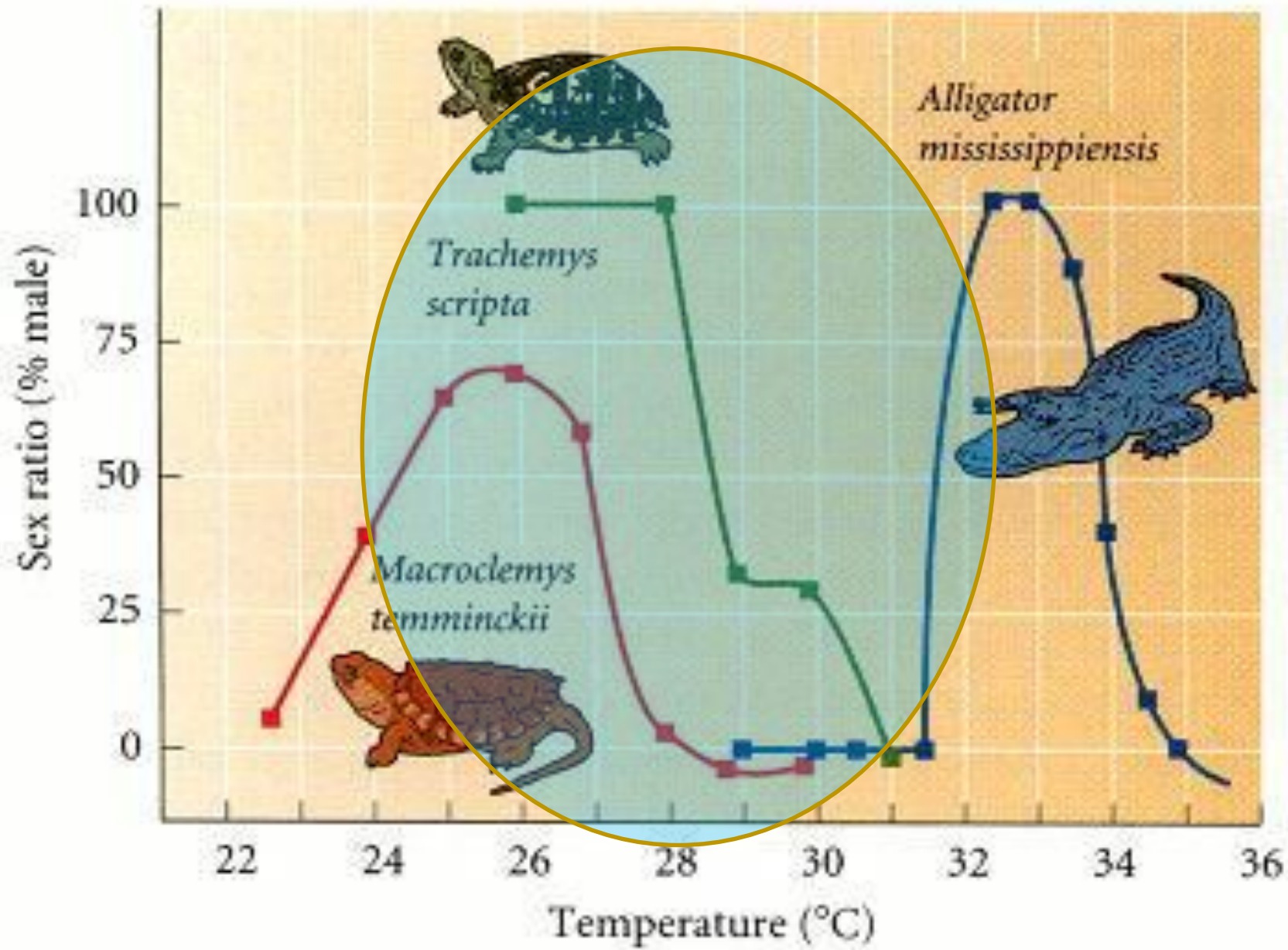


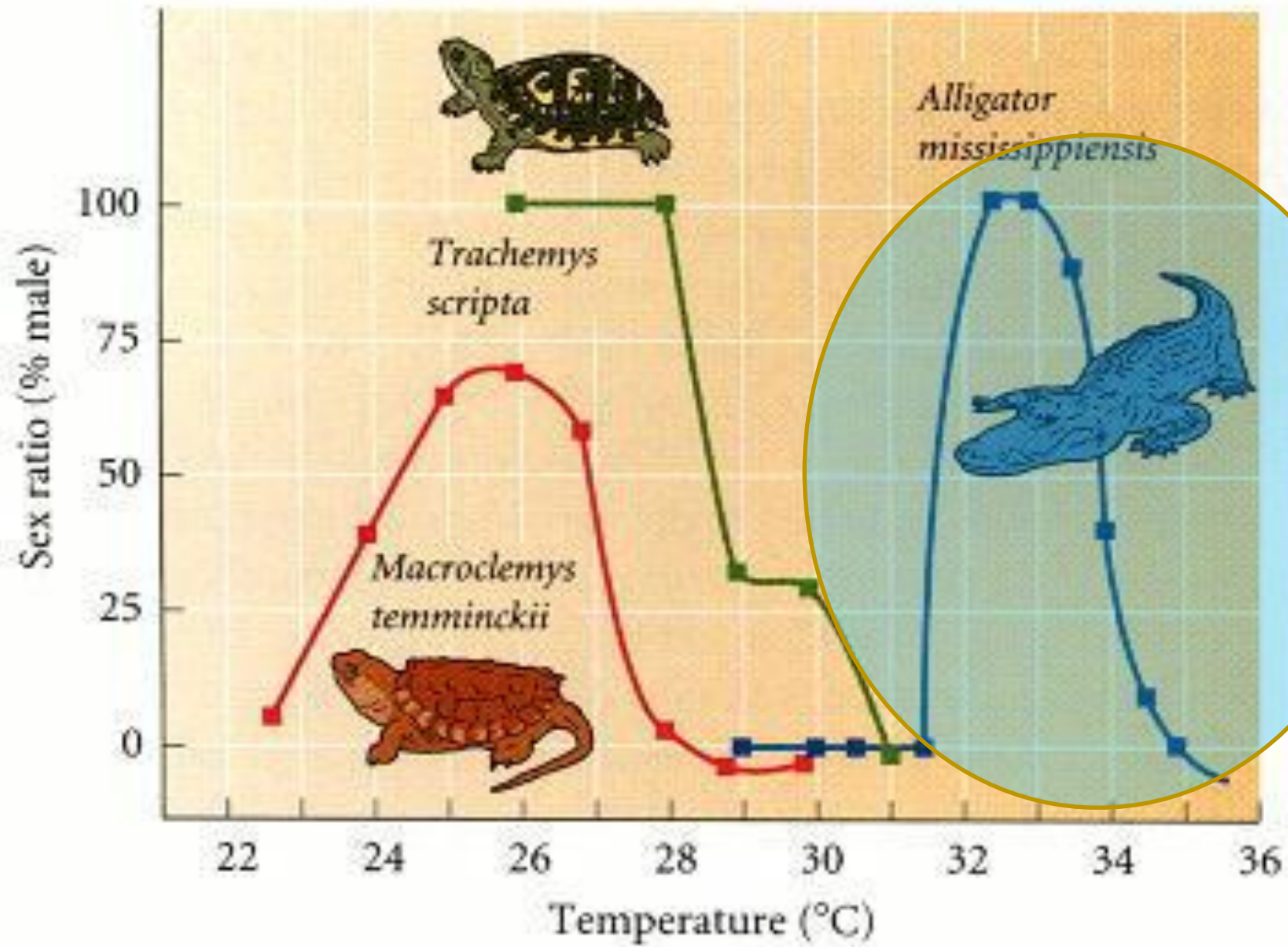
y en algunos peces

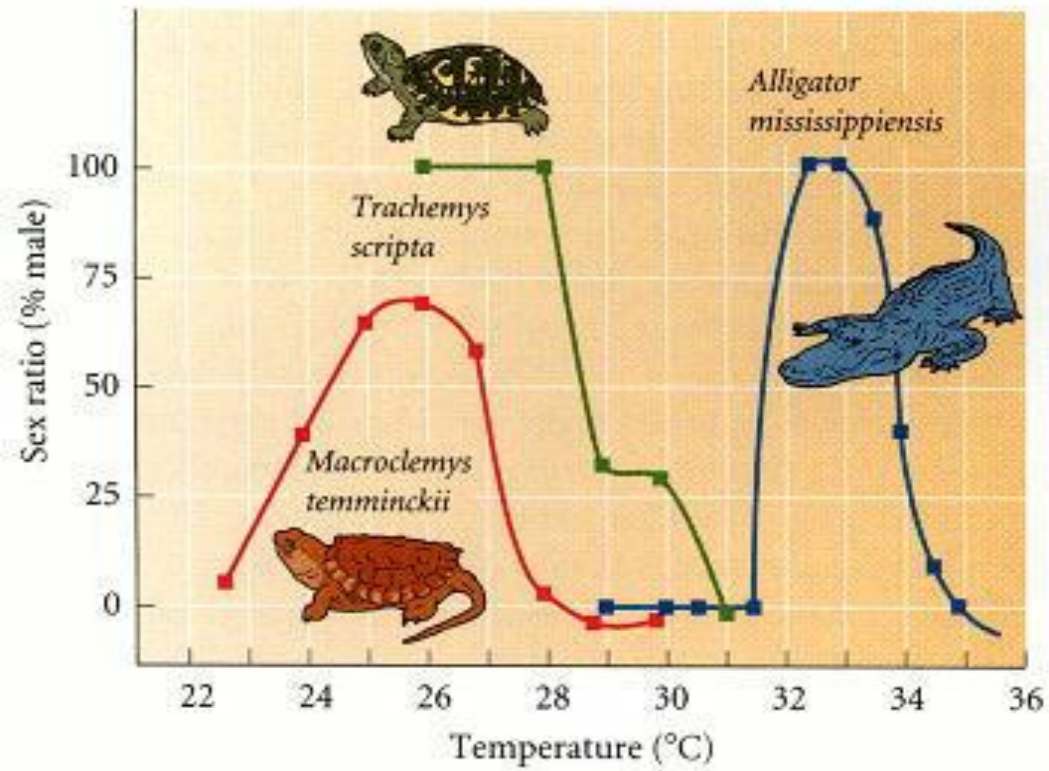












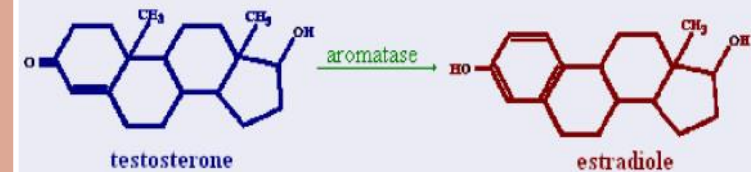
➤ Cambios mínimos en la temperatura de incubación pueden producir cambios dramáticos en la proporción de sexos de una población

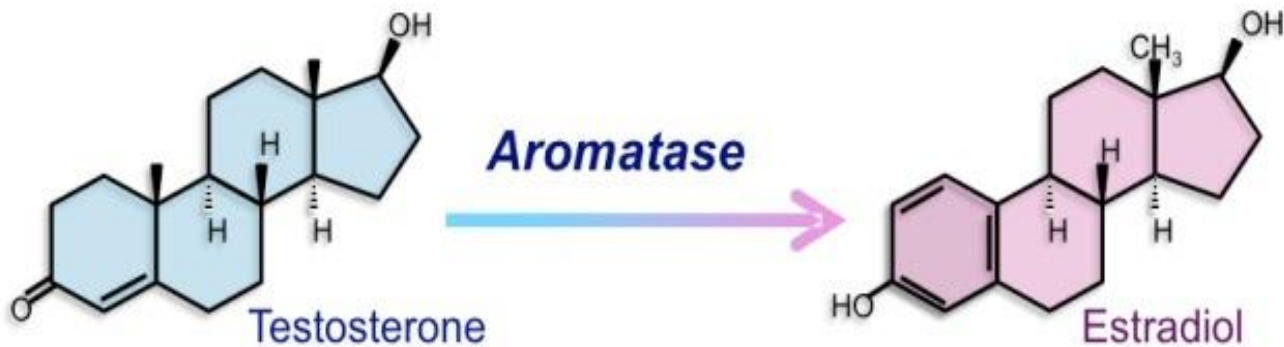
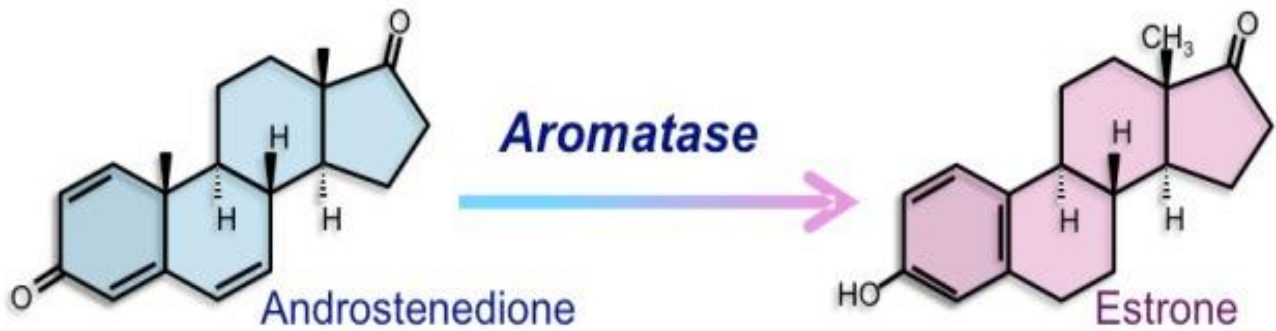


Temperatura

Modifica la **distribución de enzimas y receptores hormonales** para los esteroides sexuales

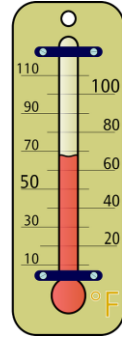
La enzima **aromatasa** convierte andrógenos a estrógenos es activada a temperaturas específicas





Aromatase Expression In Male Organs and Tissues	++++	++
	Testis Adipose tissue Muscle	Brain Liver Breast Skin Endothelium Gastric parietal cells





Huevos de cocodrilo en periodo termosensible



Temperatura masculinizante



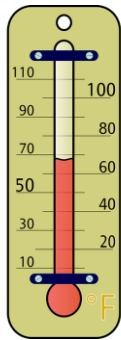
Pincel con estrógenos sobre la cáscara



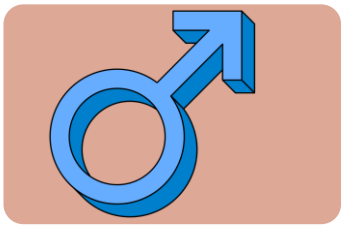
Huevos de cocodrilo en periodo termosensible



Temperatura feminizante



Inyección de bloqueadores de estrógenos



No es el efecto directo de la Temperatura



La temperatura controla el balance andrógenos/estrógenos



Son las hormonas sexuales las responsables del fenotipo sexual

La temperatura regula el balance andrógenos/estrógenos a través de la activación de la aromatasa



Cómo afecta la temperatura a la enzima aromatasa? 2 hipótesis

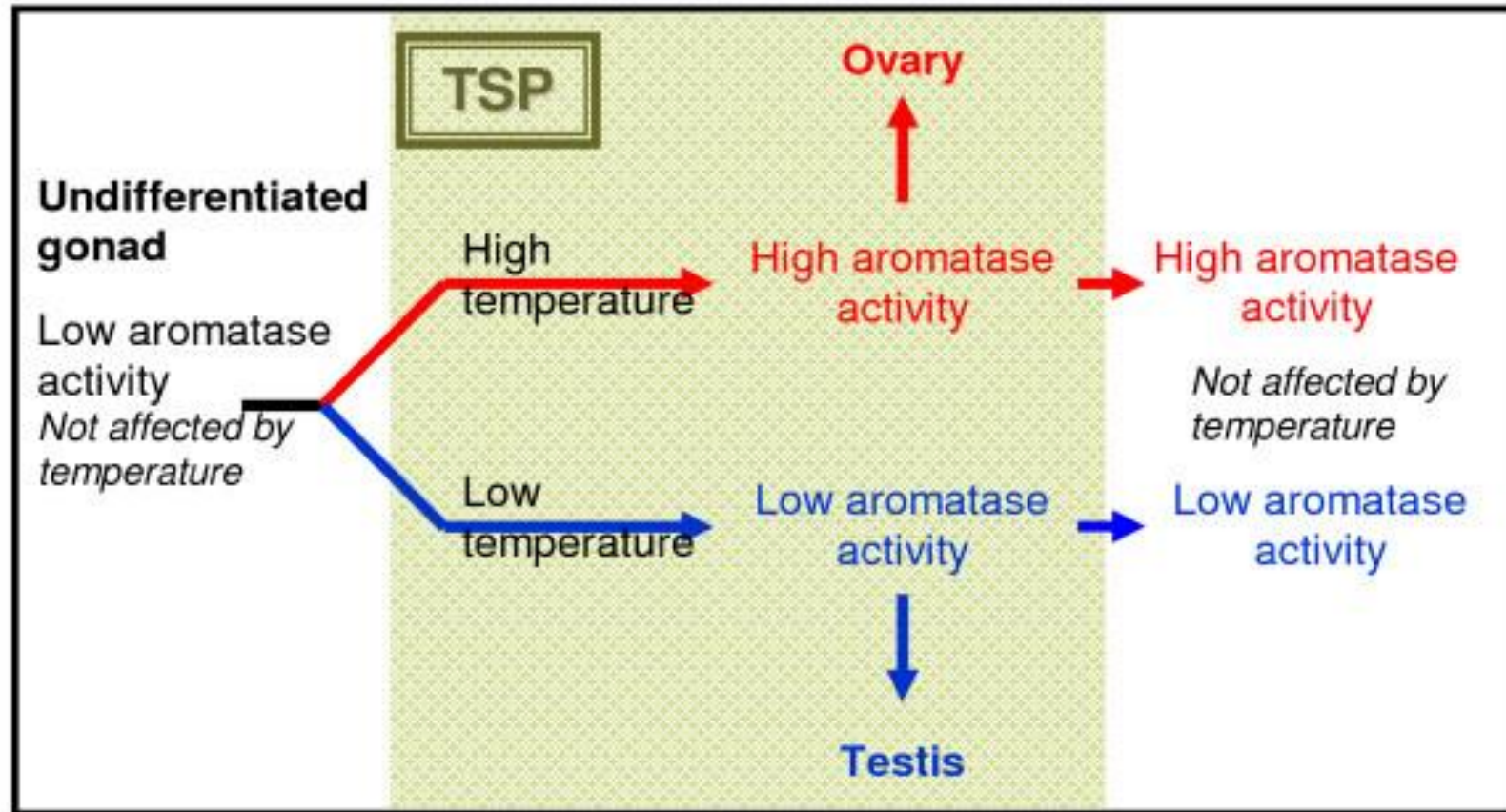
Temperatura
en
aromatasa

La temperatura es detectada por **neuronas** en el SNC y transducida a la gónada bipotencial por fibras nerviosas.

Temperatura
en aromatasa

La temperatura regula la actividad de la aromatasa través de un gen que se activa: ***Sox9***, gen de la determinación sexual en vertebrados





Para *Trachemys scripta* la dinámica enzimática muestra esta tendencia.

Cada especie tiene un rango de temperaturas particular para la actividad de la aromatasa



Para la mayoría de
animales:

Una vez determinado
el sexo, se fija
(**no es lábil**).



Determinación del sexo por comportamiento

En algunas especies de peces óseos

Hermafroditas: tienen ovotestis

Simultáneos

Secuenciales (proterándricos o proterogínicos)



Hypoplectrus



Sea bass



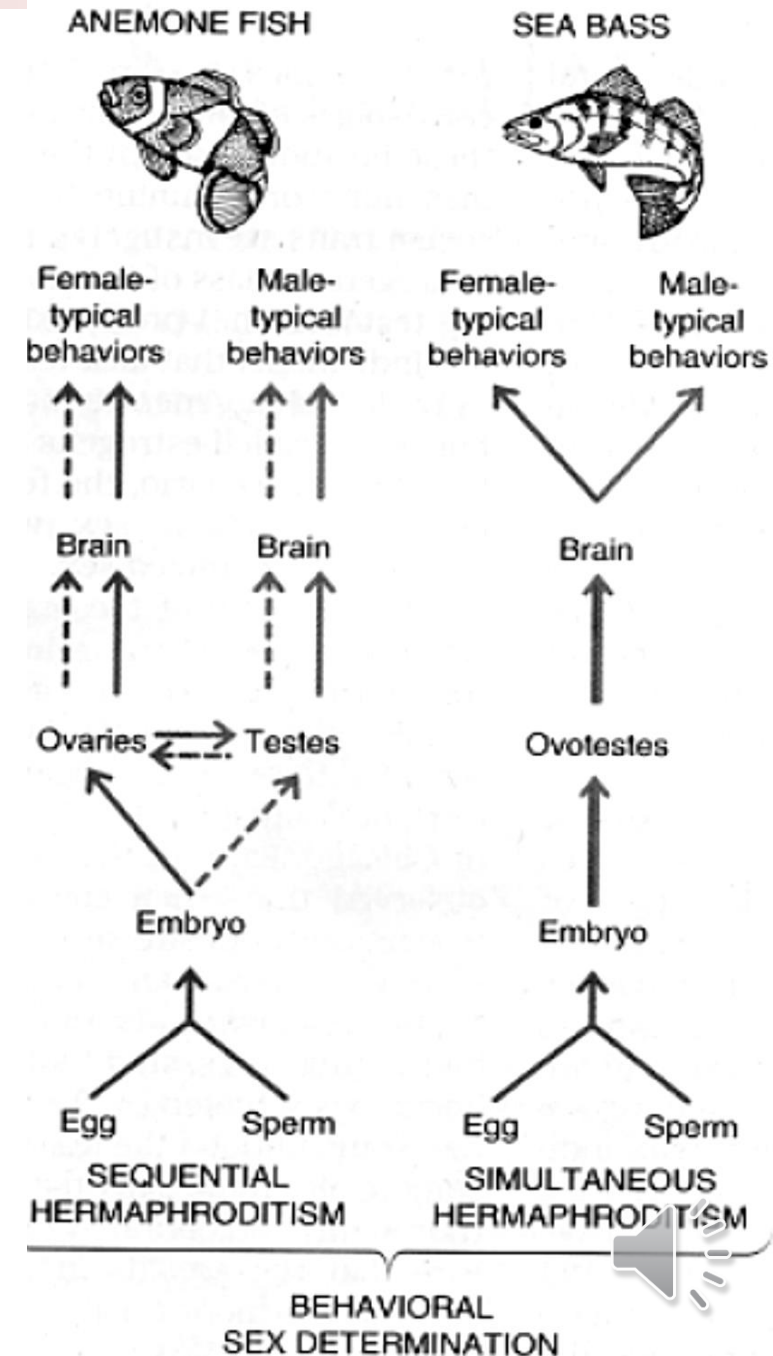
Social sex determination (SSD)

Dependencia de signos de **origen cerebral**

Cambios drásticos en el comportamiento y fisiología sexual

Alteran **ambiente hormonal** en la gónada

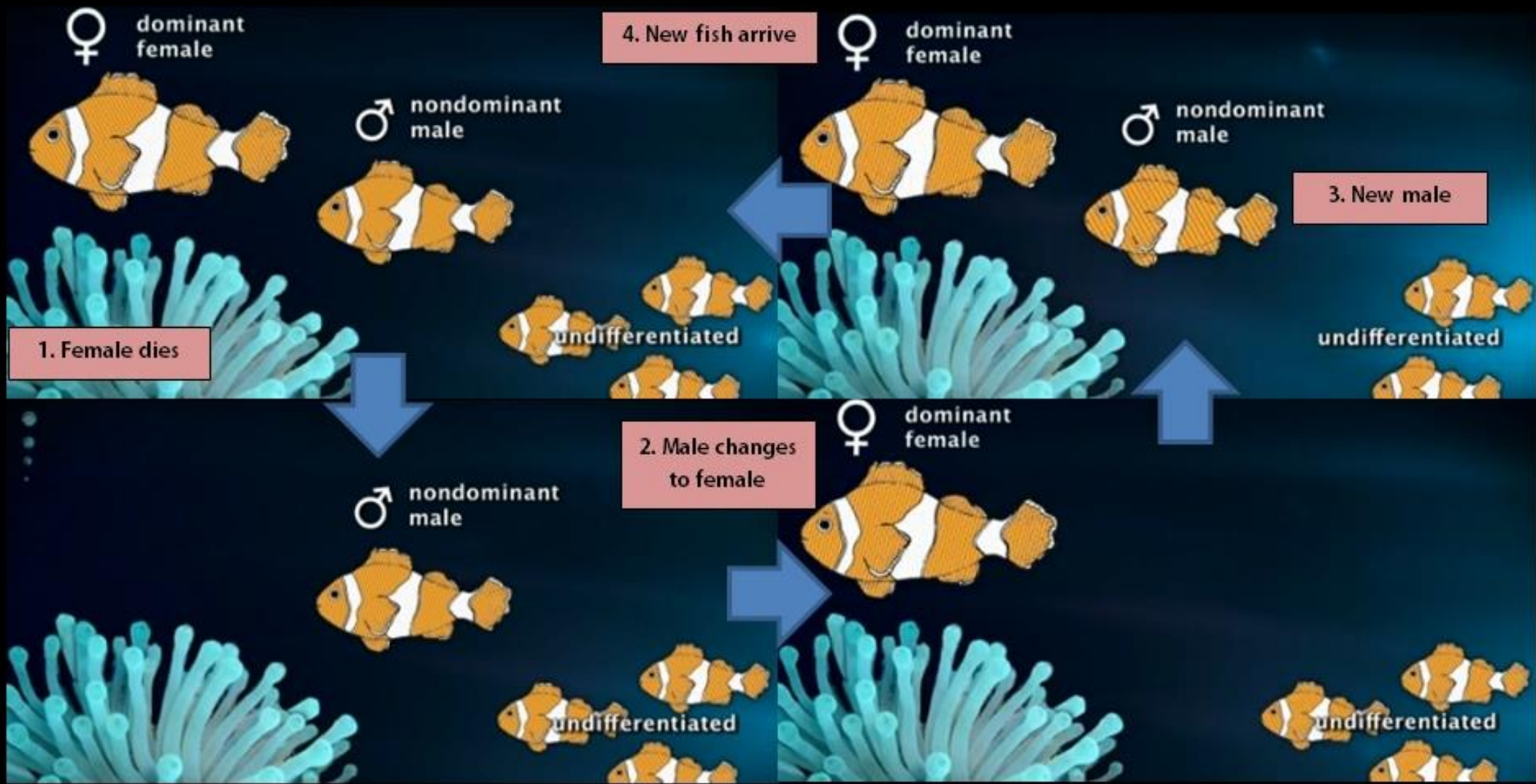
cambio de sexo



Determinación sexual por comportamiento social

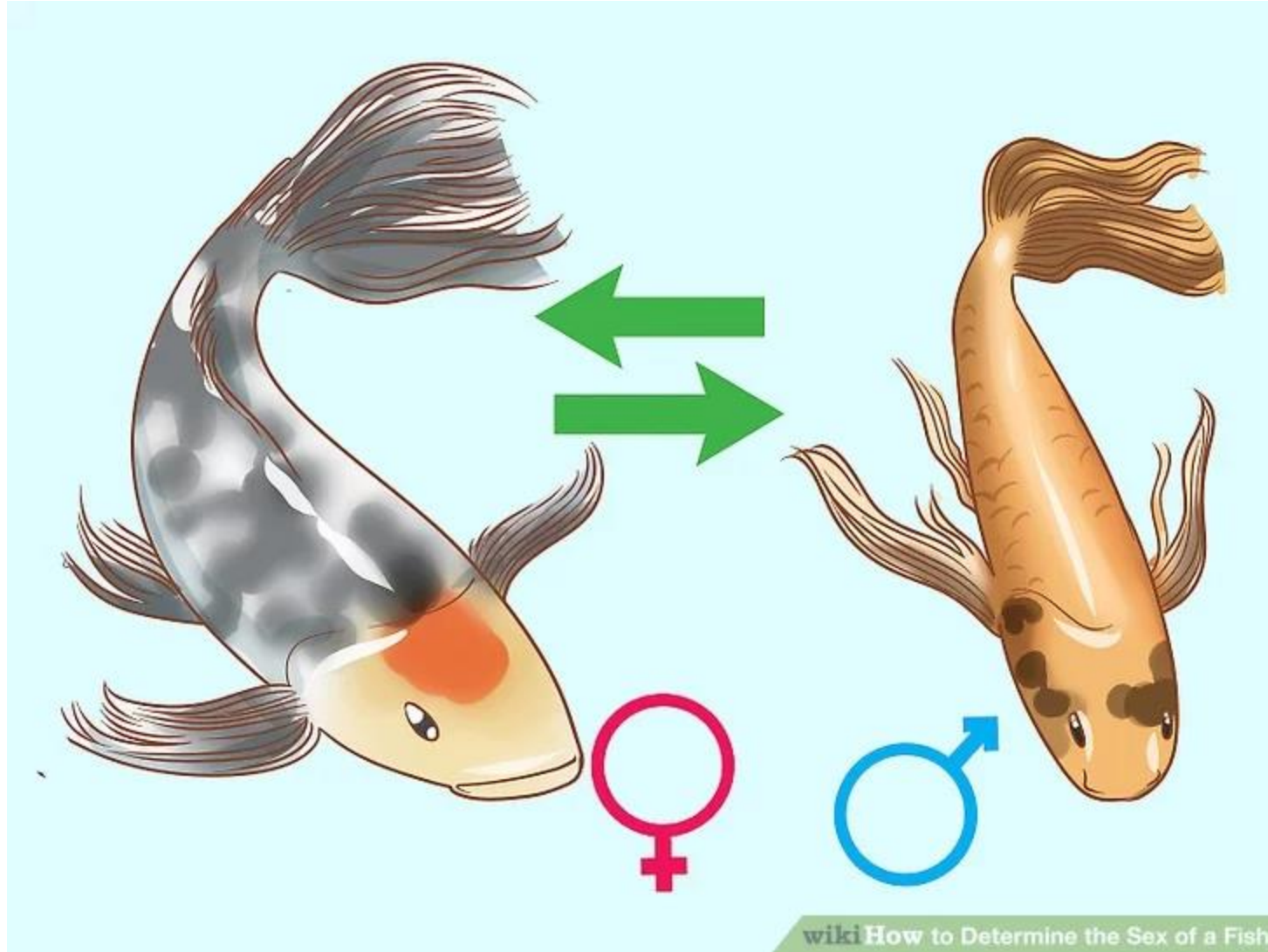
- 🐠 Peces payaso (*Amphiprion*)
- 🐠 Hermafroditas proterándricos
- 🐠 Cada anémona tiene una familia: un macho, una hembra y juveniles de sexo indiferenciado (gónada bipotencial)
- 🐠 Si la hembra muere, el macho se convierte en hembra y uno de los juveniles madura en un nuevo macho
- 🐠 Los machos y las hembras tienen la misma composición genética





Cycle of Clownfish Changing Sex





Sea bass fish





- Dos tipos de machos: supermachos TP y machos IP (initial phase)
- Un tipo de hembras



Determinación

Diferenciación

**Historia del
conocimiento de
la determinación
sexual**

**Determinación
sexual primaria
y secundaria**

**Determinación
sexual
ambiental: TSD
y SSD**

