



# Reproducción, Gametogénesis y Fecundación 3

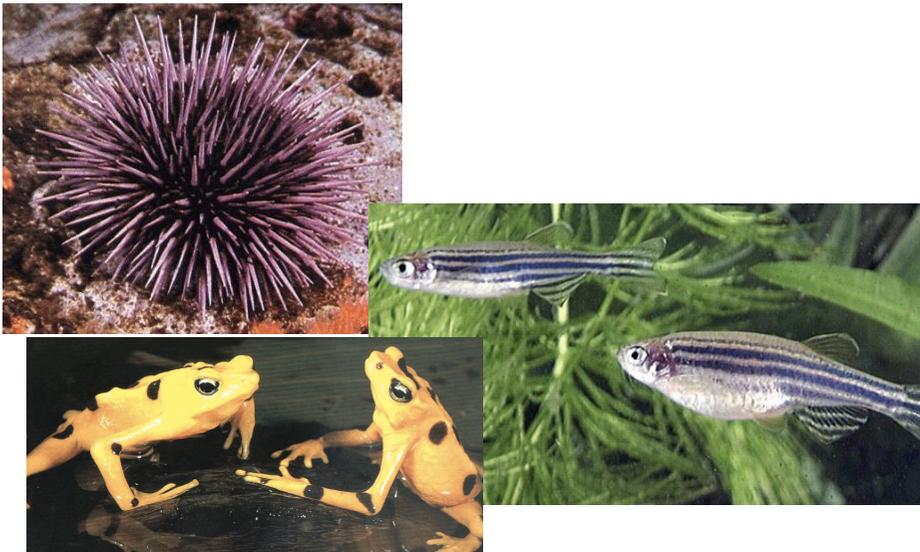
1. Modalidades de fertilización.
2. Mecanismos de atracción y reconocimiento de gametos
3. Fusión de gametos.
4. Mecanismos de prevención de la poliespermia.
5. Activación del metabolismo y fusión del material genético.

***Javiera F. De la Paz***  
***Bióloga con mención en medio Ambiente.***  
***Universidad de Chile***

# Fertilización: externa e interna en animales

La fertilización o fecundación es la unión de los gametos ( $n$ ) en la reproducción sexual, con al consecuente formación del cigoto ( $2n$ ).  
Existen dos modalidades:

## Fertilización externa

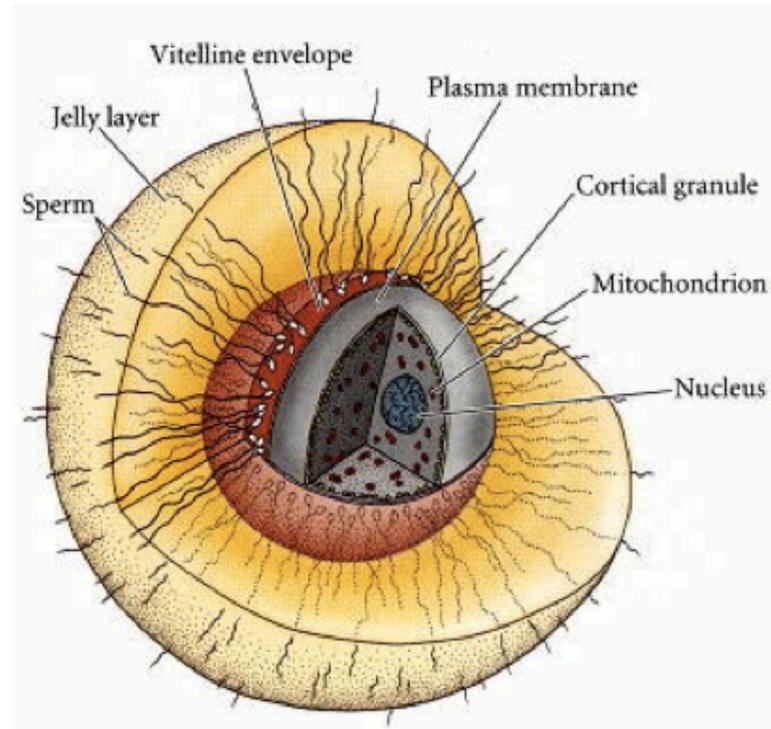


## Fertilización interna



## El huevo maduro posee todo el material necesario para el comienzo del desarrollo

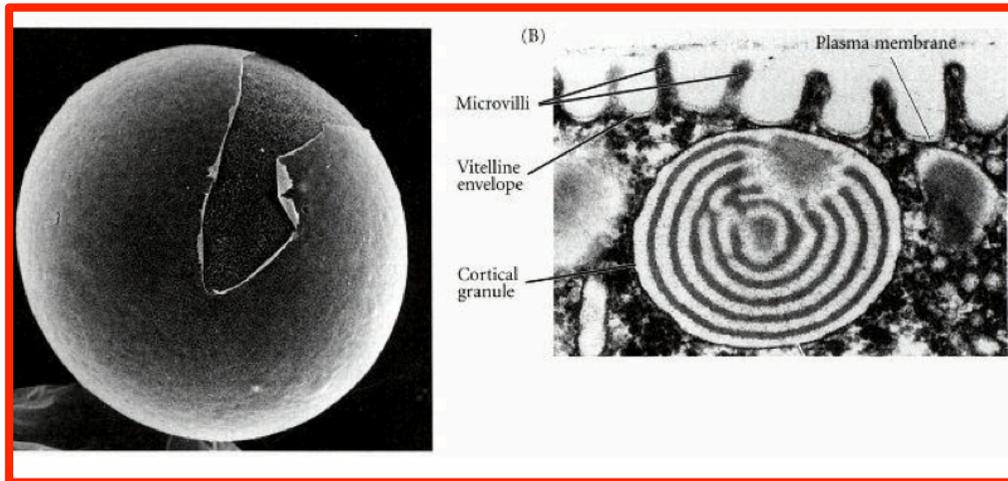
- Proteínas
- Ribosomas y tRNAs
- mRNAs
- Factores morfogénéticos
- Químicos protectores
- Organos en general



El **espermatozoide sólo contribuye** al nuevo ser vivo la mitad del material genético, es decir **su núcleo haploide y un centriolo**.

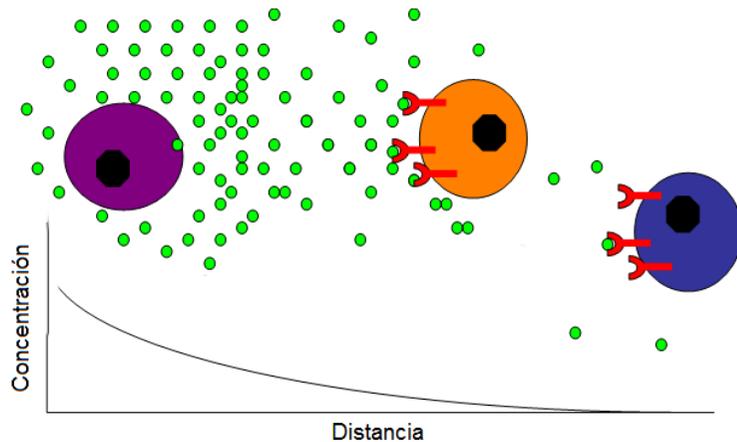
# Reconocimiento del huevo y el espermio

1. Quimioatracción del espermio hacia el huevo.
2. Reacción acrosómica en el espermio.
3. Unión del espermio a la envoltura extracelular del huevo.
4. Paso del espermio a través de la envoltura extracelular.
5. Fusión de las membranas celulares de ambos gametos.



# Atracción especie-específica en el erizo de mar

- **Quimioatracción:** El espermatozoide es guiado hacia el huevo siguiendo un gradiente de moléculas solubles producidas en la capa gelatinosa.



*Reconocimiento tipo receptor- ligando:*

Espermio: receptores de superficie.

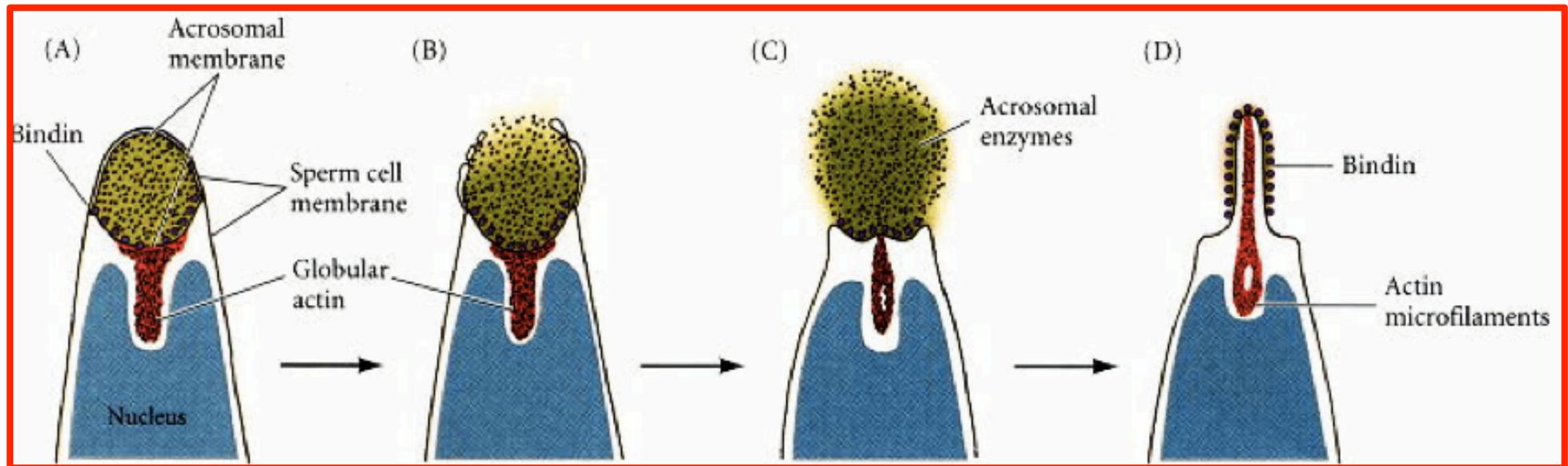
Huevo: moléculas solubles (ligando)

producidas en la capa gelatinosa .

- **Activación del espermio:** Este ligando también genera la activación del espermatozoide (generación de ATP y movilidad)

# Atracción especie – específico: Reacción acrosómica

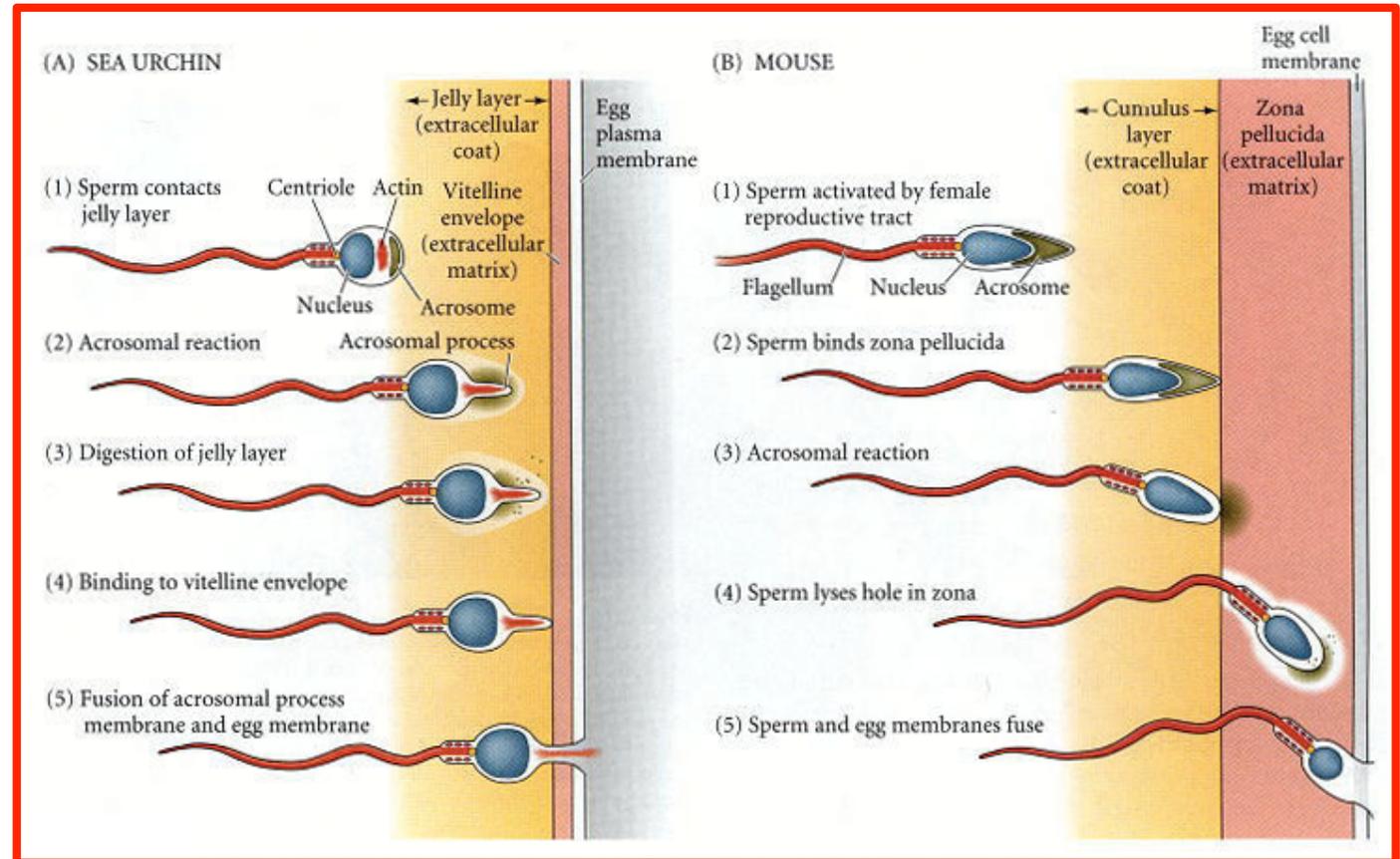
El contacto entre el espermio y la capa gelatinosa desencadena la exocitosis de la vesícula acrosómica (derivado del aparato de Golgi) del espermio y la liberación de enzimas que digieren la matriz extracelular del huevo



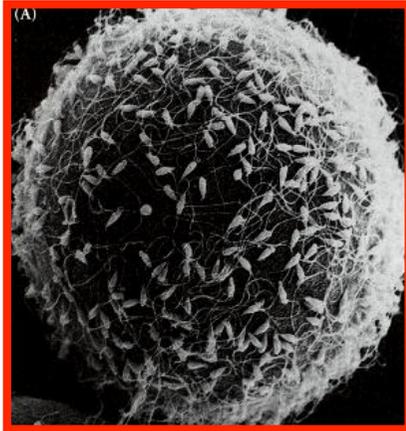
1. Exocitosis de la vesícula acrosómica > Liberación de enzimas proteolíticas
2. Polimerización de actina globular > Formación de la prolongación acrosómica.
3. Exposición de moléculas de reconocimiento (Bindina) en la prolongación acrosómica

# Resumen de eventos en la fusión de los gametos

1. Atracción y capacitación del espermio
2. Penetración de la gelatina o cúmulo.
3. Reacción acrosómica
4. Fusión de membranas



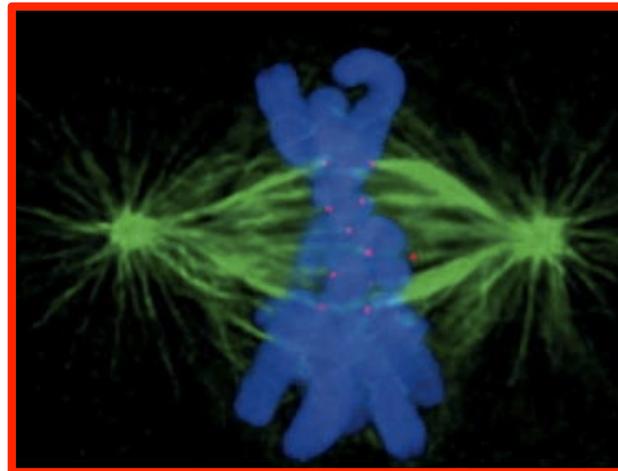
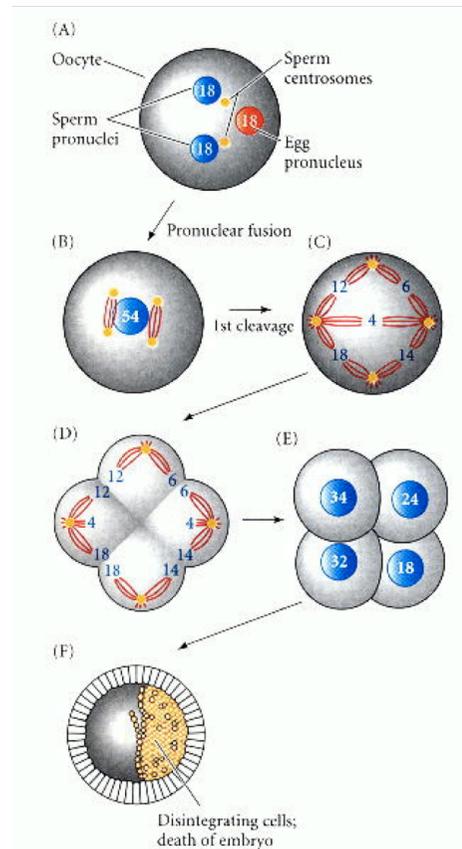
# Mecanismo prevención de la poliespermia



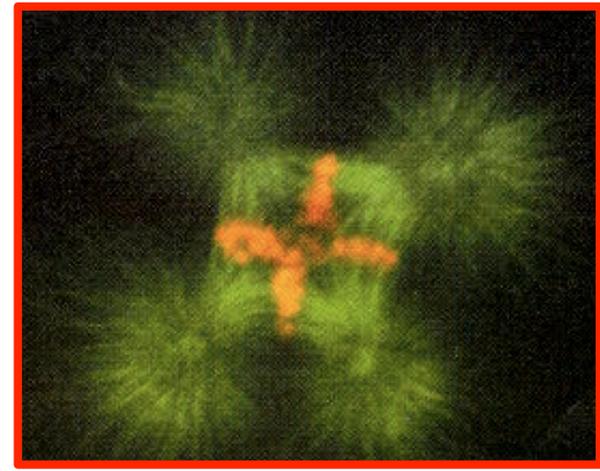
**Poliespermia:** penetración del huevo por más de un espermatozoide.

*¿Qué ocurriría si más de un espermatozoide pudiera penetrar el huevo?*

*¿Cómo puede la célula huevo permitir que sólo un espermatozoide entre en él?*



Placa metafásica en una mitosis normal. DNA (azul) y Citoesqueleto (verde)



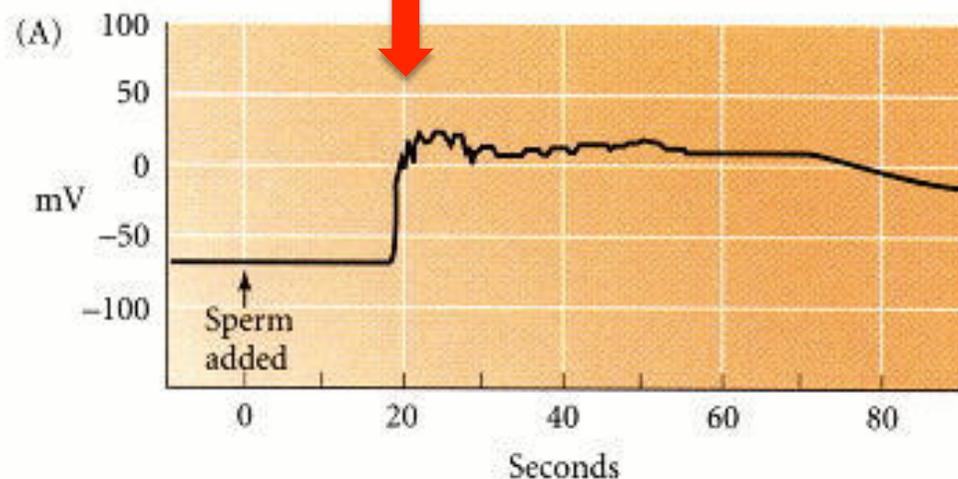
Poliespermia en erizo de mar. DNA (rojo), Citoesqueleto (verde)

## a) Bloqueo rápido de la poliespermia:

### *Despolarización de la membrana*

La membrana plasmática del huevo constituye una barrera selectiva entre el citoplasma y el ambiente... Esta puede controlar las concentraciones de iones que entran y salen del citoplasma, manteniendo una carga negativa en el interior del huevo.

Cambio en el potencial de membrana

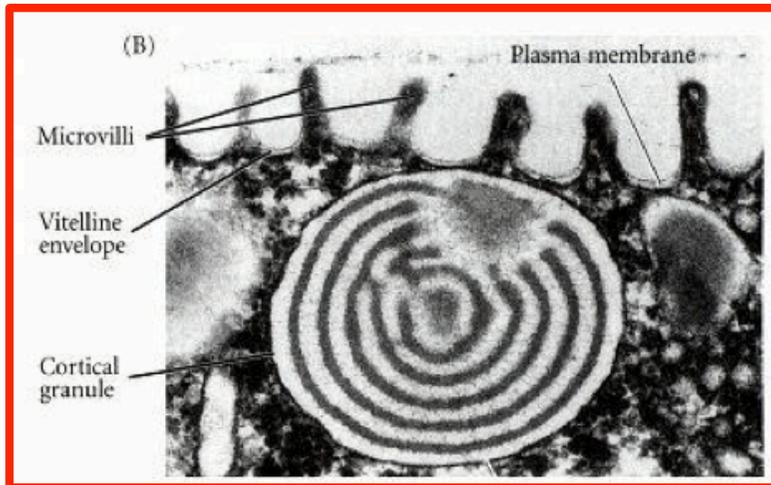


Na <sup>+</sup> (mM)	Percentage of polyspermic eggs
490	22
360	26
120	97
50	100

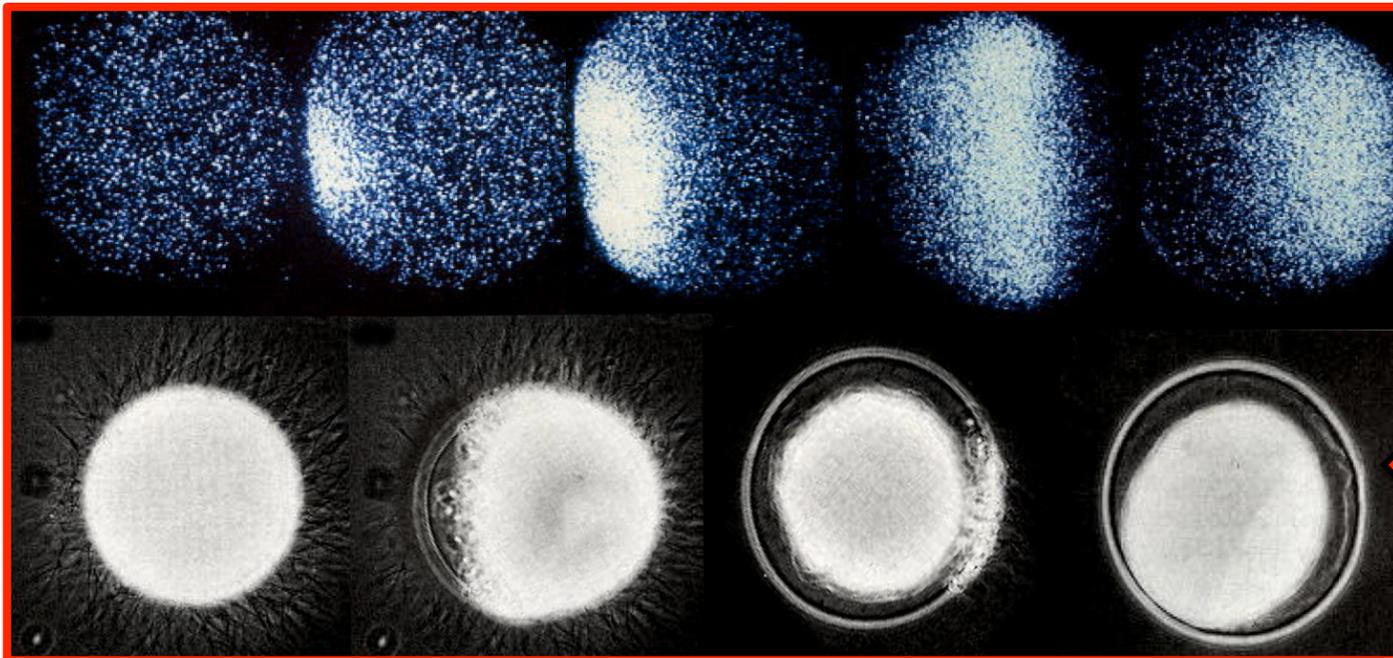
El ingreso de iones Na<sup>+</sup> desde el agua de mar cambia el potencial de membrana de negativo a positivo... impidiendo la fusión de más espermatozoides a ella

## b) Bloqueo lento de la poliespermia:

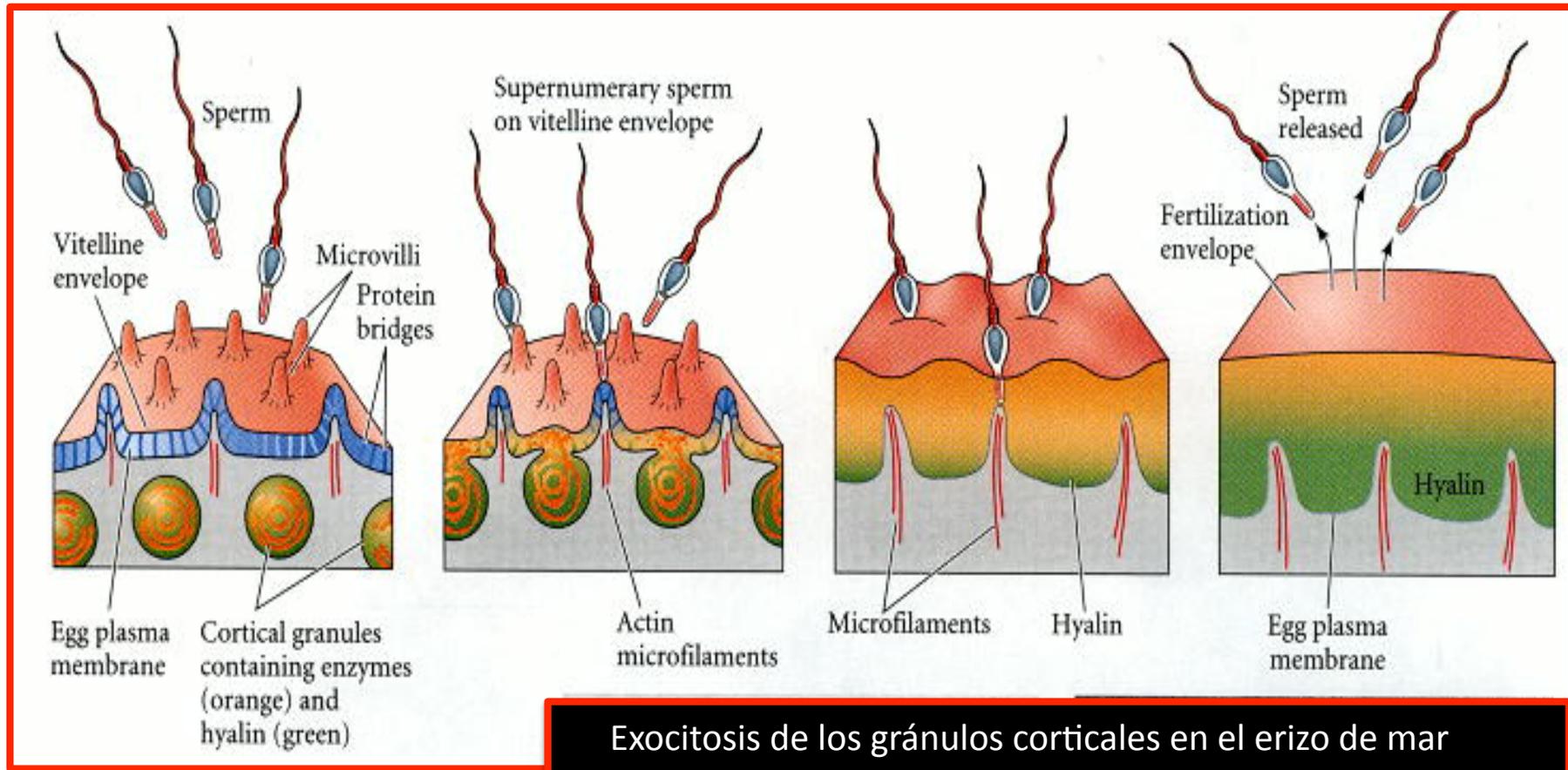
### *La Reacción cortical.*



Cerca de 15.000 gránulos corticales se encuentran bajo la membrana plasmática del huevo de erizo... Una *onda de calcio libre* dentro del huevo, produce la exocitosis de los gránulos corticales . Así, se liberan proteínas y azúcares complejas que separan a la membrana plasmática de la envoltura vitelina, formando la llama *Envoltura de fertilización*



La formación de esta envoltura de fertilización, ocurre gracias a la absorción de agua entre ambas membranas, separando físicamente a los espermios que intentan penetrar al huevo. Así, la reacción cortical constituye un mecanismo muy eficaz y definitivo de prevención de la poliespermia.



# Activación metabólica del huevo

La misma onda de calcio que activa la reacción cortical, reactiva el metabolismo del huevo tras la fecundación:

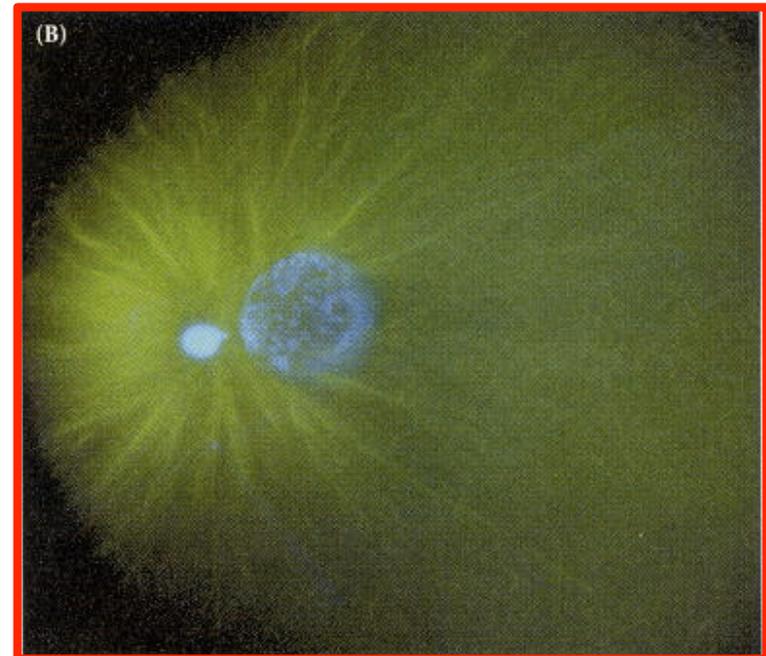
- El huevo puede reingresar al ciclo celular.
- Comienza nuevamente la síntesis de ADN.
- Síntesis de proteínas.
- Metabolismo de lípidos.

*... Ahora el desarrollo embrionario puede comenzar!!*

# Fusión del material genético:

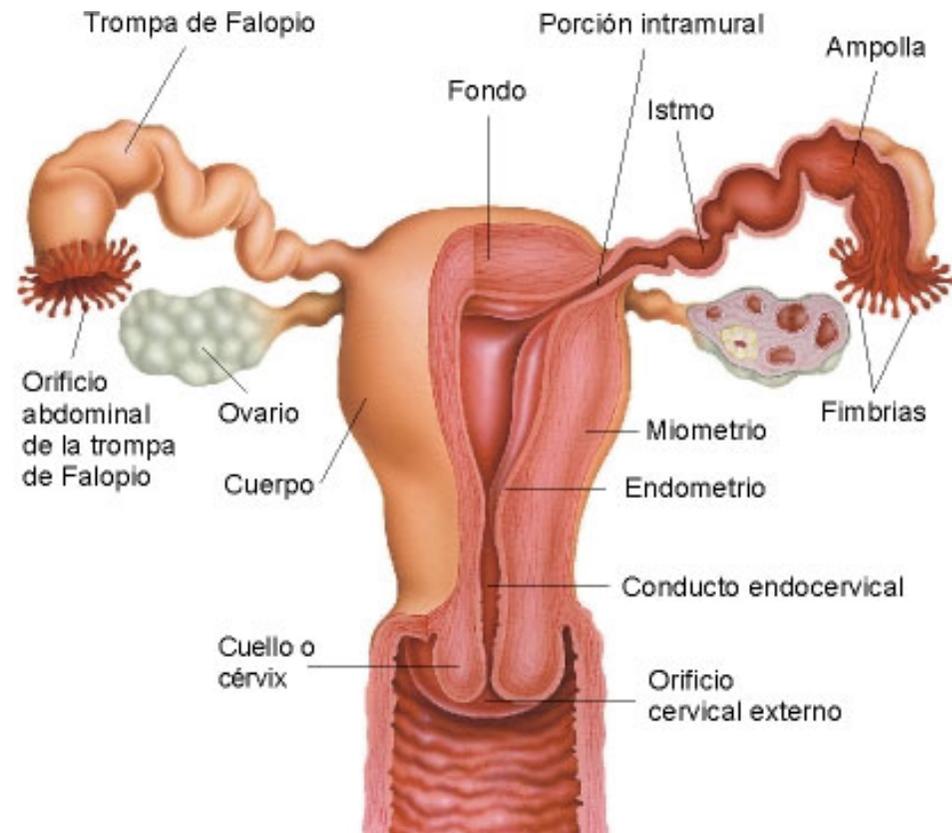
## *Formación del núcleo cigótico.*

- Una vez dentro del huevo, el núcleo masculino pierde su envoltura, su ADN se descondensa, formando así el **pronúcleo masculino**.
- El centriolo aportado por el espermio actúa como centro organizador de microtúbulos y ayuda a acercar a los pronúcleos masculino y femenino, formando el **núcleo diploide del cigoto**.



# Fertilización en **mamíferos**

- Por ser interna es muy difícil de estudiar
- Solo 1 de 10.000 espermio logra acercarse a ovocito, en la zona llamada ámpula, donde ocurre la fecundación.
- Para ello, los espermios deben viajar desde la vagina hacia las trompas de Falopio.
- Los espermios llegan a su destino principalmente gracias a contracciones musculares del útero.
- La motilidad del espermio se hace importante solo en las cercanías del ovocito



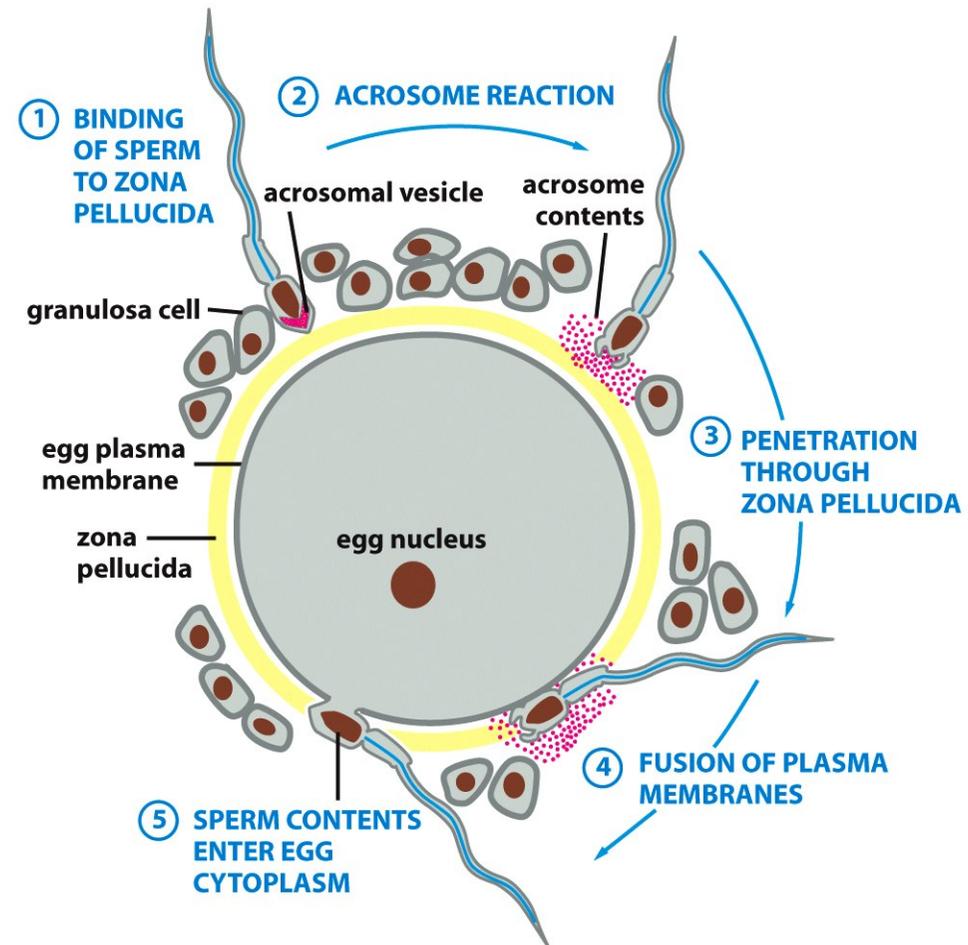
# Capacitación del espermio

- La capacitación corresponde a todos los cambios fisiológicos que debe sufrir el espermio para poder fecundar al huevo.
- Estos cambios ocurren en el camino del espermio hasta la ámpula, gracias a moléculas secretadas por las distintas secciones del tracto reproductor femenino, las que influyen la motilidad y capacitación del espermio.
- Modificación de carbohidratos y proteínas de la superficie del espermio.

*Los espermios **capacitados** se vuelven **hiperactivos** cuando alcanzan el oviducto y son capaces de ser atraídos al huevo por **termotáxis** y **quimiotáxis**.*

# Reconocimiento en la zona pelúcida

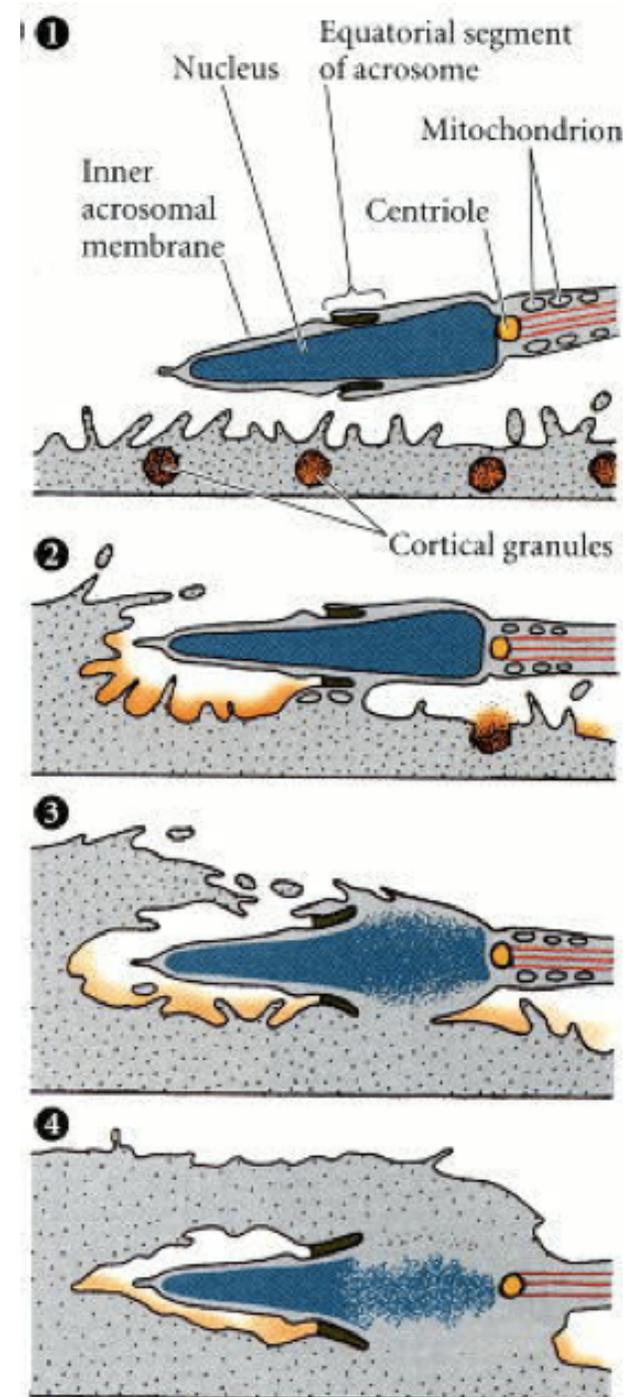
- Zona pelúcida esta formada por las glicoproteínas ZP1, ZP2 y ZP3. Esta zona posee un rol análogo a la *envoltura vitelina de invertebrados*.
- No se requiere tanta especificidad de especies.
- El espermio se une a estas proteínas ZP (en amarillo) y recién ahí, puede sufrir la **reacción acrosómica** que le permitirá penetrar la zona pelúcida y alcanzar el huevo.



# Fusión de gametos y prevención de la poliespermia

La **reacción cortical** no forma una envoltura de fertilización como en el erizo, pero su fin es el mismo... y al igual que en la **reacción acrosómica** se liberan enzimas que destruyen a las proteínas ZP, impidiendo que más espermios puedan unirse a esta zona y alcanzar al ovocito.

Una vez dentro del huevo, se produce la fusión de los pronúcleos, originando el núcleo del cigoto diploide...



# Referencias

1. Scott F. Gilbert. **Developmental Biology**. Sinauer Associates. 6<sup>º</sup> edición en adelante!

On-line por capitulos en:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/bookshelf/br.fcgi?book=dbio>

2. Bruce Alberts, Alexander Johnson, Julian Lewis, Martin Raff, Keith Roberts, and Peter Walter. **Molecular Biology of the Cell**, 4th Ed.

On-line por capitulos en:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/bookshelf/br.fcgi?book=mboc4>

3. **Lista completa de libros disponibles en NCBI** (National Center for Biotechnology Information)

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/bookshelf/>