

# Ligamiento y Recombinación

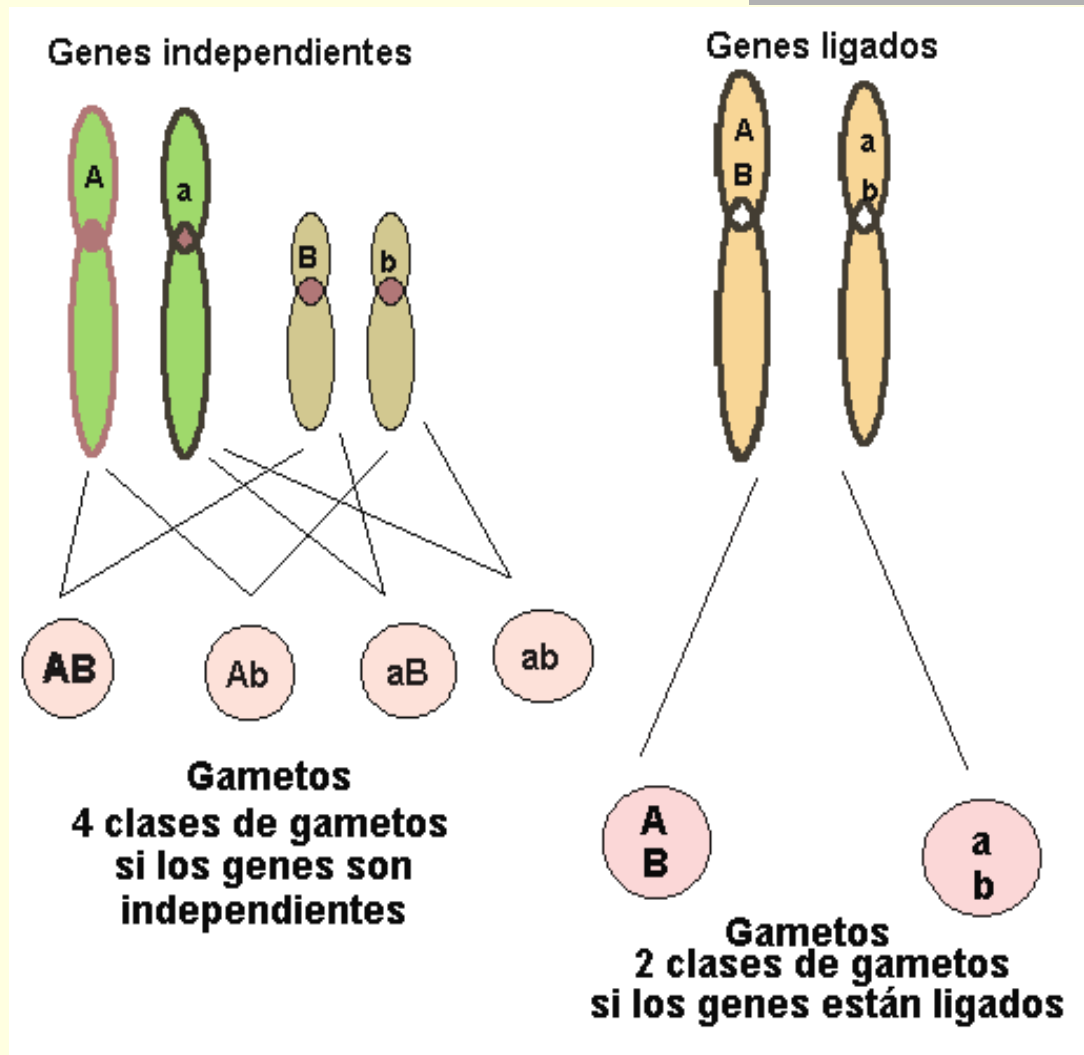
Genes ligados

# Tipos de ligamiento entre genes según distancia

---

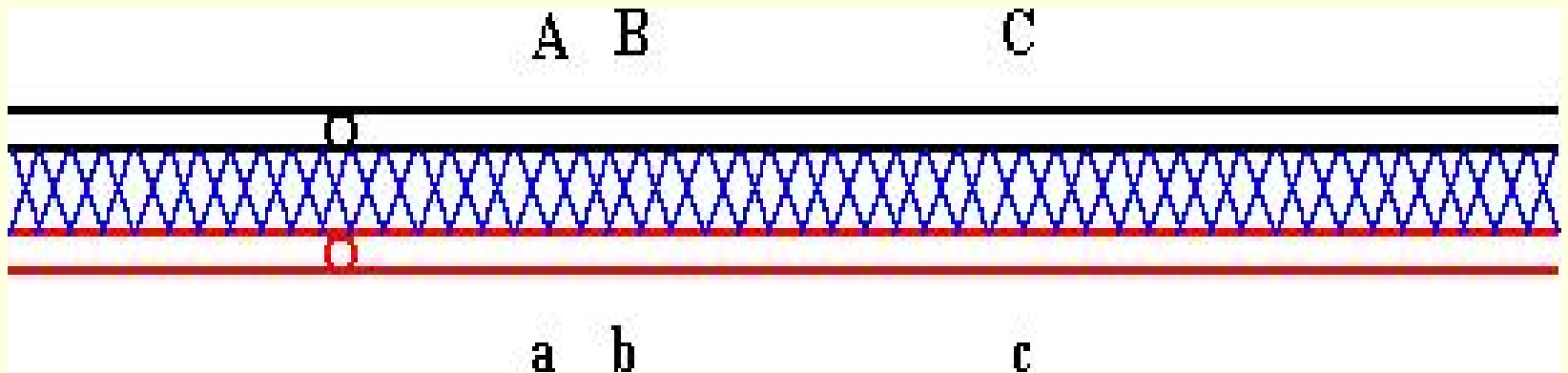
- Dependenden de:
  - La distancia que los separa:
    - Ligamiento Total: Distancia casi 0
    - Ligamiento Parcial: Distancia mayor a 0

# Ligamiento Total y genes Independientes



# Ligamiento Parcial y total

---



# Tipos de ligamiento según disposiciones de las parejas alélicas

Fase de Acoplamiento

A B



a b

AB/ab

Fase de Repulsión

A b






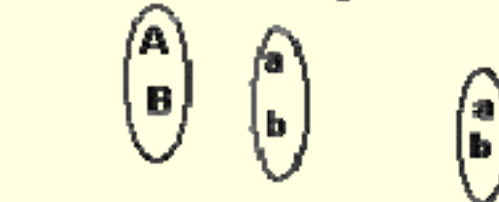
a B






Ab/aB

# Genes ligados totalmente y gametas de un dihíbrido



	<b>ab</b>	
<b>AB</b>	 <b>AaBb</b>	<b>F1</b>
<b>Ab</b>	 <b>Aabb</b>	
<b>aB</b>	 <b>aaBb</b>	
<b>ab</b>	 <b>aabb</b>	



		
	 <b>AaBb</b>	<b>F1</b>
	 <b>aabb</b>	

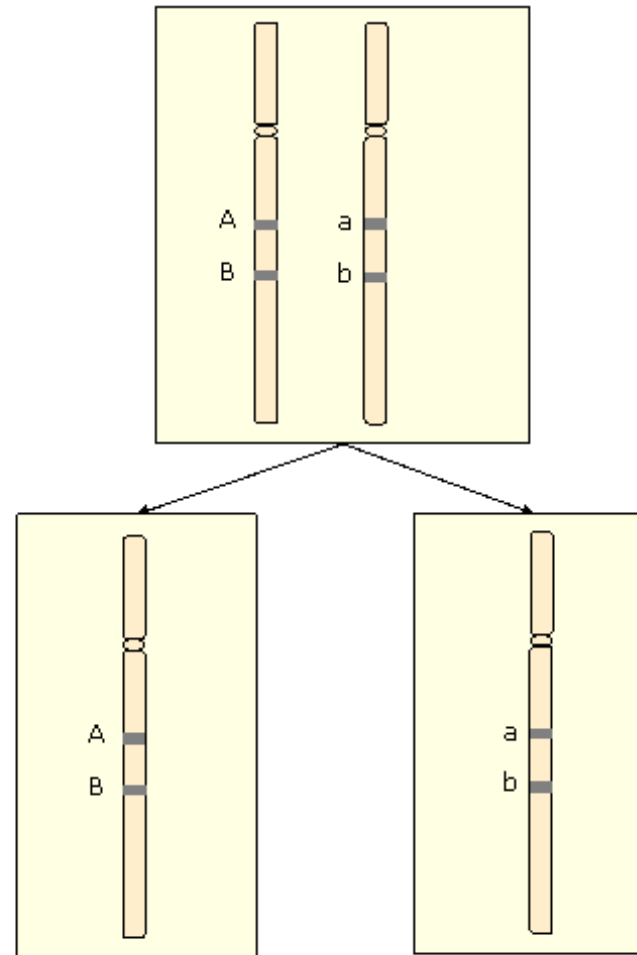
# Gametas en Ligamiento Total

## GENES LIGADOS (LIGAMIENTO ABSOLUTO)

Los genes que se encuentran en el mismo cromosoma se dice que son **genes ligados**. Todos los genes que se encuentran en un mismo cromosoma constituyen un **grupo de ligamiento**.

Si los genes ligados están muy próximos, lo más probable será que durante la profase I de la meiosis no se produzca ningún sobrecruzamiento entre ellos y pasarán juntos a los gametos sin separarse. En este caso diremos que el **ligamiento es absoluto**.

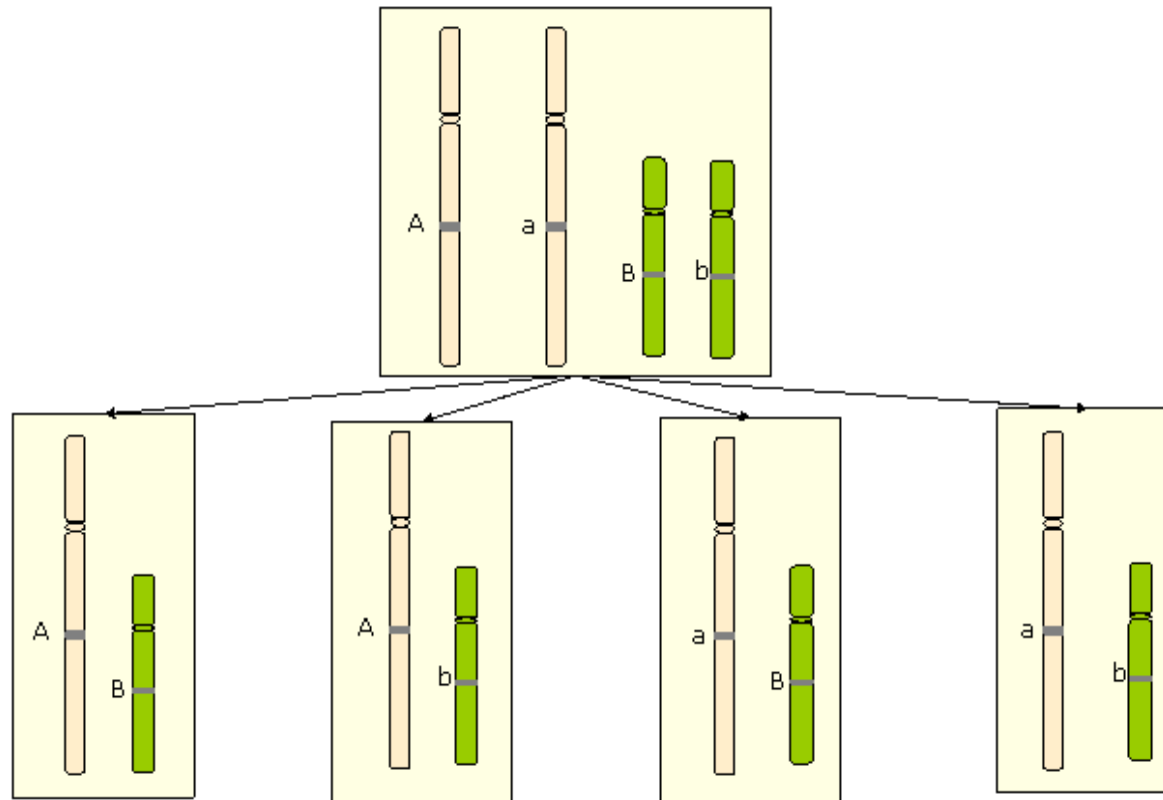
En este caso el dihíbrido (Aa,Bb) solo producirá dos tipos de gametos al 50%.



# 3ra Ley 4 Gametas por recombinación intercromosómica

## EXPLICACIÓN DE LA TERCERA LEY DE Mendel (GENES NO LIGADOS)

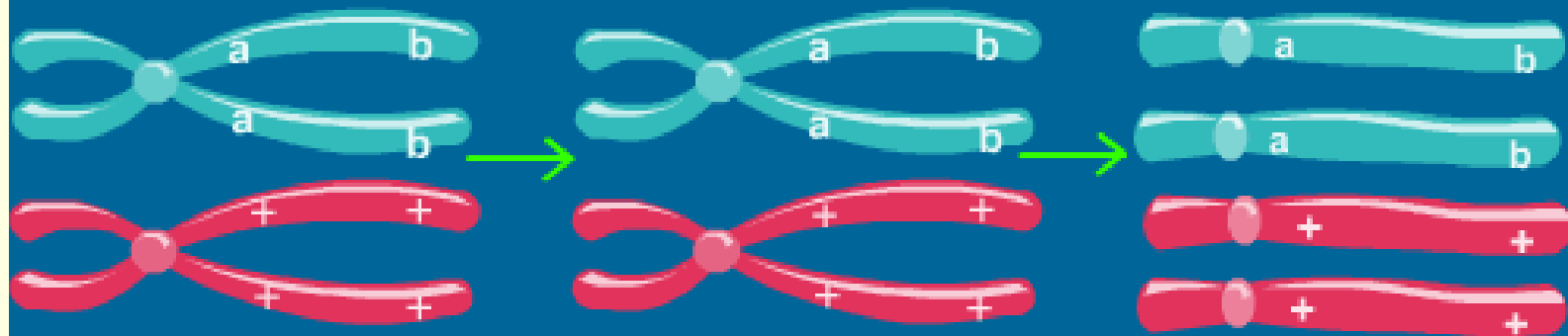
La 3ª Ley de Mendel se cumple sólo en el caso de que los genes que determinan ambos caracteres se encuentren en cromosomas homólogos distintos (**genes independientes**). Pues sólo en este caso puede el dihíbrido (Aa,Bb) formar 4 gametos distintos al 25%. Cuando los genes que determinan ambos caracteres se encuentran en el mismo par de cromosomas, **genes ligados**, la 3ª Ley de Mendel no se puede cumplir.



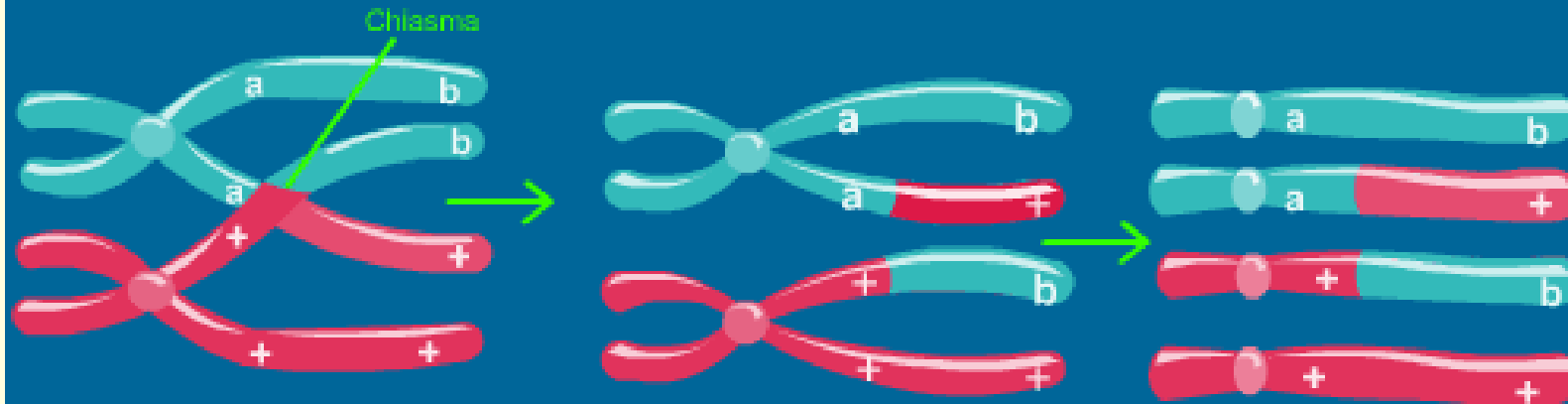


# Gametas con y sin recombinación intracromosómica

A) No crossing - over



B) Crossing - over

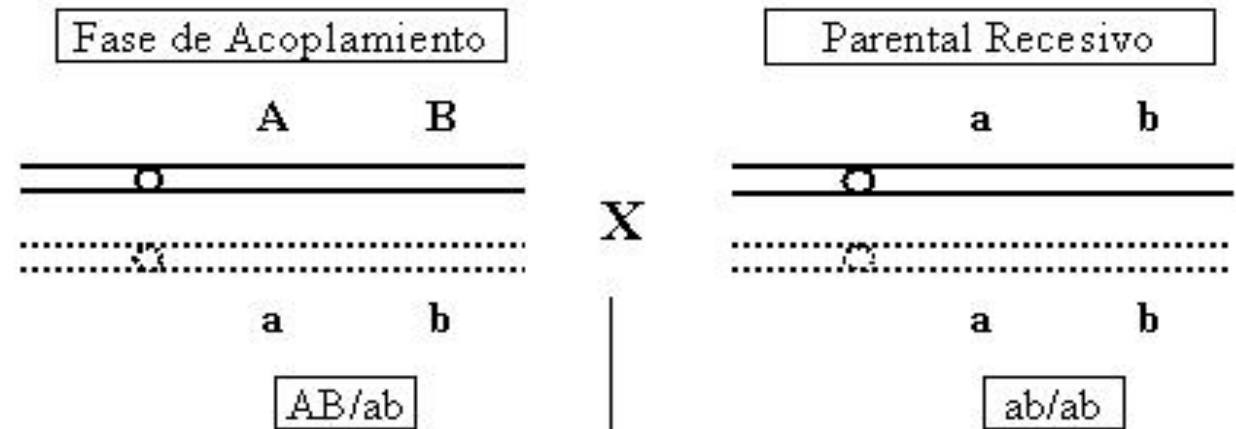


# Gametas Parentales y Recombinantes en acoplamiento

---

Gametos (F. Acoplamiento)	Tipos	Frecuencias gaméticas
AB	Parental	$\frac{1}{2}(1-r)$
Ab	Recombinante	$\frac{1}{2}r$
aB	Recombinante	$\frac{1}{2}r$
ab	Parental	$\frac{1}{2}(1-r)$
	Total	1

# ¿Como se detecta el ligamiento?: Cruzamientos de prueba.



Gametos
AB
Ab
aB
ab

Gametos
ab

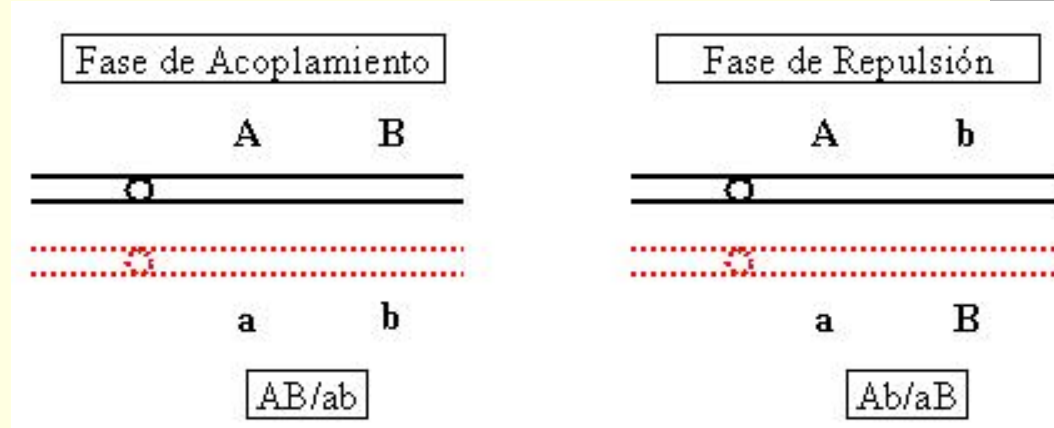
Descendientes		
Genotipo	Fenotipo	Frecuencia
$AB/ab$	AB	$\frac{1}{2}(1-r)=0,4$
$Ab/ab$	Ab	$\frac{1}{2}r=0,1$
$aB/ab$	aB	$\frac{1}{2}r=0,1$
$ab/ab$	ab	$\frac{1}{2}(1-r)=0,4$

# Calculo de la frecuencia de recombinación

	Descendientes de un cruzamiento prueba AaBb x aabb			
Fenotipos	AB	Ab	aB	ab
Observados	a <sub>1</sub> =40	a <sub>2</sub> =10	a <sub>3</sub> =10	a <sub>4</sub> =40

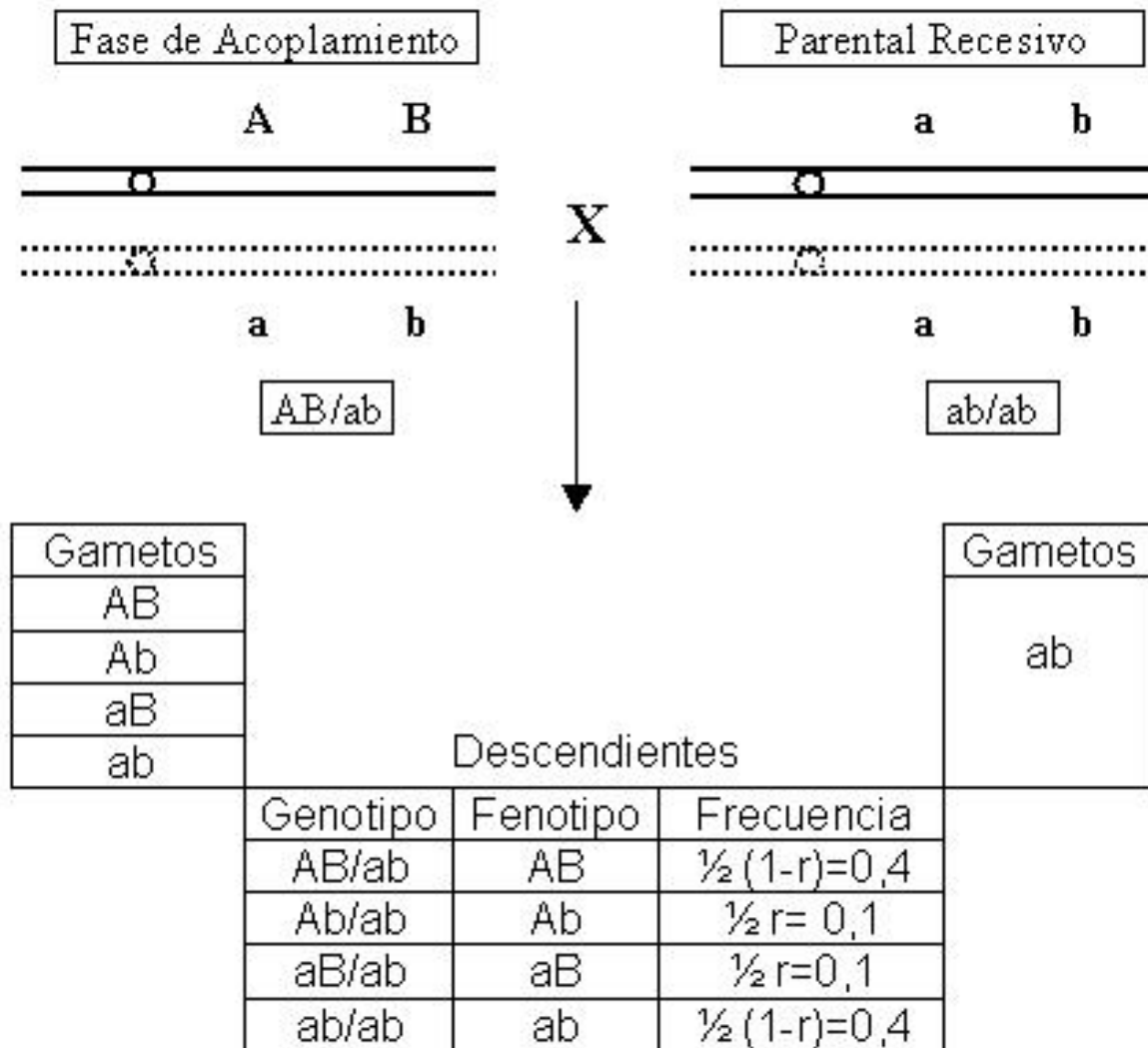
$$r = \frac{\text{Re combinantes}}{\text{Total}} = \frac{a_2 + a_3}{N} = \frac{10 + 10}{100} = 0,2$$

# Resultados en acoplamiento y en repulsión a máxima p y Transm. Indep.

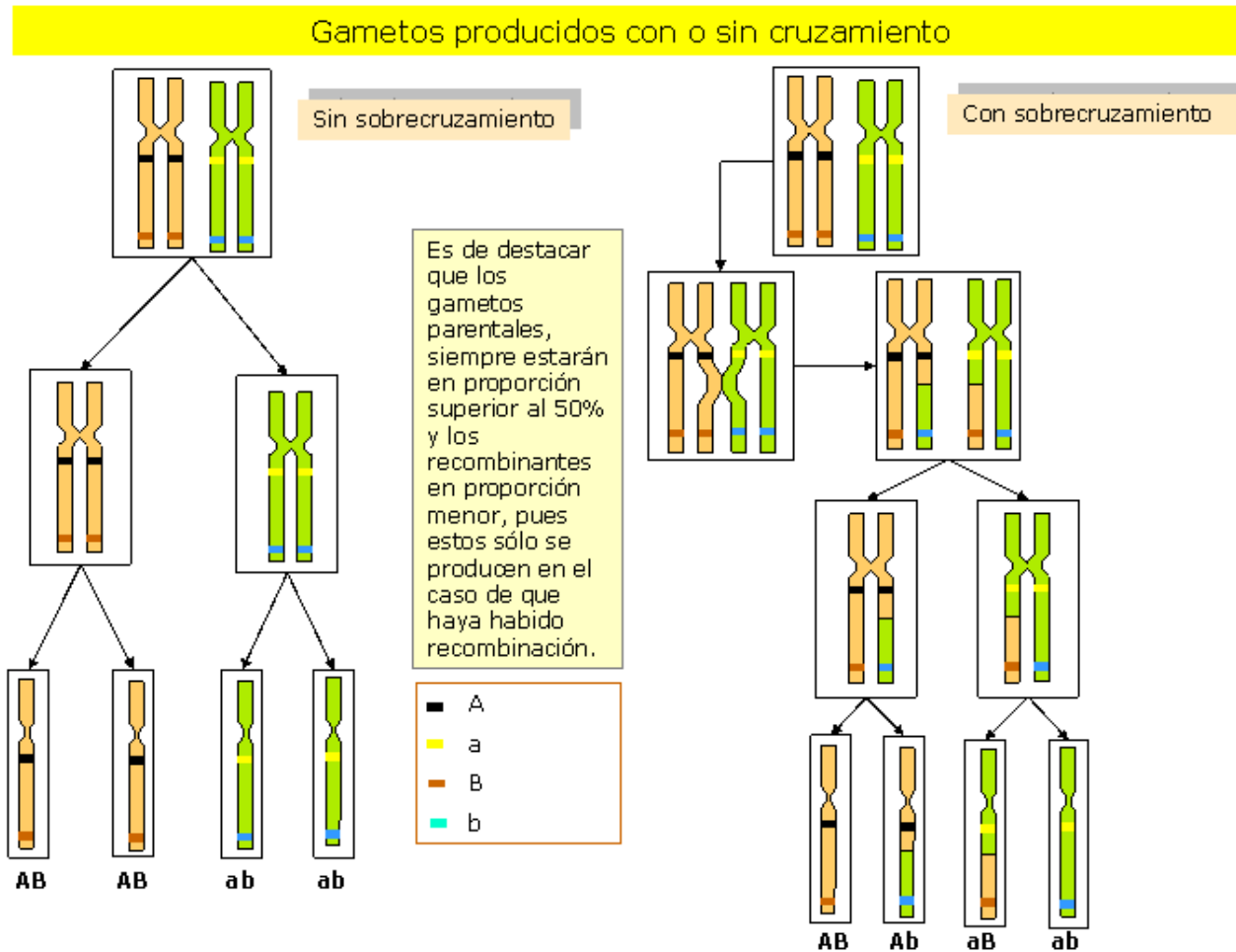


Gametos	Independencia	Acoplamiento			Repulsión		
		AB/ab	AB/ab $2r=0, r=0$	AB/ab $2r=1, r=1/2$	Ab/aB	Ab/aB $2r=0, r=0$	Ab/aB $2r=1, r=1/2$
AB	$1/4$	$1/2(1-r)$	$1/2$	$1/4$	$1/2 r$	0	$1/4$
Ab	$1/4$	$1/2 r$	0	$1/4$	$1/2(1-r)$	$1/2$	$1/4$
aB	$1/4$	$1/2 r$	0	$1/4$	$1/2(1-r)$	$1/2$	$1/4$
ab	$1/4$	$1/2(1-r)$	$1/2$	$1/4$	$1/2 r$	0	$1/4$

# Resultados Cruzam. Prueba en acoplamiento y estimación distancia



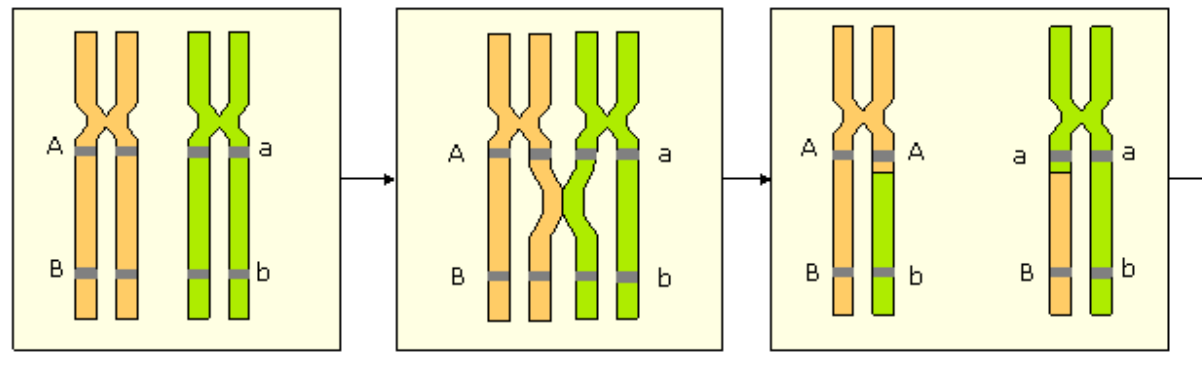
# Gametas obtenidas con y sin entrecruzamiento



# Recombinación Intracromosómica en acoplamiento

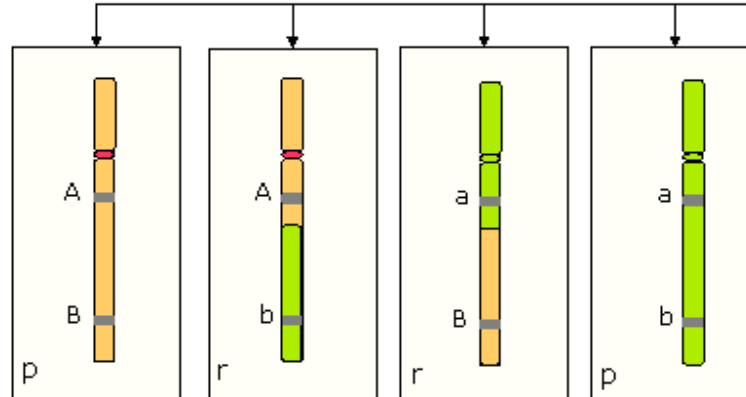
## GENES LIGADOS (LIGAMIENTO RELATIVO CON SOBRECruzAMIENTO)

Si los genes ligados se encuentran lo suficientemente separados, en la profase I de la meiosis podrá producirse sobrecruzamiento entre ellos, lo que dará lugar a que se formen cuatro tipos de gametos, mientras que en otras células no se producirá, y sólo se formarán dos tipos de gametos.



**Parentales (P):**  
son aquellos gametos que tienen los genes ligados como en los progenitores.

**Recombinantes (r):** Los producidos por recombinación.



p) parentales  
r) recombinantes



# Calculo de p y distancia

## MAPAS CROMOSÓMICOS

La probabilidad de los gametos recombinantes para un par de genes ligados es un valor constante que depende, principalmente, de la distancia a la que se encuentren los genes en el cromosoma.

Esta probabilidad recibe el nombre de **frecuencia de recombinación**. La frecuencia de recombinación entre dos genes ligados es igual a la suma de las frecuencias de los gametos recombinantes. Cuanto mayor sea este valor, más alejados estarán los genes en el cromosoma. Por lo tanto, por la frecuencia de recombinación se puede saber la distancia relativa de los genes ligados y hacer **mapas cromosómicos**.

### Distancias relativas de los genes:

- eb (cuerpo ébano);
- cu (alas curvadas);
- se (ojos color sepia).

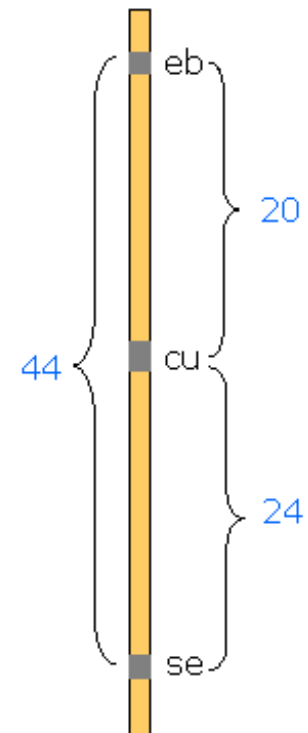
Estas distancias se han establecido en base a la frecuencia de recombinación entre estos tres genes.

eb-se..... 44% .... 44  $\delta$

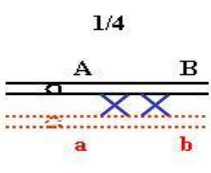
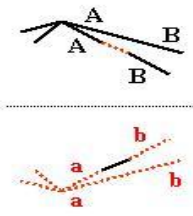
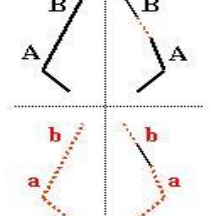
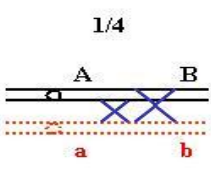
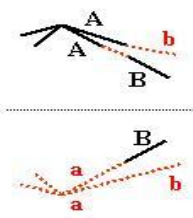
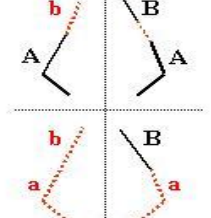
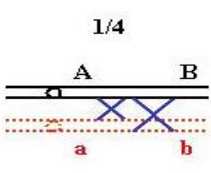
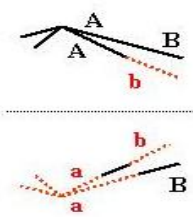
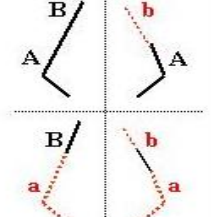
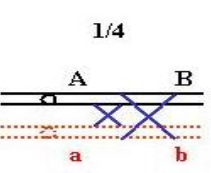
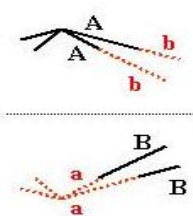
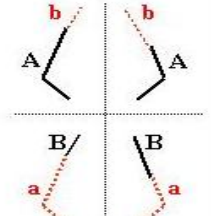
eb-cu..... 20% .... 20  $\delta$

cu-se..... 24% .... 24  $\delta$

**Nota: 1 $\delta$  (centimorgan)= 1%**



# P nunca supera el 0,5

<p>1/4</p>  <p>RECIPROCOS</p>			<p>Frecuencia gametos recombinantes</p> <p>0</p>
<p>1/4</p>  <p>DIAGONAL-I</p>			<p>Frecuencia gametos recombinantes</p> <p>1/2</p>
<p>1/4</p>  <p>DIAGONAL-II</p>			<p>Frecuencia gametos recombinantes</p> <p>1/2</p>
<p>1/4</p>  <p>COMPLEMENTARIOS</p>			<p>Frecuencia gametos recombinantes</p> <p>1</p>

Metafase-I

Anafase-I

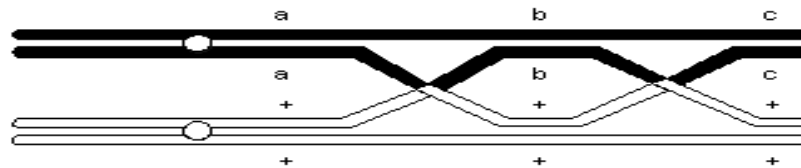
Anafase-II

# Prueba de 3 puntos y dobles entrecruzamientos.

Homologous Chromosomes Synapse



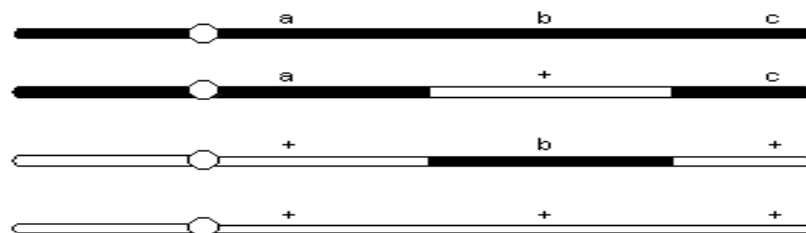
Double Crossover Occurs



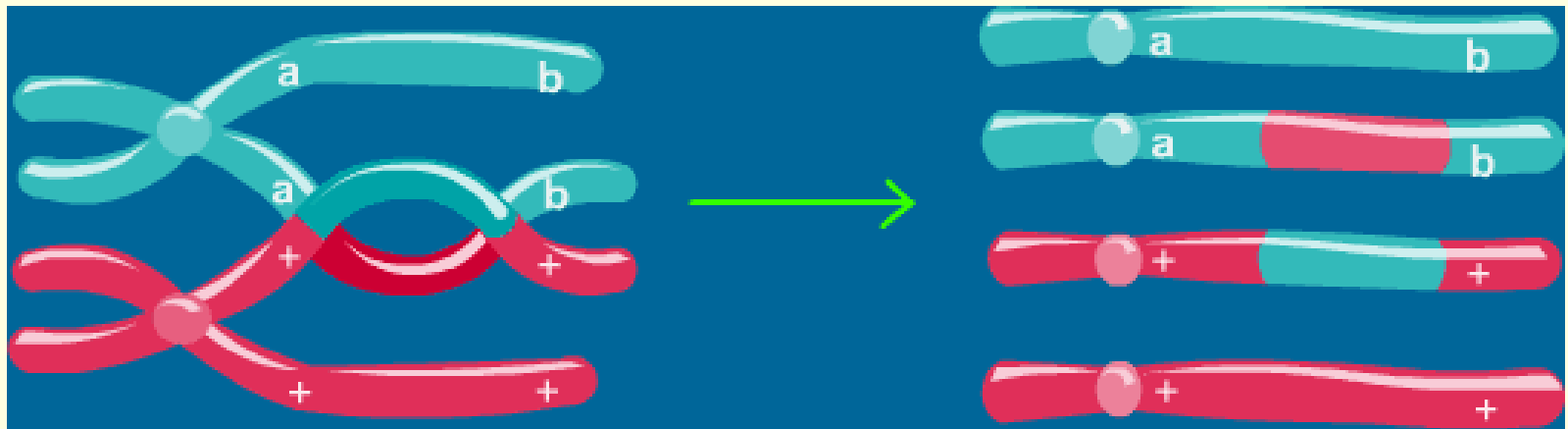
Homologous Chromosomes Separate (Anaphase I)



Gametes Form - End of Meiosis



# Dobles entrecruzamientos



# Mapeo cromosómico. Mapa de ligamiento

## MAPAS CROMOSÓMICOS

La probabilidad de los gametos recombinantes para un par de genes ligados es un valor constante que depende, principalmente, de la distancia a la que se encuentren los genes en el cromosoma.

Esta probabilidad recibe el nombre de **frecuencia de recombinación**. La frecuencia de recombinación entre dos genes ligados es igual a la suma de las frecuencias de los gametos recombinantes. Cuanto mayor sea este valor, más alejados estarán los genes en el cromosoma. Por lo tanto, por la frecuencia de recombinación se puede saber la distancia relativa de los genes ligados y hacer **mapas cromosómicos**.

### Distancias relativas de los genes:

- eb (cuerpo ébano);
- cu (alas curvadas);
- se (ojos color sepia).

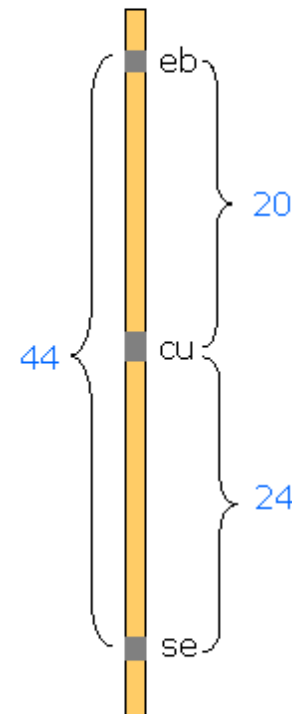
Estas distancias se han establecido en base a la frecuencia de recombinación entre estos tres genes.

eb-se..... 44% .... 44  $\delta$

eb-cu..... 20% .... 20  $\delta$

cu-se..... 24% .... 24  $\delta$

**Nota: 1  $\delta$  (centimorgan)= 1%**



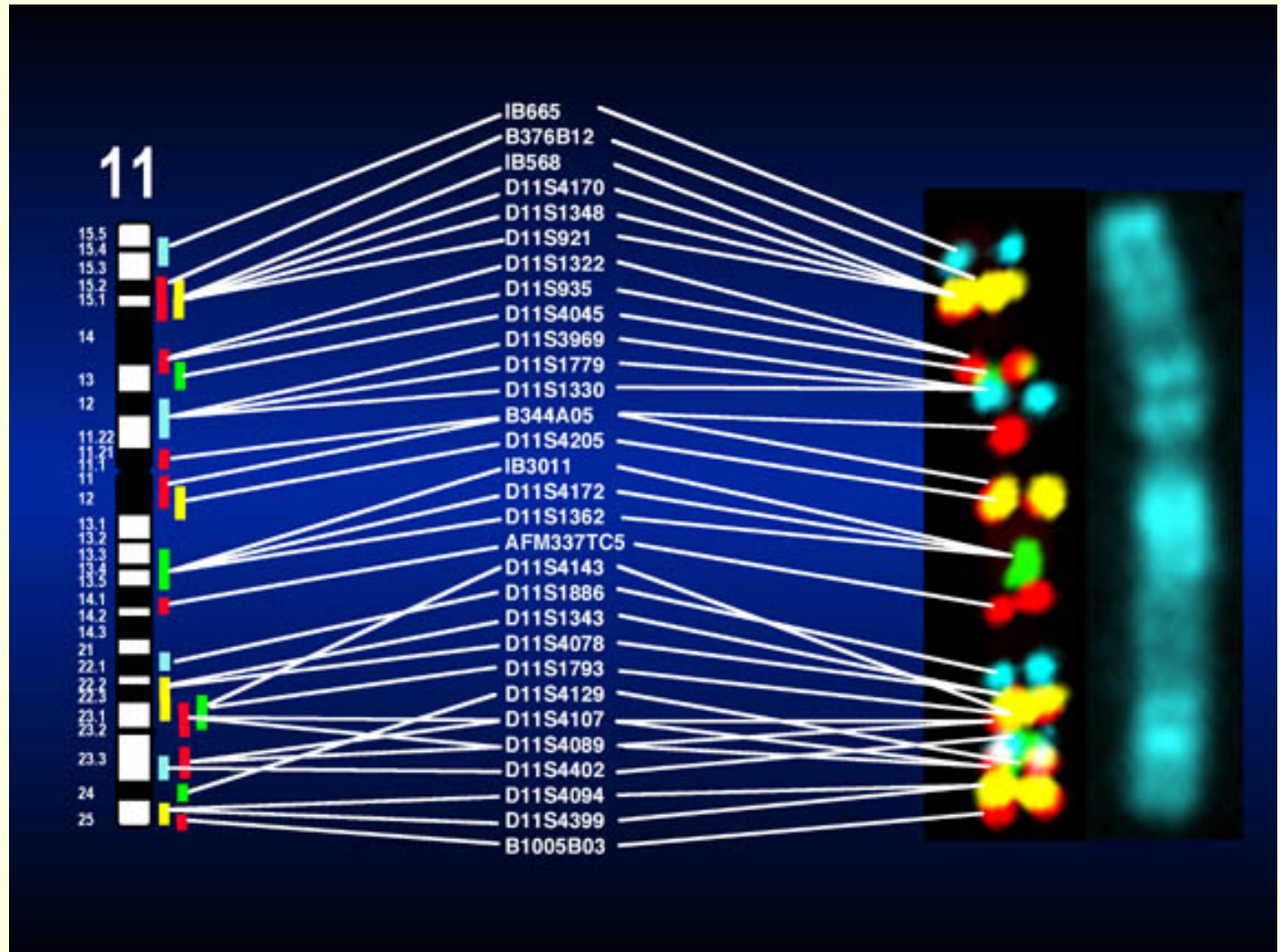
# Mapas para especies donde no se puede usar el Cruzamiento de prueba

---

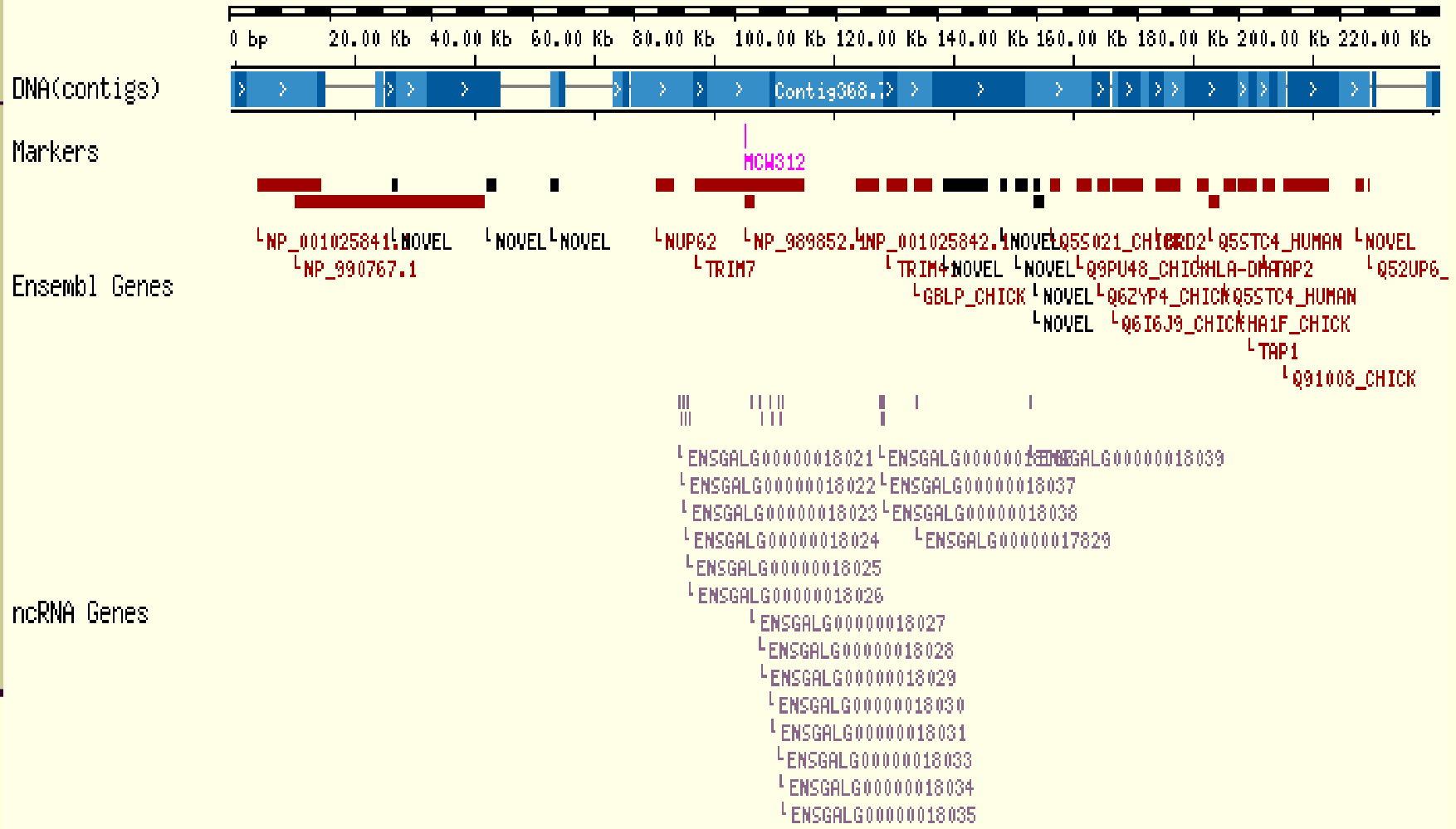
- Hibridización in situ
- Secuenciación y armado de los mapas por caminata cromosómica.

Hoy en día lo más usado.

# Hibridización in situ



# Ensemble de genes en un Contig



Gene legend

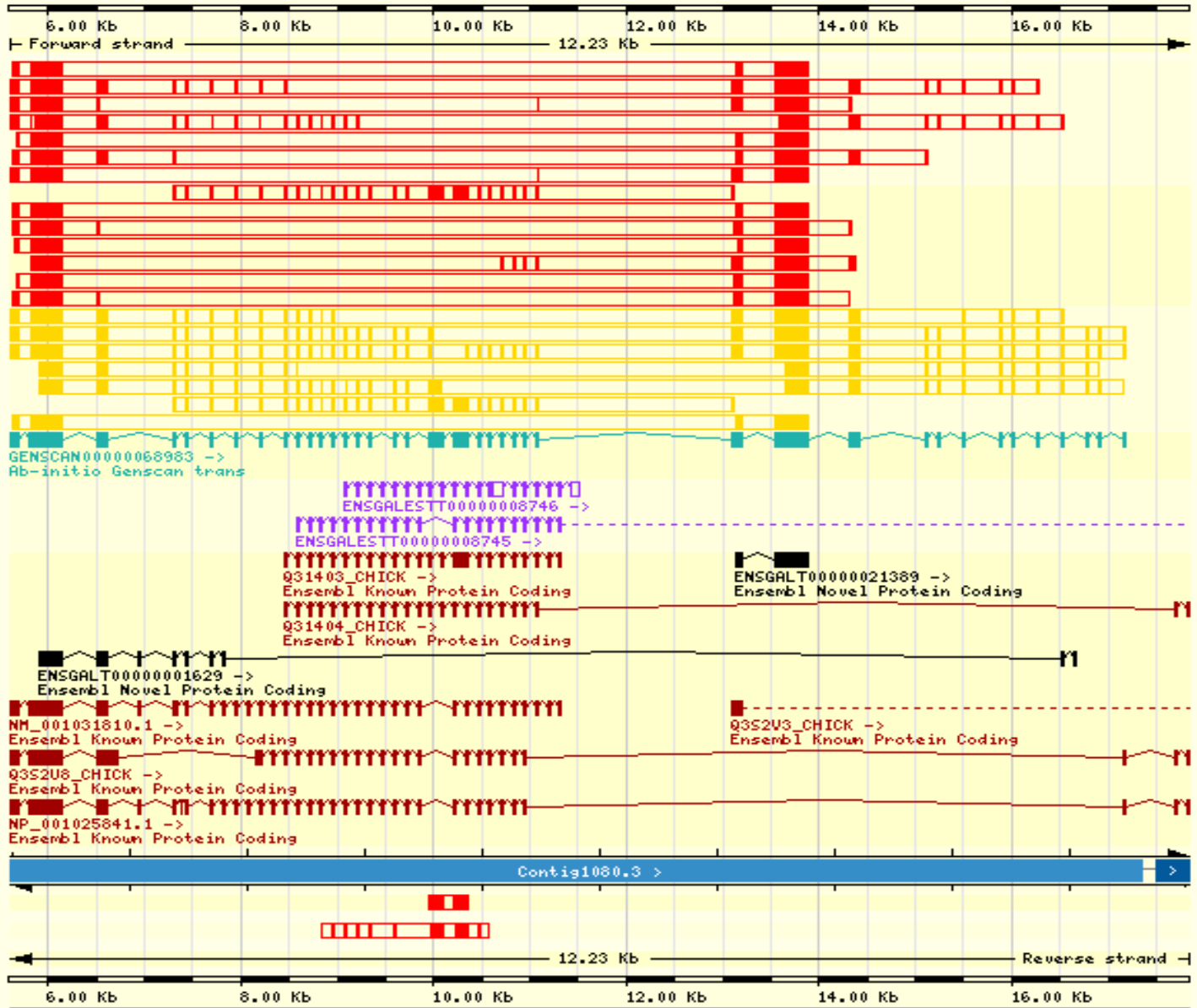
RNA gene

Ensembl Known Protein Coding

Ensembl Novel Protein Coding



Chr. 16  
Length



Gene legend

- genscan
  - EST gene
  - Ensembl Novel Protein Coding
  - Ensembl Known Protein Coding
- There are currently 37 tracks switched off, use the menus above the image to turn these on.