

## Evolución del Sexo

Luis Sandoval  
 cursos.luis.sandoval@gmail.com

### Definiciones

**Sexo:**  
 Reproducción sexual (unión de gametos haploides)

Aplica en:  
 Isogamia o anisogamia

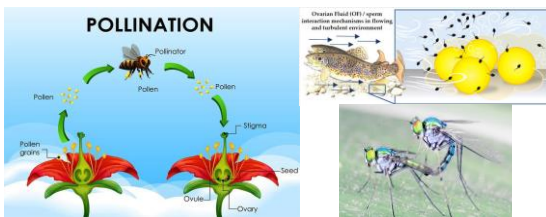
Organismos unicelulares o multicelulares

**Sexos:**  
 Individuos que producen diferentes tipos de gametos

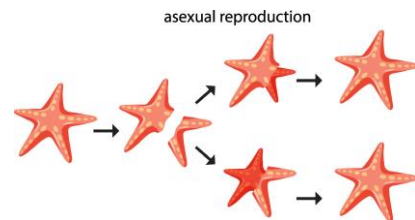
Gametos femeninos (grandes, escasos, poco móviles, ricos en nutrientes)

Gametos masculinos (pequeños, abundantes, móviles, "sin" nutrientes)

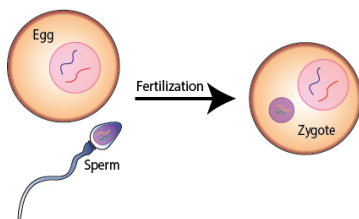
### ¿Por qué hay reproducción sexual?



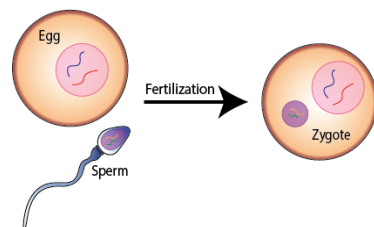
### ¿Por qué no solo hay reproducción asexual?



### ¿Cuál es la ventaja de mezclar material genético?



### ¿Por qué típicamente solo hay 2 sexos?



### ¿Por qué hay reproducción sexual?

99.9% de los eucariotas se reproducen sexualmente

### ¿Por qué hay reproducción sexual?

99.9% de los eucariotas se reproducen sexualmente  
Los machos tienen un costo para las hembras



### ¿Por qué hay reproducción sexual?

99.9% de los eucariotas se reproducen sexualmente  
Los machos tienen un costo para las hembras

- Hembras sexuales invierten 50% de sus recursos en machos
- Hembras asexuales invierten 100% de sus recursos en hembras
- Hembras sexuales y asexuales tienen la misma fecundidad
- Descendencia de hembras sexuales y asexuales tienen la misma supervivencia



### ¿Por qué hay reproducción sexual?

99.9% de los eucariotas se reproducen sexualmente  
Porque es placentero



### ¿Por qué hay reproducción sexual?

99.9% de los eucariotas se reproducen sexualmente  
Porque es placentero

**Pero,**  
Primeros eucariotas con reproducción sexual  
~2 mil millones de años

1,3 mil millones de años antes del desarrollo de neuronas capaces de evaluar el placer



### ¿Por qué hay reproducción sexual?

99.9% de los eucariotas se reproducen sexualmente  
Genera descendencia variable (puede actuar la selección natural) August Weismann a finales del siglo XIX



### ¿Por qué hay reproducción sexual?

99.9% de los eucariotas se reproducen sexualmente

Genera descendencia variable (puede actuar la selección natural) August Weismann a finales del siglo XIX

**Pero,**

El sexo no siempre aumenta la variabilidad entre la descendencia

Producir descendencia más variable no siempre es favorable



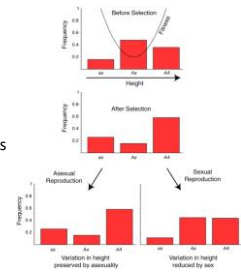
### El sexo no siempre aumenta la variabilidad entre la descendencia

Un único gen que contribuye a la altura

Genotipo aa: baja y se esconden

Genotipo Aa: altura intermedia y depredados

Genotipo AA: altos y no se los comen



### Producir descendencia más variable no siempre es favorable

Gen de anemia falciforme

Genotipo Ss: son menos susceptibles a la infección por malaria y cantidad suficiente de glóbulos rojos sanos

Genotipo SS: son más susceptibles a la malaria

Genotipo ss: son más susceptibles a la anemia

	<b>S</b>	<b>s</b>
<b>S</b>	SS	Ss
<b>s</b>	Ss	ss

### ¿Por qué hay reproducción sexual?

Otros costos del sexo:

Buscar pareja

Costos de la Meiosis

Costo de la recombinación

### Buscar pareja

Tiempo y energía

Preferencias sexuales (Selección sexual)

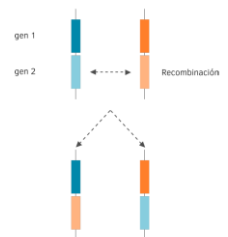
Enfermedades de Transmisión Sexual



### Costos de la Meiosis y Recombinación

Meiosis tarda de 5 a 1000 veces más que la Mitosis

La recombinación rompe más asociaciones genéticas ventajosas de las que produce



## ¿Cuáles son las ventajas de la reproducción sexual?

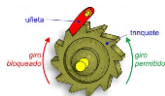
### ¿Cuáles son las ventajas de la reproducción sexual?

Trinquete de Muller

Poblaciones asexuales pequeñas

Mutaciones negativas son más comunes

Hay una acumulación de mutaciones negativas (ausencia de recombinación)



### ¿Cuáles son las ventajas de la reproducción sexual?

El trinquete de Muller

Adaptación a un ambiente cambiante (La Reina Roja)

Inferencia clonal

### ¿Cuáles son las ventajas de la reproducción sexual?

Trinquete de Muller

Poblaciones asexuales pequeñas

Mutaciones positivas se pierden estocásticamente

Los organismos sexuales se benefician de la recombinación

Se eliminan de mutaciones nocivas



### ¿Cuáles son las ventajas de la reproducción sexual?

Adaptación a un ambiente cambiante (Reina Roja)

Selección cambia rápidamente (ej.: parásitos y hospederos)

La recombinación se vuelve ventajosa



"La que es aquí, como ves, hace falta correr todo cuanto una pueda para permanecer en el mismo sitio. Si se quiere llegar a otra parte hay que correr por lo menos dos veces más rápido".  
Lewis Carroll, Alicia a través del espejo

### ¿Cuáles son las ventajas de la reproducción sexual?

Adaptación a un ambiente cambiante (Reina Roja)

Predicciones

Los asexuales

Son subinfectados cuando son raros

Se propagan cuando son subinfectados

Son sobreinfectados cuando son comunes

## ¿Cuáles son las ventajas de la reproducción sexual?

Adaptación a un ambiente cambiante (Reina Roja)

Predicciones

Los asexuales

- Son subinfectados cuando son raros ✓
- Se propagan cuando son subinfectados ✓
- Son sobreinfectados cuando son comunes ✓



Vergara et al. 2014 Am Nat; Gibson et al. 2018 Am Nat

## ¿Cuáles son las ventajas de la reproducción sexual?

Inferencia clonal

Supone:

Diferentes linajes asexuales tiene diferentes alelos ventajosos en diferente loci

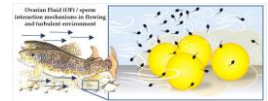
Sin recombinación estos genotipos compiten entre sí

Recombinación acelera el ligamiento de estos alelos y su fijación (efecto Hill-Robertson)

## ¿Por qué típicamente hay solo 2 sexos?

### ¿Por qué típicamente solo hay 2 sexos?

¿Por qué no hay 3, 17, 73 sexos?



### ¿Por qué típicamente solo hay 2 sexos?

¿Por qué no hay 3, 17, 73 sexos?

¿Dónde se originaron los gametos?

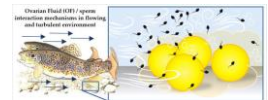


### ¿Por qué típicamente solo hay 2 sexos?

¿Por qué no hay 3, 17, 73 sexos?

¿Dónde se originaron los gametos?

¿Principales retos para los gametos?



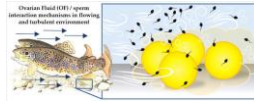
¿Por qué típicamente solo hay 2 sexos?

¿Por qué no hay 3, 17, 73 sexos?

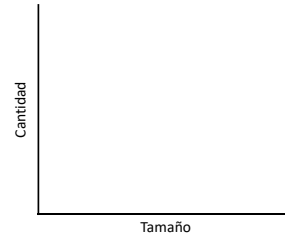
¿Dónde se originaron los gametos?

¿Principales retos para los gametos?

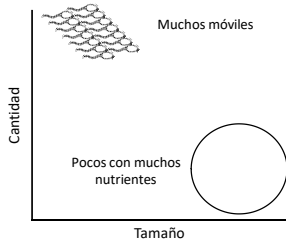
- Encontrar otros gametos
- Proveer nutrientes al embrión



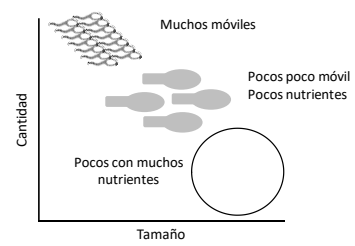
¿Por qué típicamente solo hay 2 sexos?



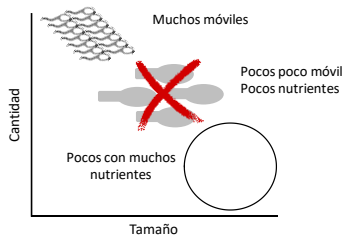
¿Por qué típicamente solo hay 2 sexos?



¿Por qué típicamente solo hay 2 sexos?



¿Por qué típicamente solo hay 2 sexos?



¿Por qué típicamente solo hay 2 sexos?

¿Por qué no hay 3, 17, 73 sexos?  
Solo 2 tipos de gametos eficientes

¿Dónde se originaron los gametos?  
Debido a su origen marino

¿Principales retos para los gametos?  
Debe equilibrarse la inversión



## Evolución del Sexo

Luis Sandoval  
cursos.luis.sandoval@gmail.com