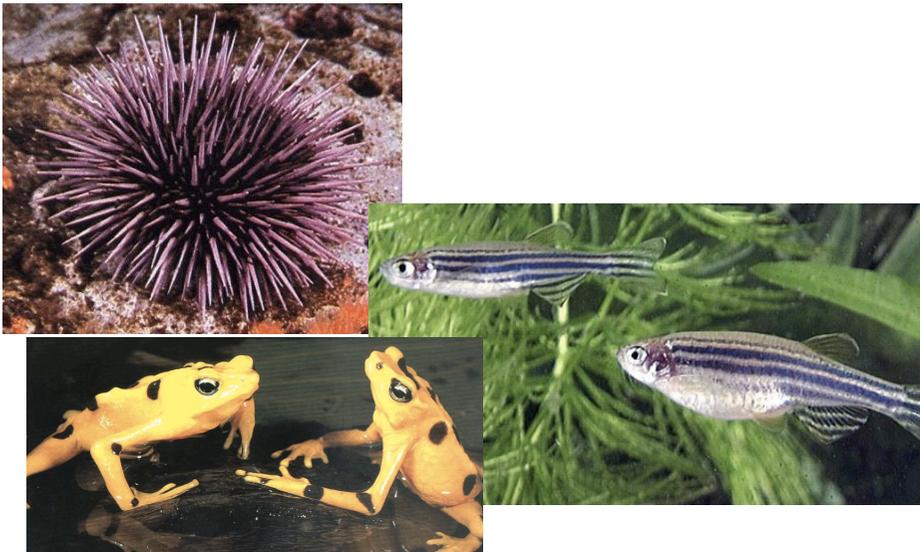


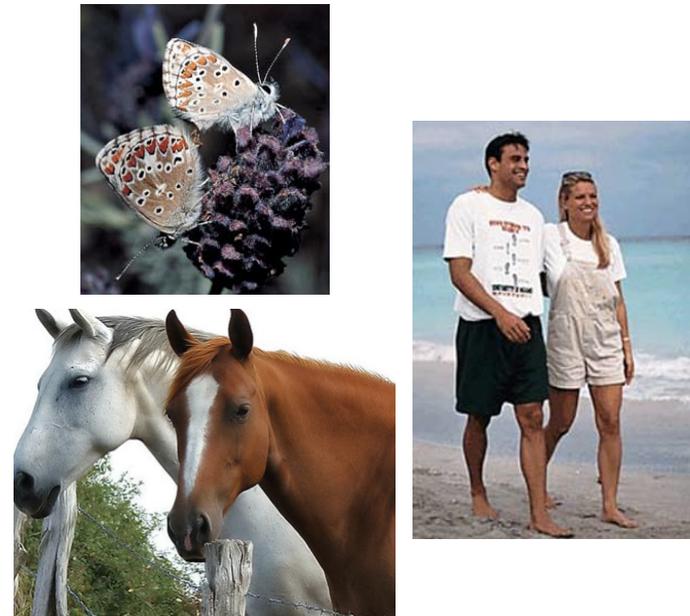
Fertilización: externa e interna en animales

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

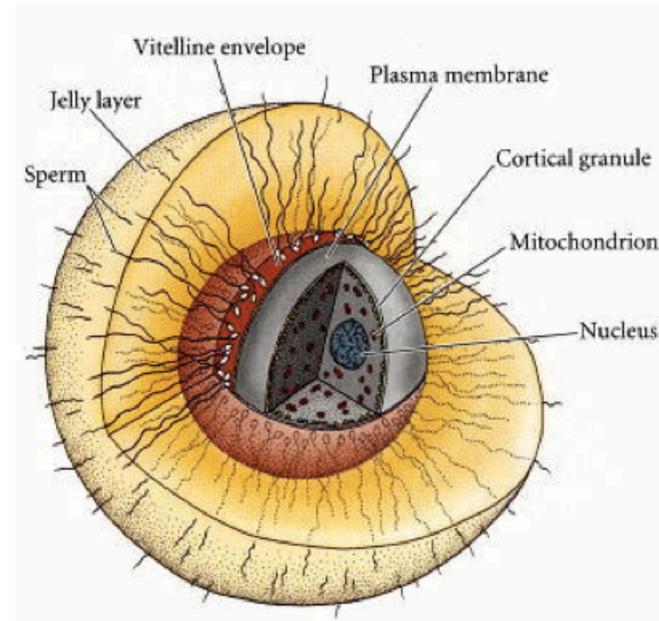


Fertilización interna



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

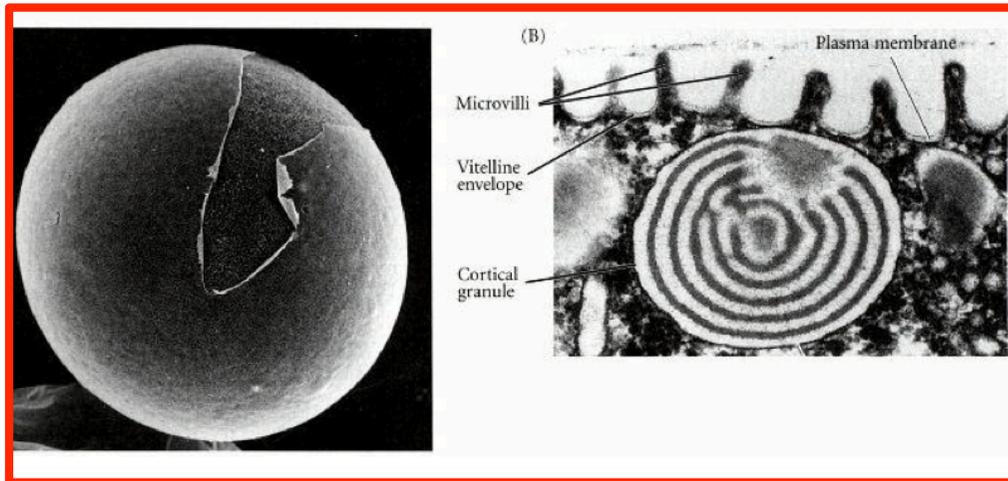
- Proteínas
- Ribosomas y tRNAs
- mRNAs
- Factores morfogénéticos
- Químicos protectores
- Organos en general



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

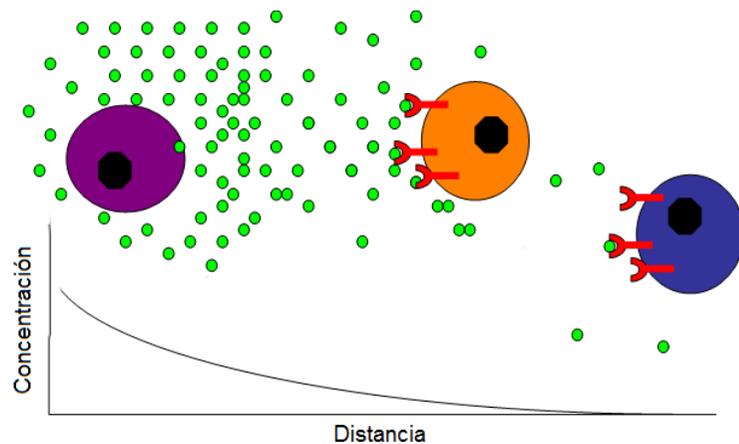
Reconocimiento del huevo y el espermio

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.

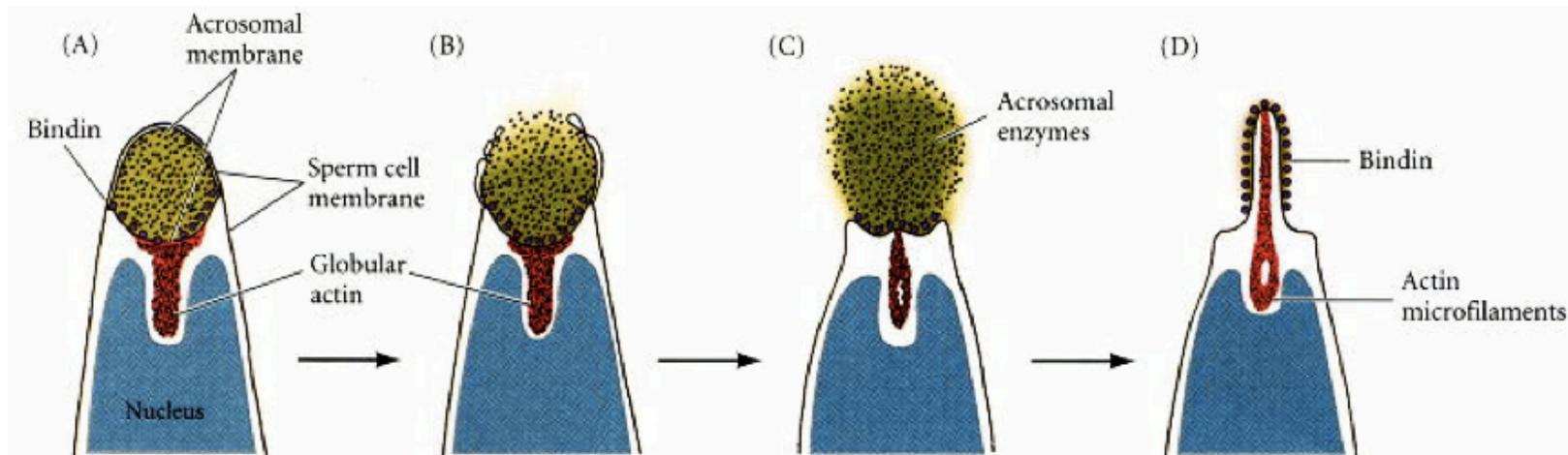
Huevo: moléculas solubles (ligando)

producidas en la capa gelatinosa .

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

Atracción especie – específico: Reacción acrosómica

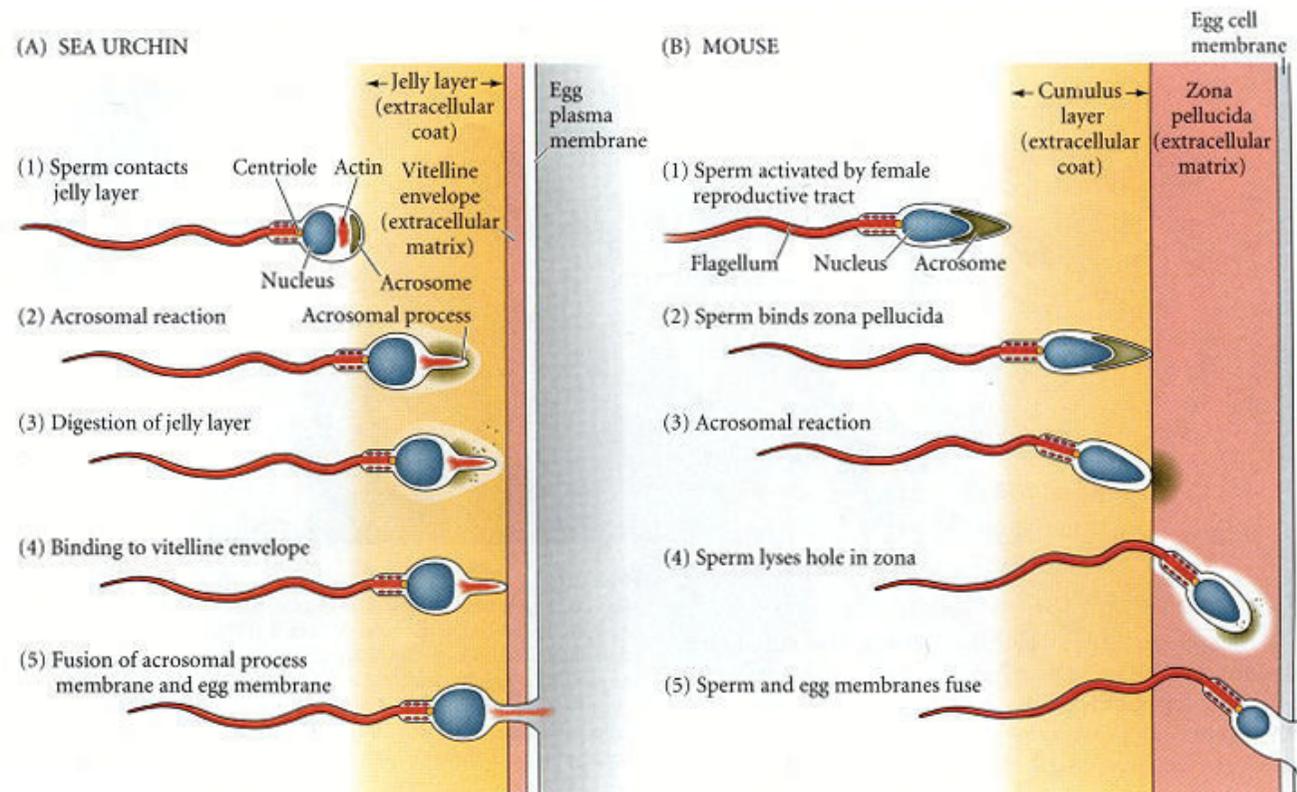
El contacto entre el espermio y la capa gelatinosa desencadena la exocitosis de la vesícula acrosómica (derivado del aparato de Golgi) del espermio y la liberación de enzimas que digieren la matriz extracelular del huevo



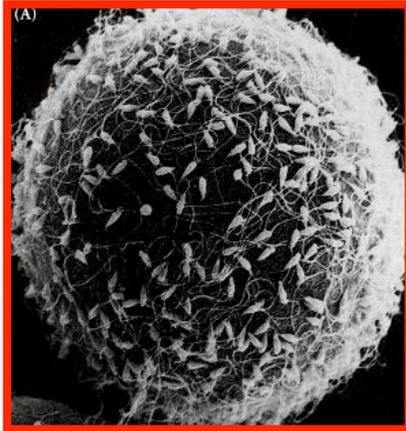
1. Exocitosis de la vesícula acrosómica > Liberación de enzimas proteolíticas
2. Polimerización de actina globular > Formación de la prolongación acrosómica.
3. Exposición de moléculas de reconocimiento (Bindina) en la prolongación acrosómica

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



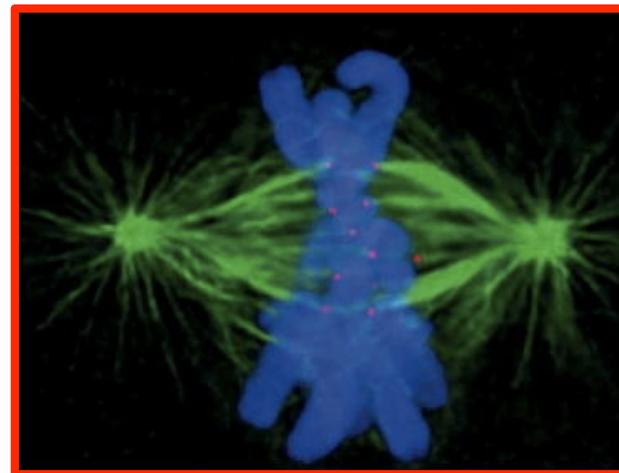
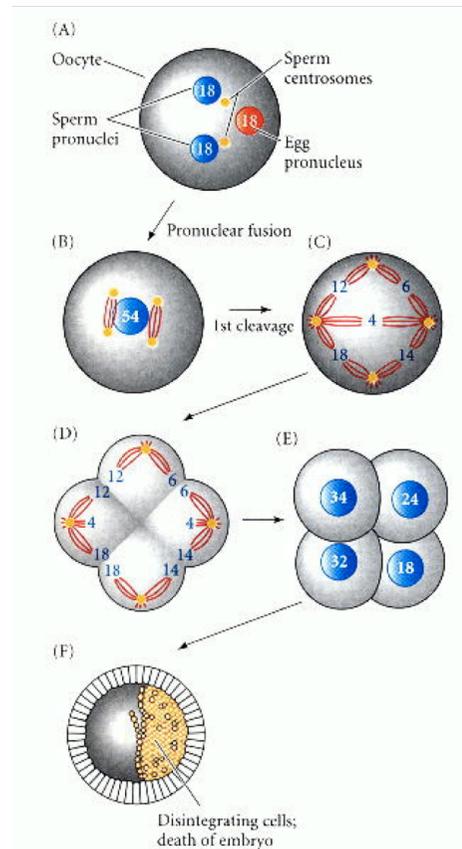
Mecanismo prevención de la poliespermia



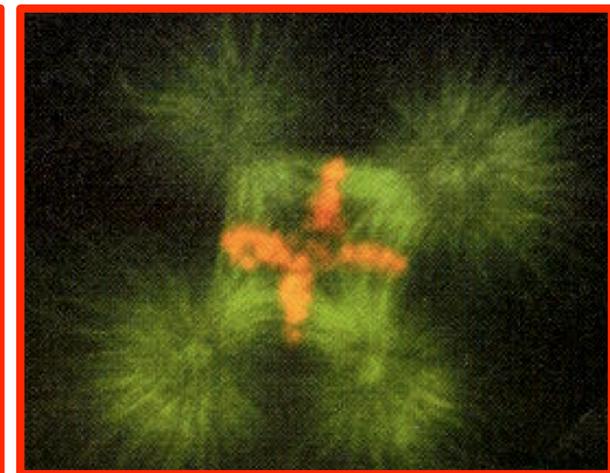
Poliespermia: penetración del huevo por más de un espermatozoide.

¿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 microtúbulos (verde)



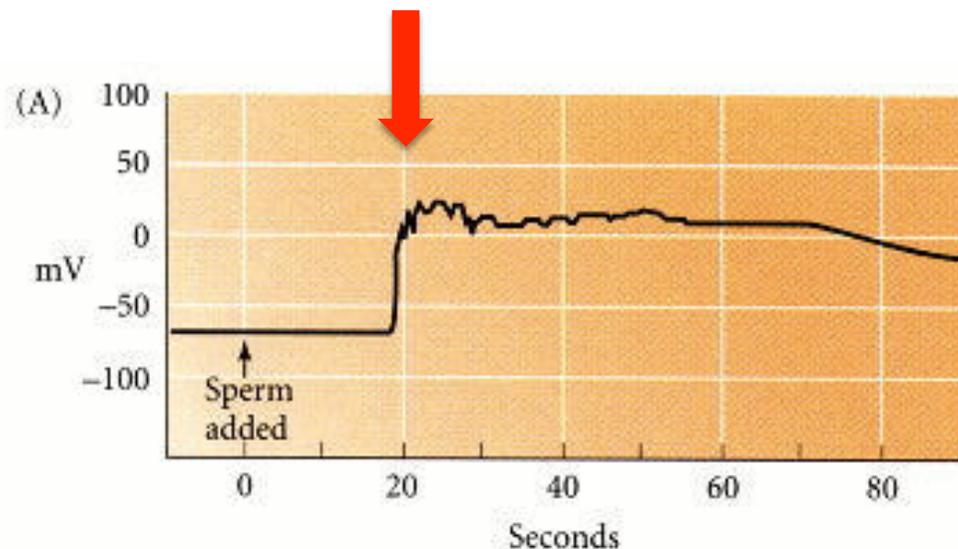
Poliespermia en erizo de mar. DNA (rojo) y microtúbulos (verde)

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

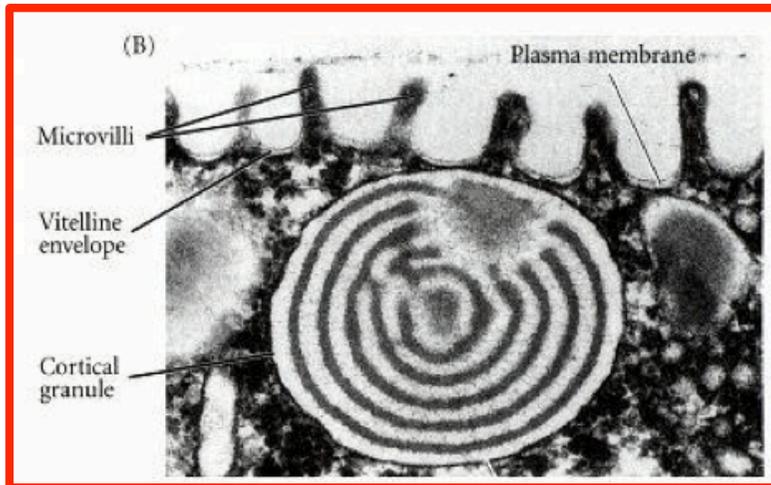


Na ⁺ (mM)	Percentage of polyspermic eggs
490	22
360	26
120	97
50	100

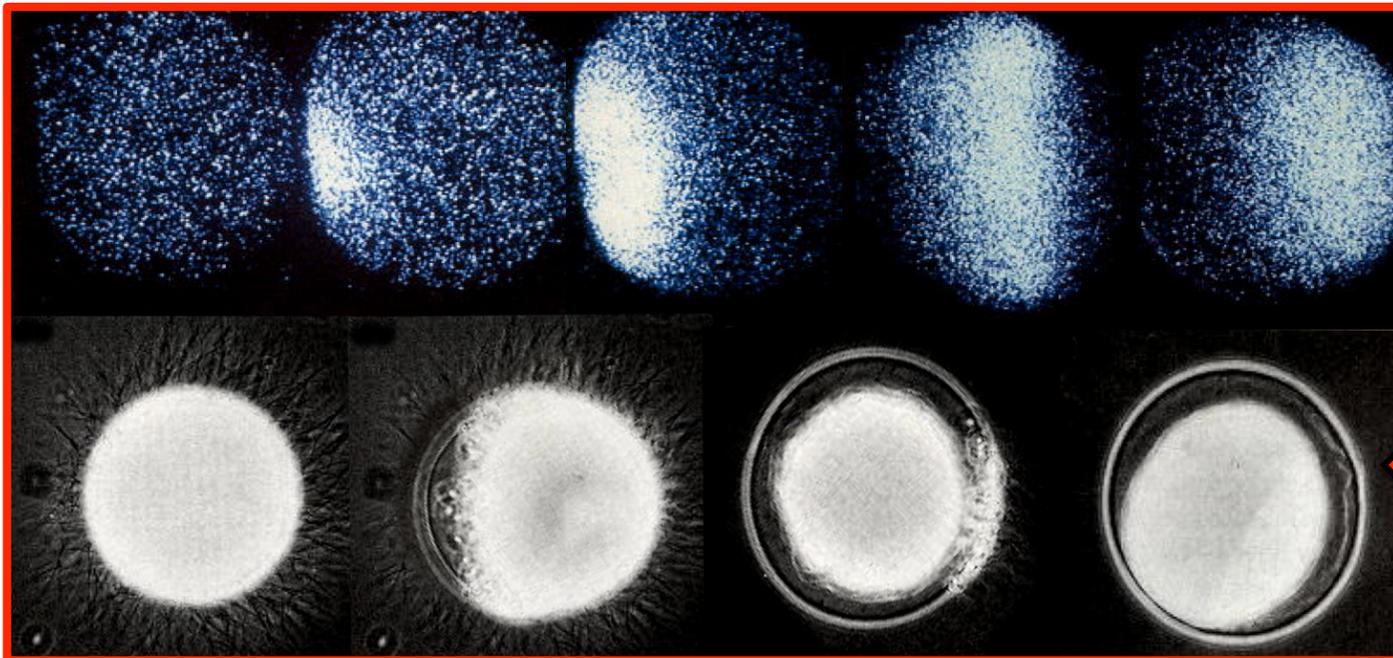
El ingreso de iones Na⁺ desde el agua de mar cambia el potencial de membrana de negativo a positivo... impidiendo la fusión de más espermatozoides a ella

b) Bloqueo lento de la poliespermia:

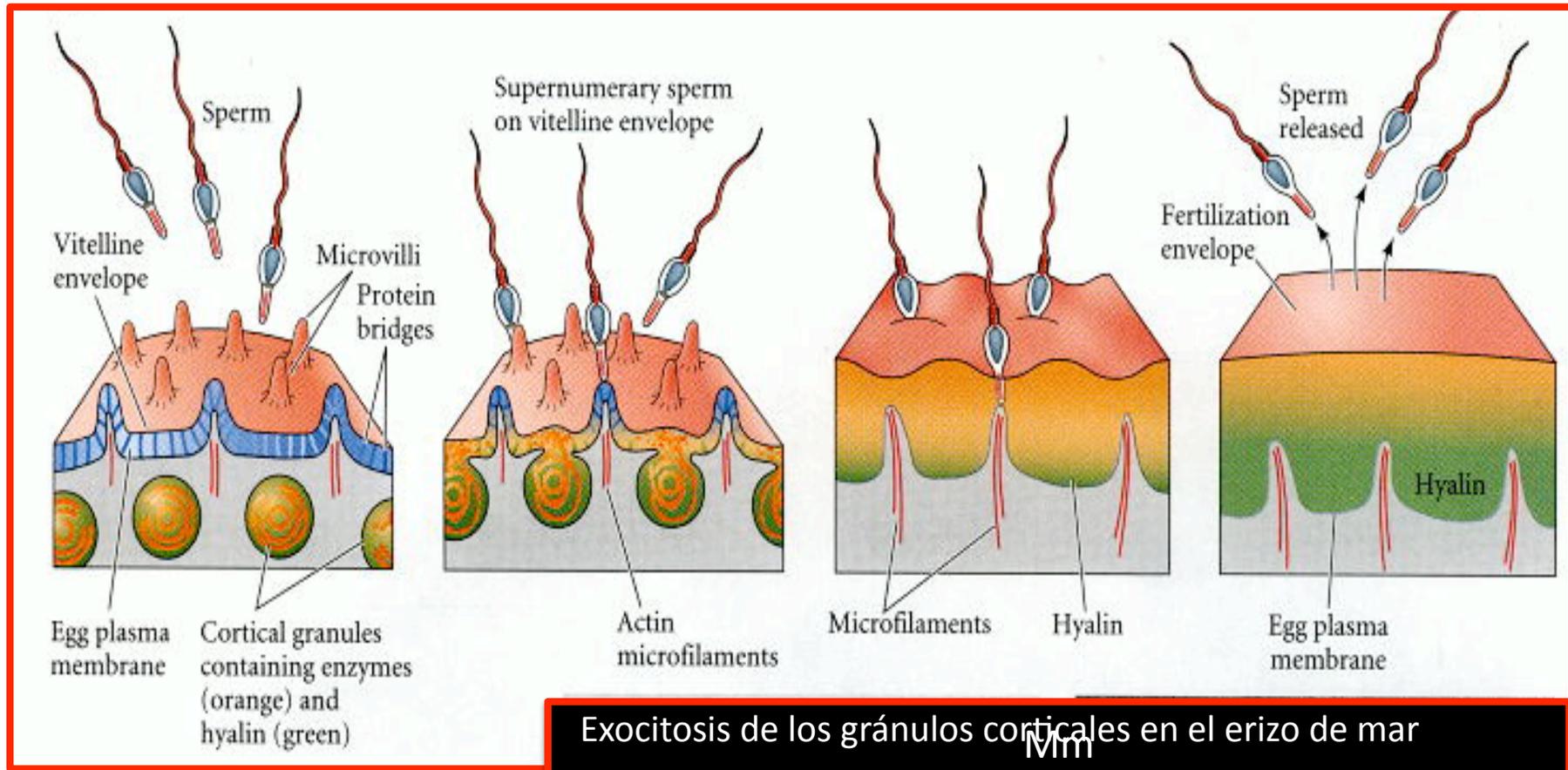
La Reacción cortical



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 llamada *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.



Exocitosis de los gránulos corticales en el erizo de mar

Activación metabólica del huevo

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

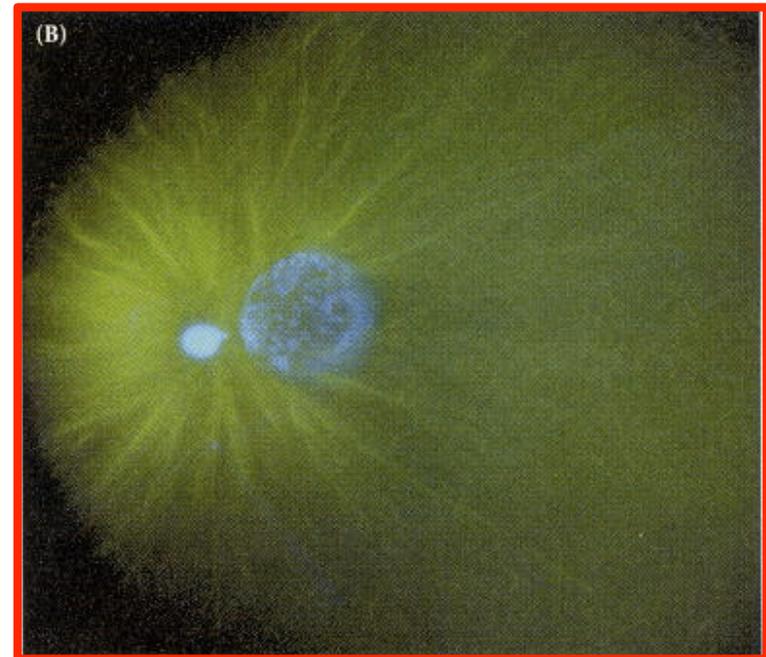
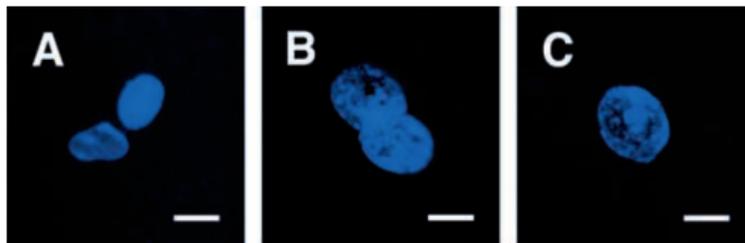
- El huevo puede reingresar al ciclo celular.
- Comienza nuevamente la síntesis de ADN.
- Síntesis de proteínas.
- Metabolismo de lípidos.

... Ahora el desarrollo embrionario puede comenzar!!

Fusión del material genético:

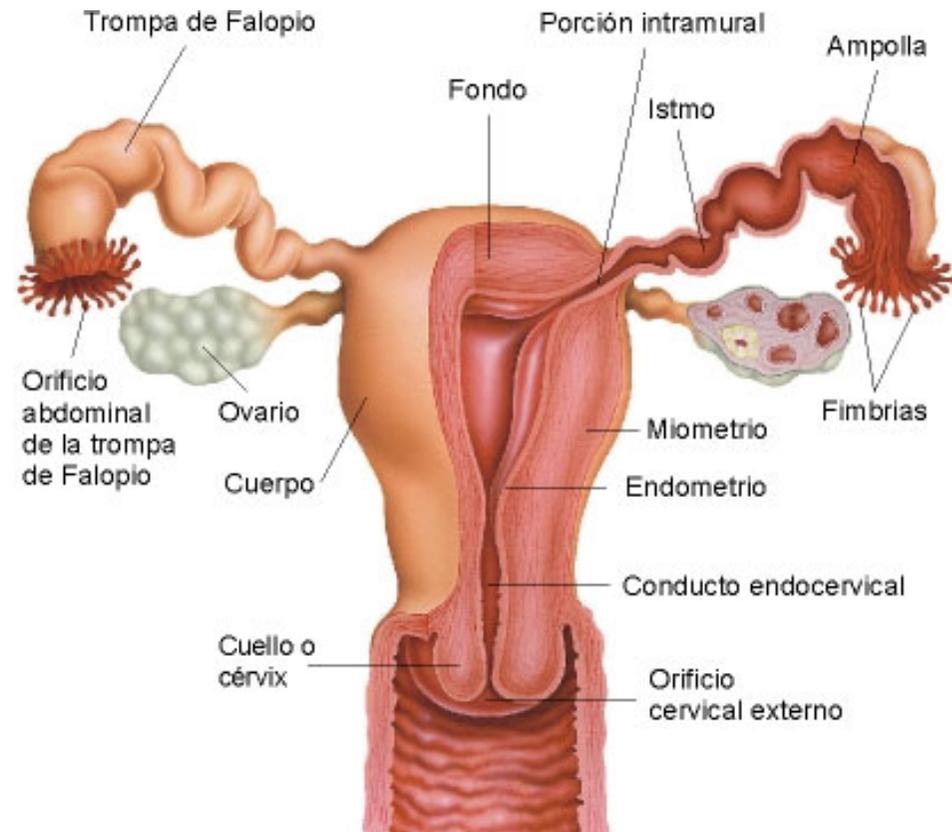
Formación del núcleo cigótico.

- Una vez dentro del huevo, el núcleo masculino pierde su envoltura, su ADN se descondensa, formando así el **pronúcleo masculino**.
- El centríolo 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 ampolla, 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



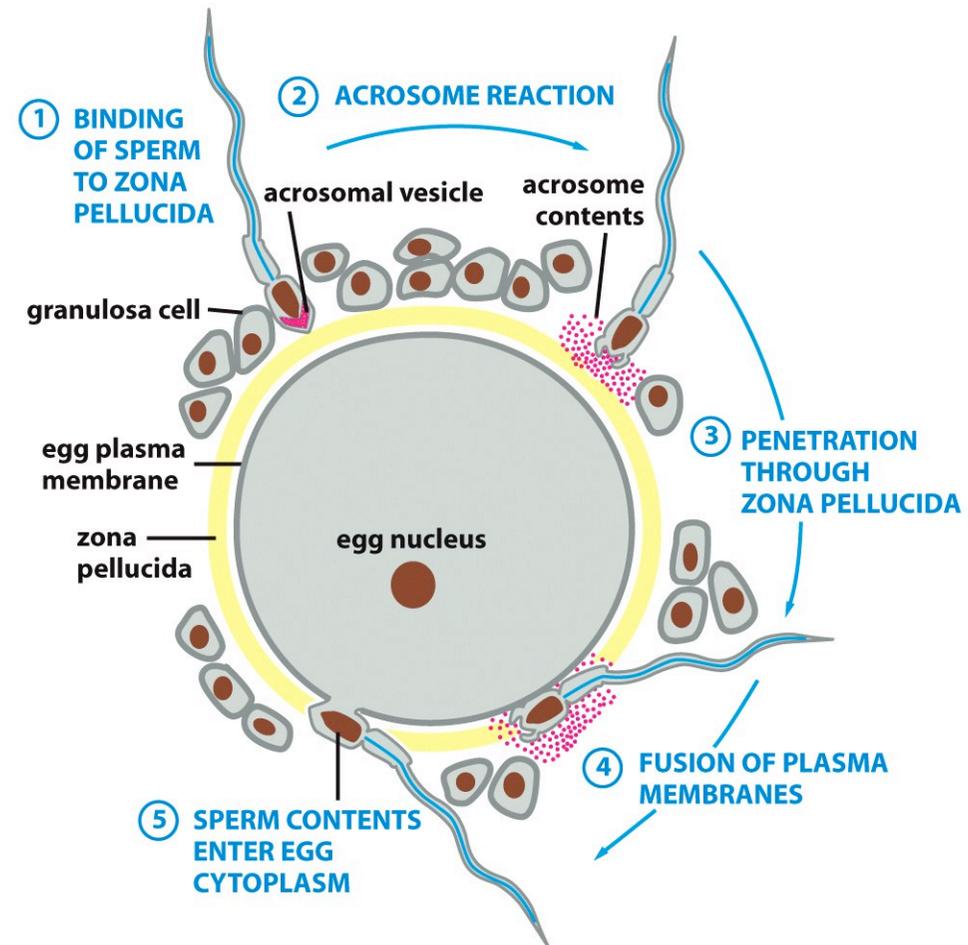
Capacitación del espermio

- 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 ampulla, 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...

