

Avances del Conocimiento en la Genética de la Capacidad Reproductiva del Camarón

Ana M. Ibarra Humphries



Participantes en estas investigaciones:



LA PAZ, B.C.S. MEXICO

Fisiología Reproductiva:

Ilie S. Racotta Dimitrov

Elena Palacios Mechetnov

Genética Reproductiva:

Fabiola Arcos Ortega

**Podemos iniciar
preguntandonos que se
requiere para la**

**OPTIMIZACIÓN DE LA
PRODUCCIÓN DE NAUPLIO**

EN PRIMER LUGAR:

Se requiere de la generación de un conocimiento que nos permita **ENTENDER** qué determina o predice a nivel fenotípico una

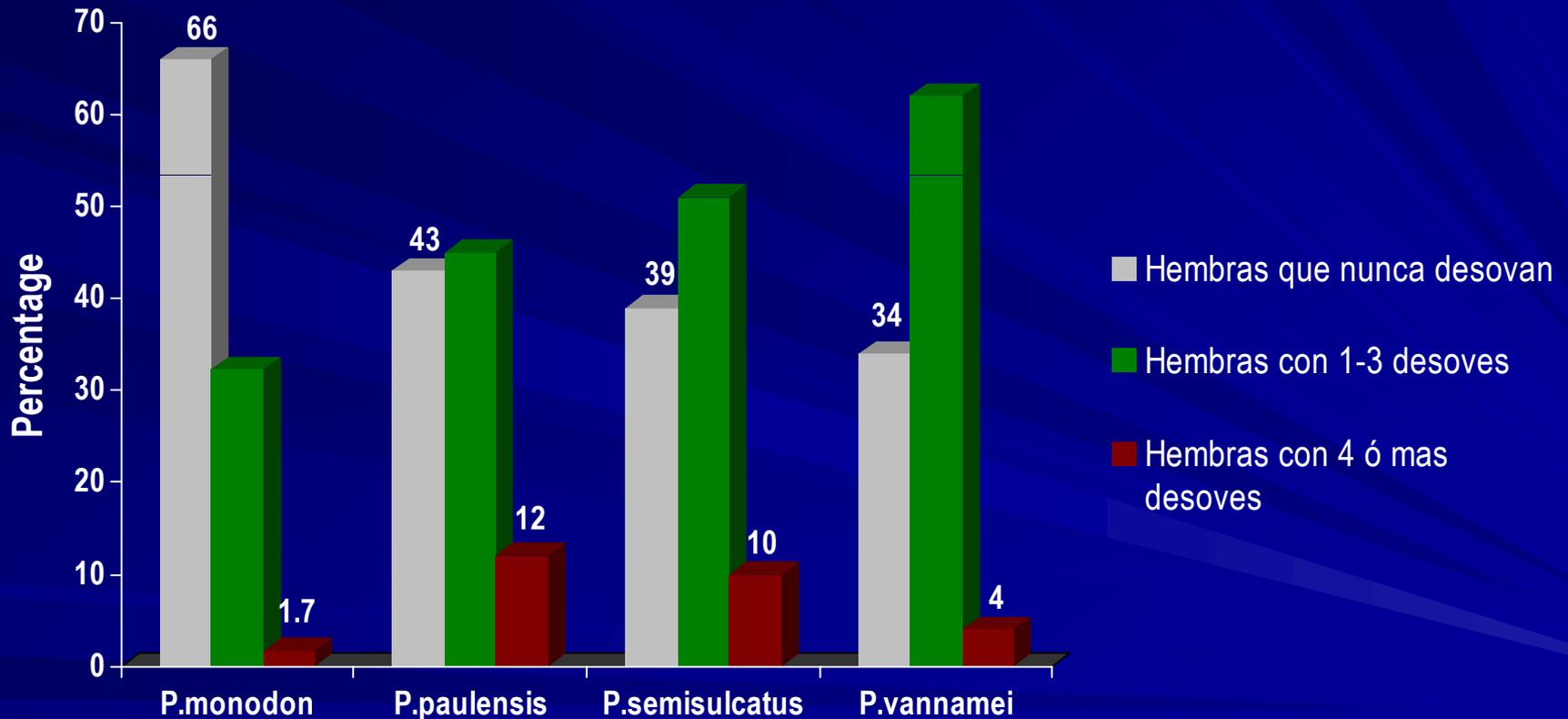
**ALTA CAPACIDAD REPRODUCTIVA DEL
CAMARÓN**

Cuando iniciamos con este trabajo interdisciplinario se pensaba que como el tiempo en piscina incrementaba, la capacidad de las hembras de camarón para producir 'larva de calidad' disminuía.



Sin embargo, también se sabía que un alto porcentaje de las hembras ablacionadas en un ciclo reproductivo nunca desovaban, mientras que otras producían de 1-3 desoves, y aun menos producían múltiples desoves.

Proporción de hembras que **no desovan**, que **producen 1-3 desoves**, y que **'desovan de 4 a más veces'**



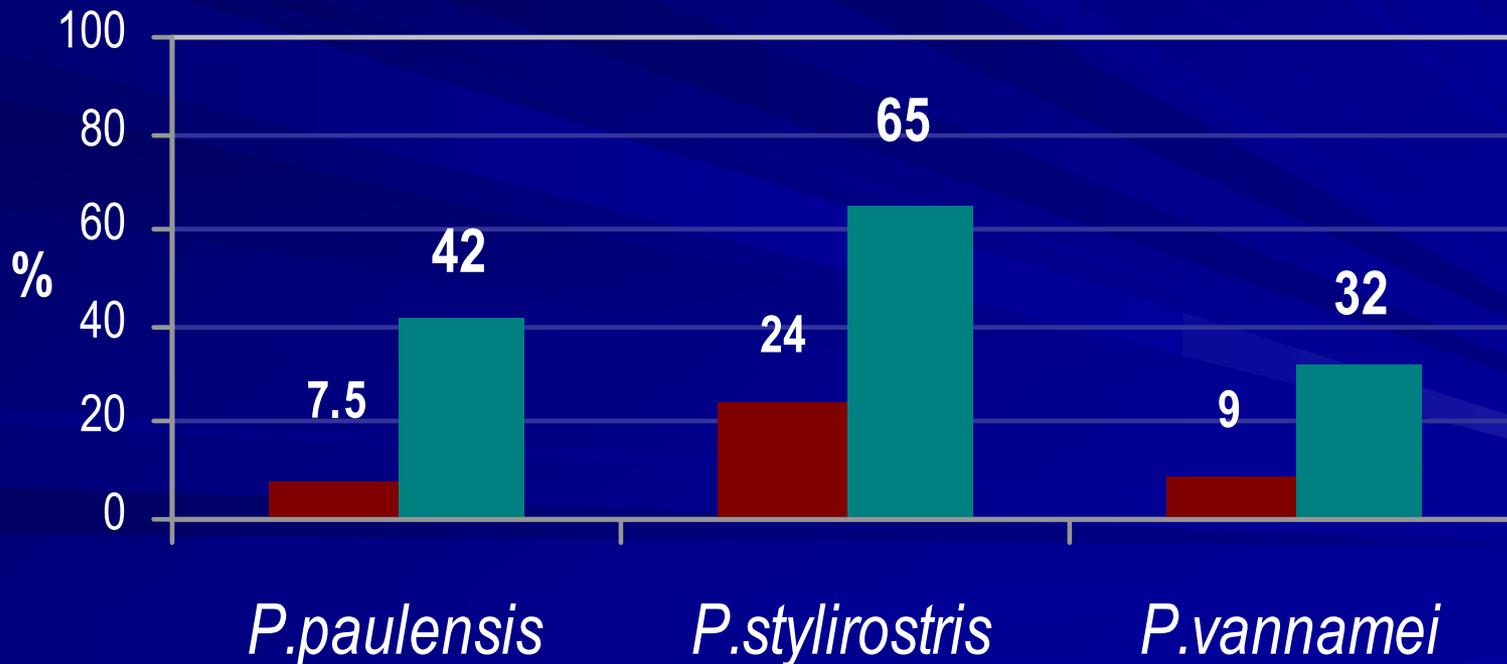
Crecidas en estanques, y evaluadas durante 60 a 100 días

Se sabía así mismo

que el bajo porcentaje de hembras que presentaban la característica de producir mas de 3 desoves

contribuían con la mayor parte del nauplio producido en laboratorios.

Contribución porcentual de las múltiples desovadoras a la producción total de nauplio



Se había sugerido

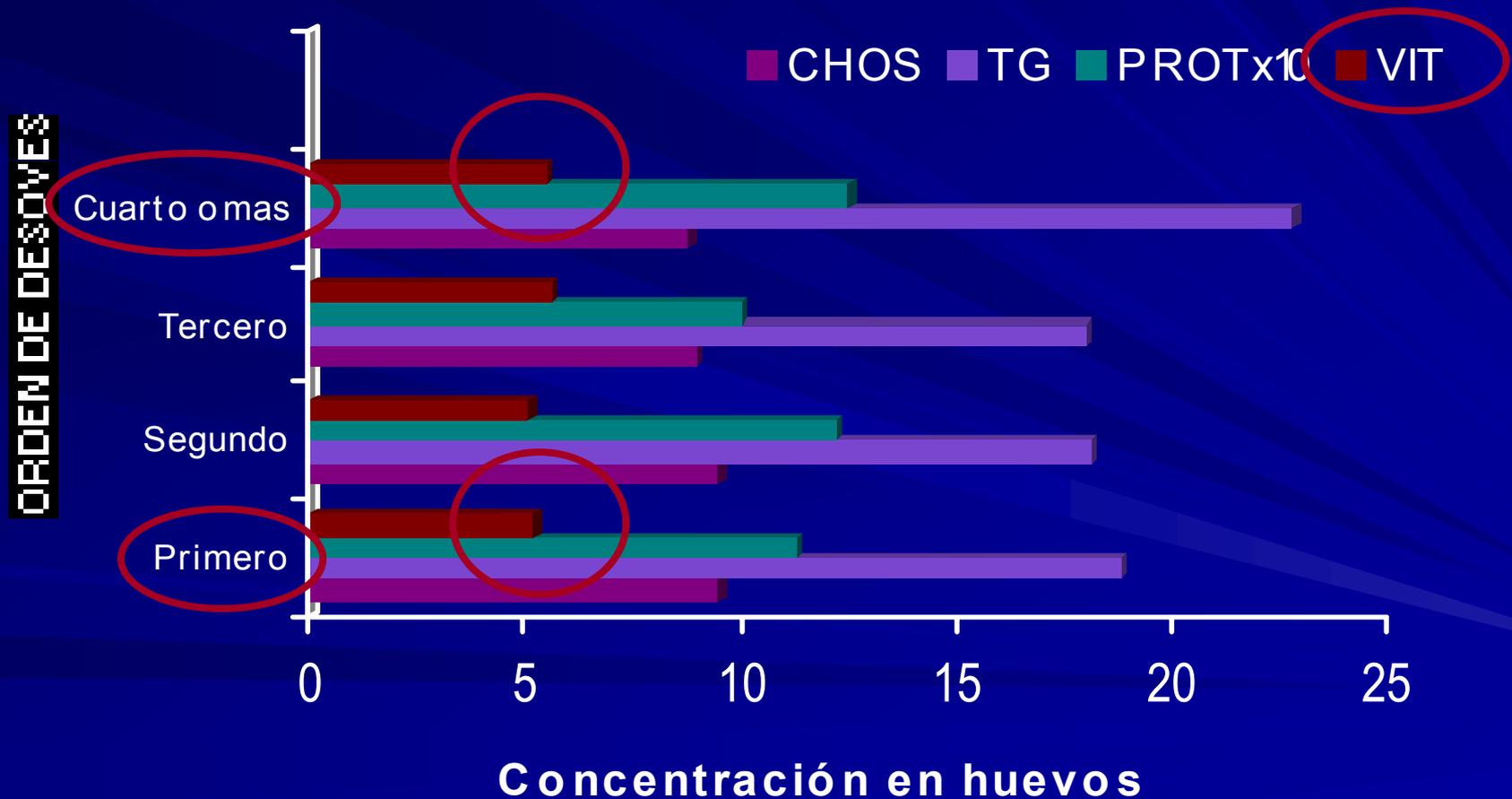
que la capacidad de desovar múltiples veces resultaba en lo denominado como **‘agotamiento reproductivo’**.

Sin embargo,

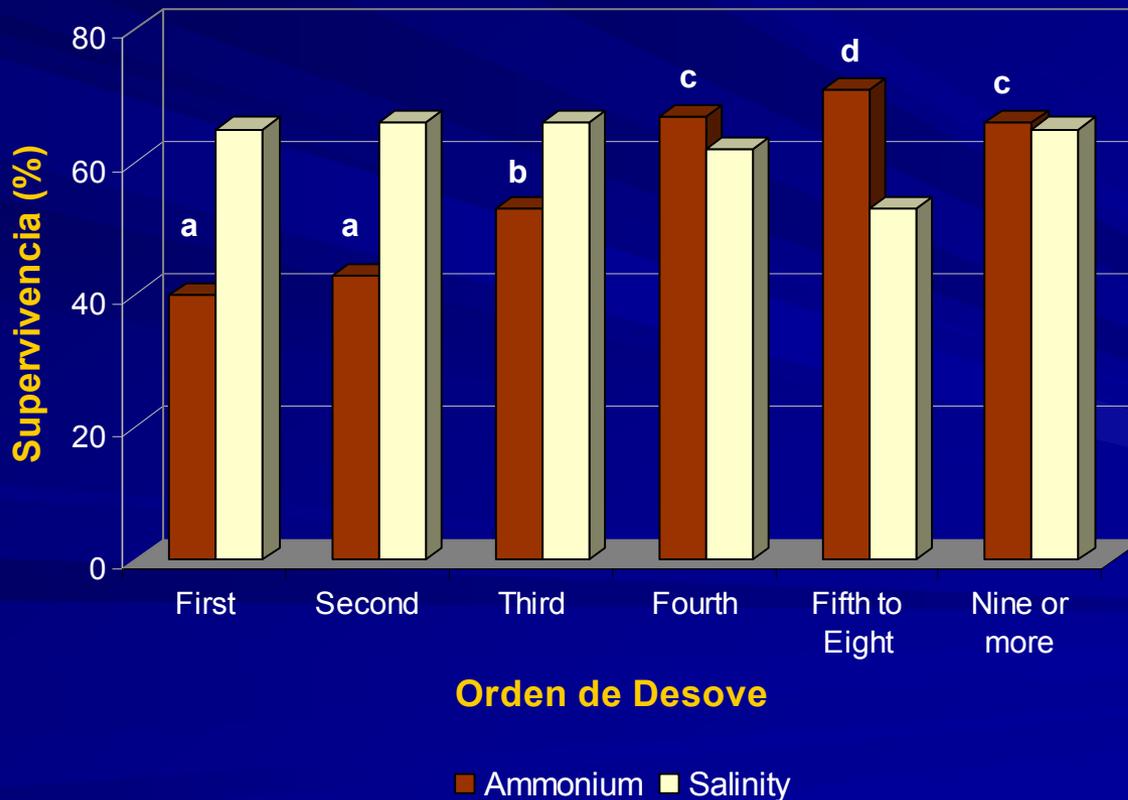
cuando el denominado ‘tiempo en piscina’ y los ‘desoves consecutivos’ pudieron ser separados para analizar sus efectos independientes,

encontramos que :

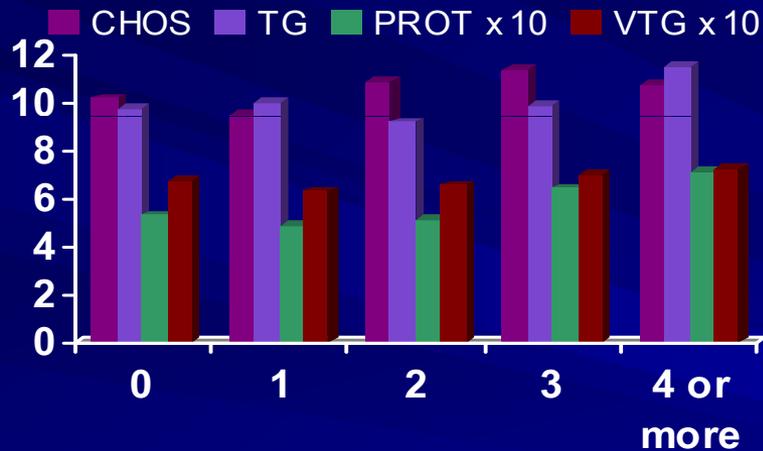
En las hembras que producen ≥ 4 desoves, **no hay un decremento** sobre la composición bioquímica de los huevos (ni de los nauplios) producidos en desoves consecutivos



Tampoco existe un efecto negativo sobre la resistencia (supervivencia) a pruebas de estrés en zoea derivada de desoves consecutivos de una misma hembra.

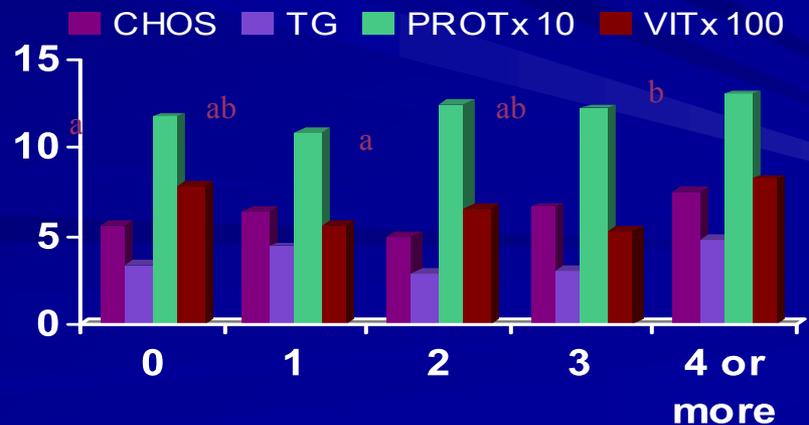


Finalmente, **no encontramos evidencia de un agotamiento reproductivo causado por el número de desoves** sobre la composición bioquímica de tejidos en hembras después de 30 d de desoves consecutivos



Hepatopancreas

Ovario



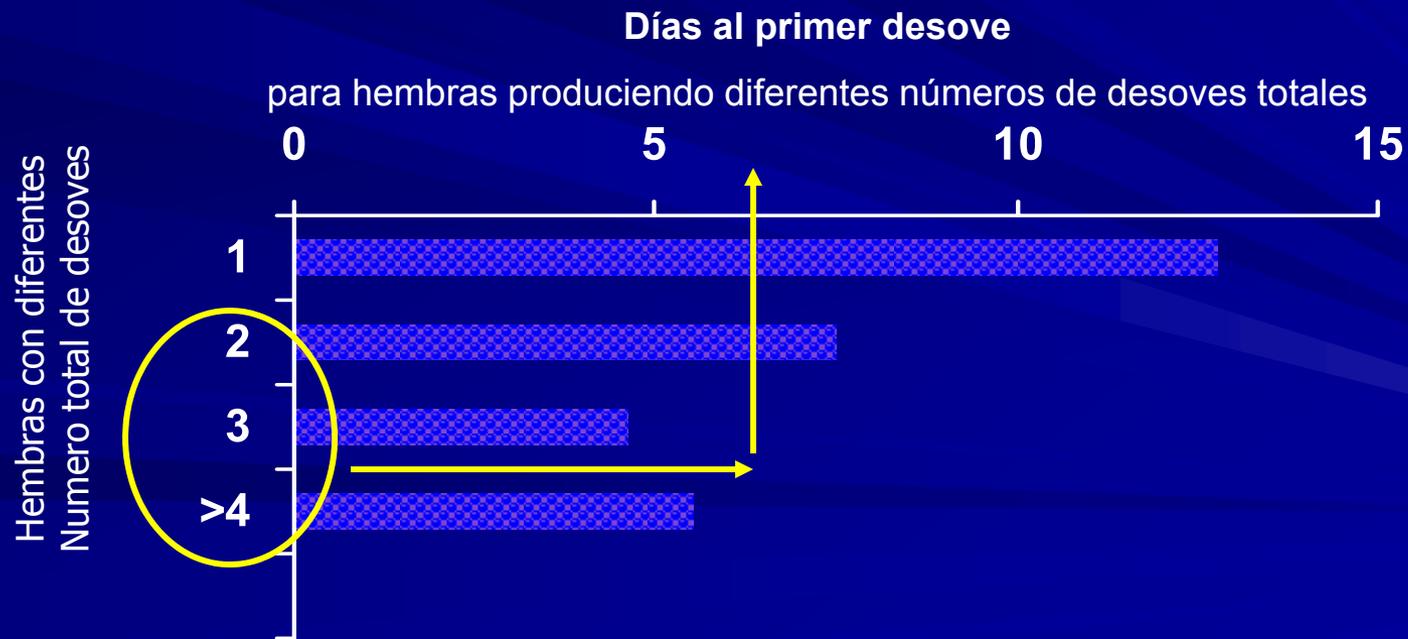
Todo lo anterior nos respondió la pregunta que se tenía en cuanto al 'agotamiento reproductivo':

No existe un agotamiento reproductivo por desoves consecutivos o número alto de desoves

La siguiente pregunta que nos planteamos fue:

Qué 'características', adicionalmente al número de desoves, están asociadas con la alta capacidad reproductiva en camarón?

Encontramos que las hembras que producirán de 2 a más desoves presentan una menor **LATENCIA** promedio a su primer desove que en las hembras que solo producen un desove



La **LATENCIA** (o días) al primer
desove
después de la ablación

constituye la segunda característica
FENOTIPICA asociada a la alta
capacidad reproductiva

También nos preguntamos:

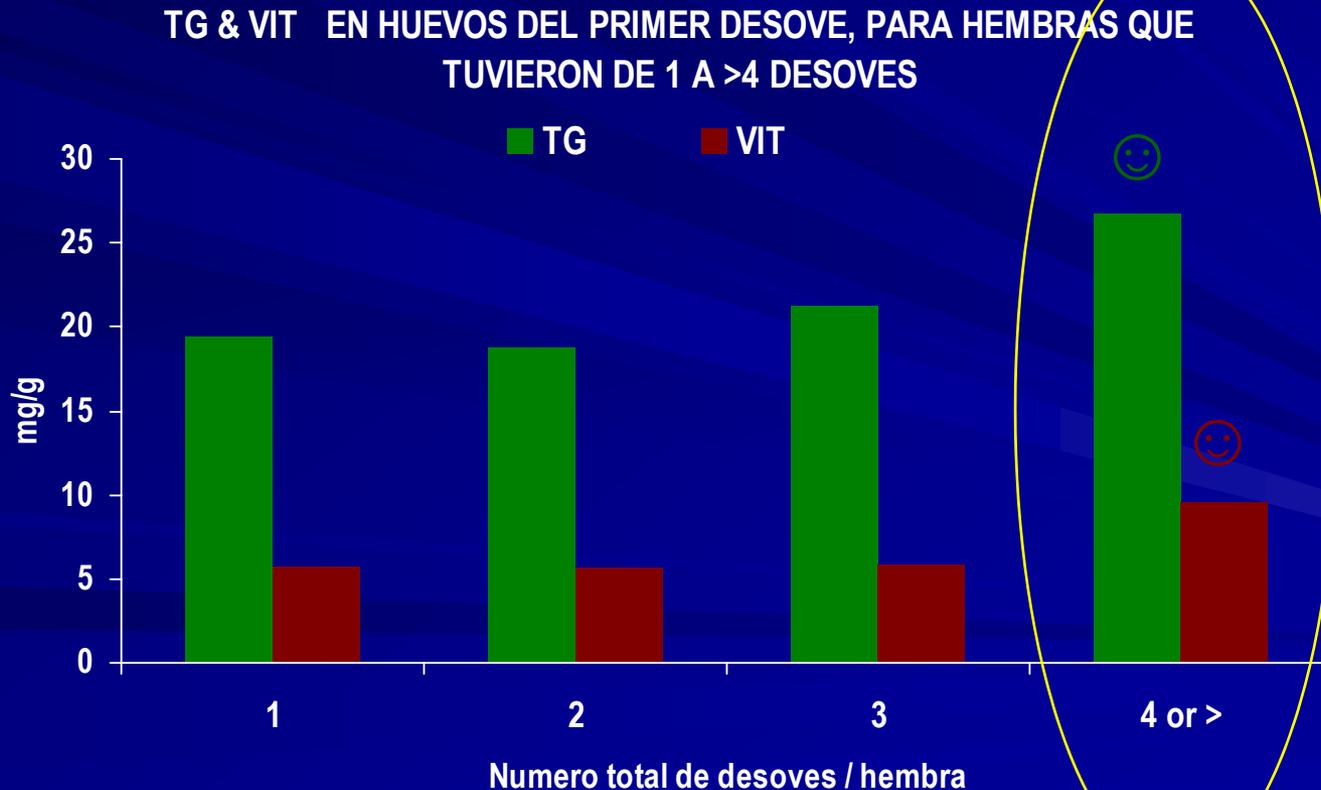
En la (sub)-población de hembras que sí desovan,

¿existen características en los huevos producidos

en el primer desove

que puedan ser utilizadas como indicadores de cuáles de esas hembras serán las múltiples desovadoras?

Encontramos que, las **hembras produciendo ≥ 4 desoves**, cuando son comparadas con hembras que producen de 1 a 3 desoves, **en su primer desove tienen mayor concentración de vitelina y triglicéridos en los huevos producidos**



Una vez definidas las características fenotípicas de la alta capacidad reproductiva

El siguiente paso fue conocer si estas tenían un componente genético significativo en la población evaluada que nos indicara si la selección permitiría mejorar tal capacidad reproductiva

Heredabilidad de la capacidad reproductiva del camarón blanco

Caracteres evaluados:

Heredabilidad (h^2):

Diametro de Huevos

0.07

Num. de Huevos en el
1er Desove

0.17

TG en Huevos del 1er
Desove

0.35

VIT en Huevos del 1er
Desove

0.47

Latencia al 1er Desove

0.54

Numero de Desoves

0.20

■ Variacion Genetica
■ Otra Variacion



Que aplicación inmediata tienen los resultados antes presentados?

¿Iniciar la selección indiscriminada por capacidad reproductiva utilizando LATENCIA y NUMERO DE DESOVES?

Definitivamente no!

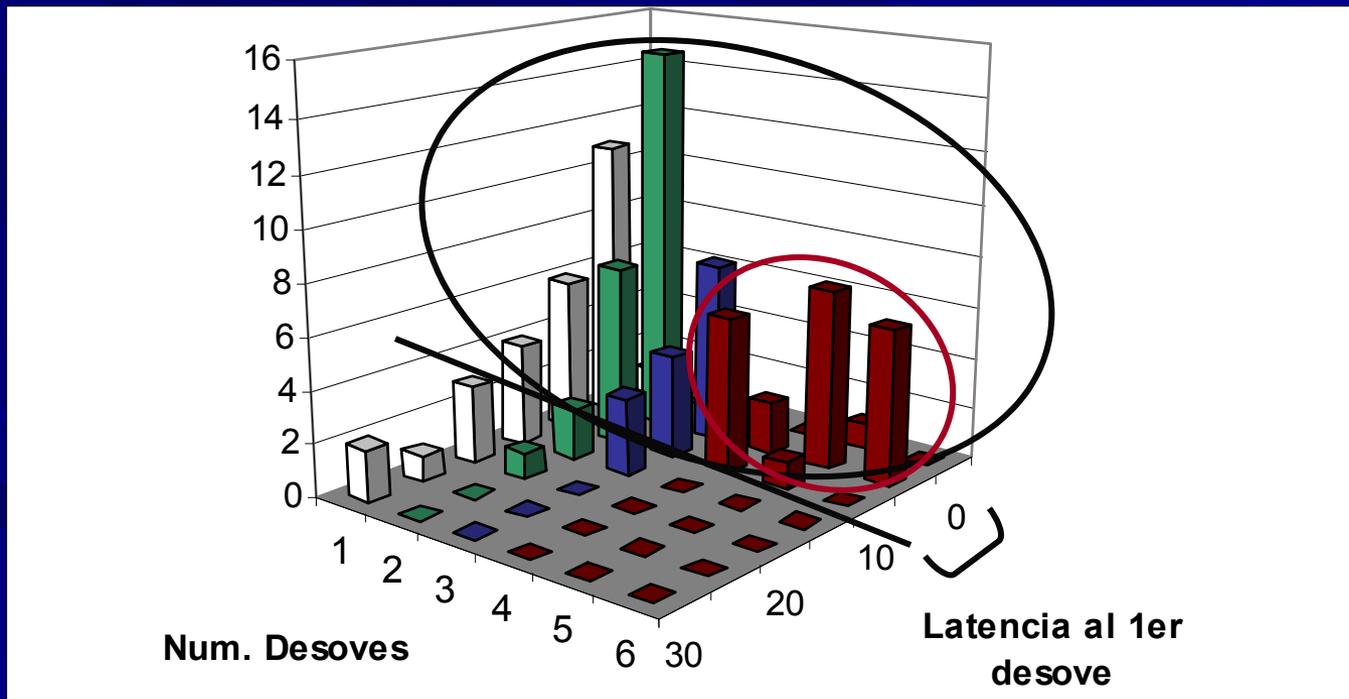
¿Por qué no seleccionar por estos caracteres?

Especialmente sin un programa de mejoramiento genético con manejo de pedigríes y control de la endogamia

Si seleccionan por hembras con corta latencia solamente, el problema no será tan grave

Pero si dentro de esas seleccionan a las múltiples desovadoras solamente,

Alcanzarán un nivel de endogamia elevado en un corto tiempo



Selección? o Desastre a corto plazo de su población en cautiverio?

Primera generación

1,000 HEMBRAS REPRODUCTORAS
NO RELACIONADAS? N=1000

CORTA LATENCIA AL PRIMER DESOVE
N=500 HEMBRAS

500 genotipos perdidos!

Cada familia tiene 3 familias con las que son medios hermanos

>4 DESOVES EN 1 MES
N=50 HEMBRAS
(DEJAN 150-200 FAMILIAS)

450 genotipos perdidos!

Segunda generación

1,000 HEMBRAS REPRODUCTORAS
Relacionadas entre ellas (y ellos)

CORTA LATENCIA AL PRIMER DESOVE
N=500 HEMBRAS?
No! Ne=50

>4 DESOVES EN 1 MES
N=50 HEMBRAS
Con F=0, Ne=5!!!

EL NUMERO EFECTIVO ES REDUCIDO AUN MAS DRASTICAMENTE PARA LA SEGUNDA GENERACION!!!

Endogamia – Depresión Endogámica!

Tiene aplicación a mediano-largo
plazo?

SI LA TIENE

Pero solamente

En un programa de mejoramiento genético
sistemático, para el cual
exista un manejo de pedigríes y control de
la endogamia

Entonces, qué puede hacer un
productor de nauplio en este
momento ?



Hemos visto que hasta aquí, tuvimos
que esperar a que las hembras
desovaran para evaluar su capacidad
reproductiva

*Donde mas podemos buscar
indicadores predictivos de la alta
capacidad reproductiva en hembras de
camarón?*

ESTO ES,

Si pudiésemos definir alguna característica que nos permita identificar a las hembras con alta capacidad reproductiva en talla adulta, pero

ANTES DE ABLACIONAR A TODAS LAS HEMBRAS,

Reduciríamos el número de hembras a introducir a tanques de maduración,

y podríamos implementar un programa de mejoramiento genético

que incluya simultáneamente no sólo la alta capacidad reproductiva del camarón,

sino también su crecimiento.

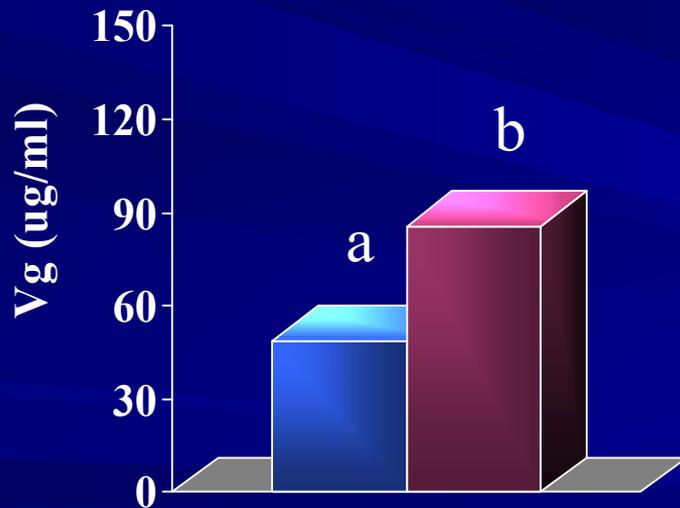
NOS PREGUNTAMOS ENTONCES:

¿Por qué las hembras con un mayor número de desoves tienen mayor concentración de vitelina y triglicéridos en los huevos producidos en el primer desove?

¿Producen mayor cantidad de la VITELOGENINA que es transferida a los huevos?

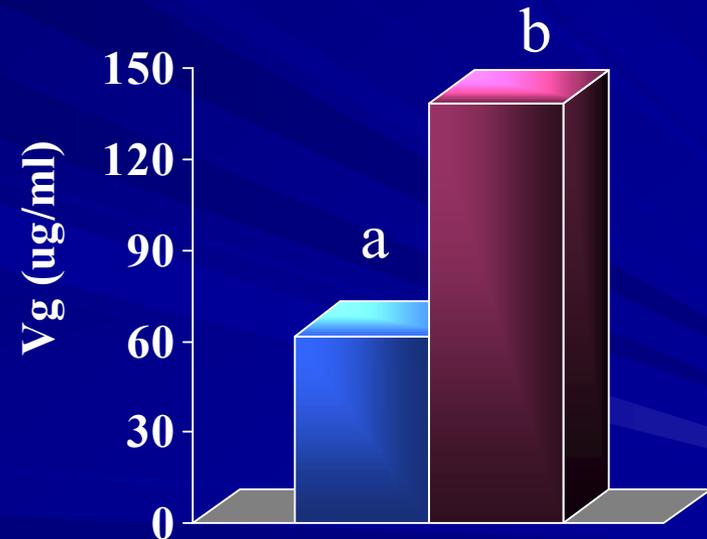
Niveles de VITELOGENINA en HEMOLINFA de hembras que maduran y que no maduran, antes y después de la ablación

Pre-ablacion



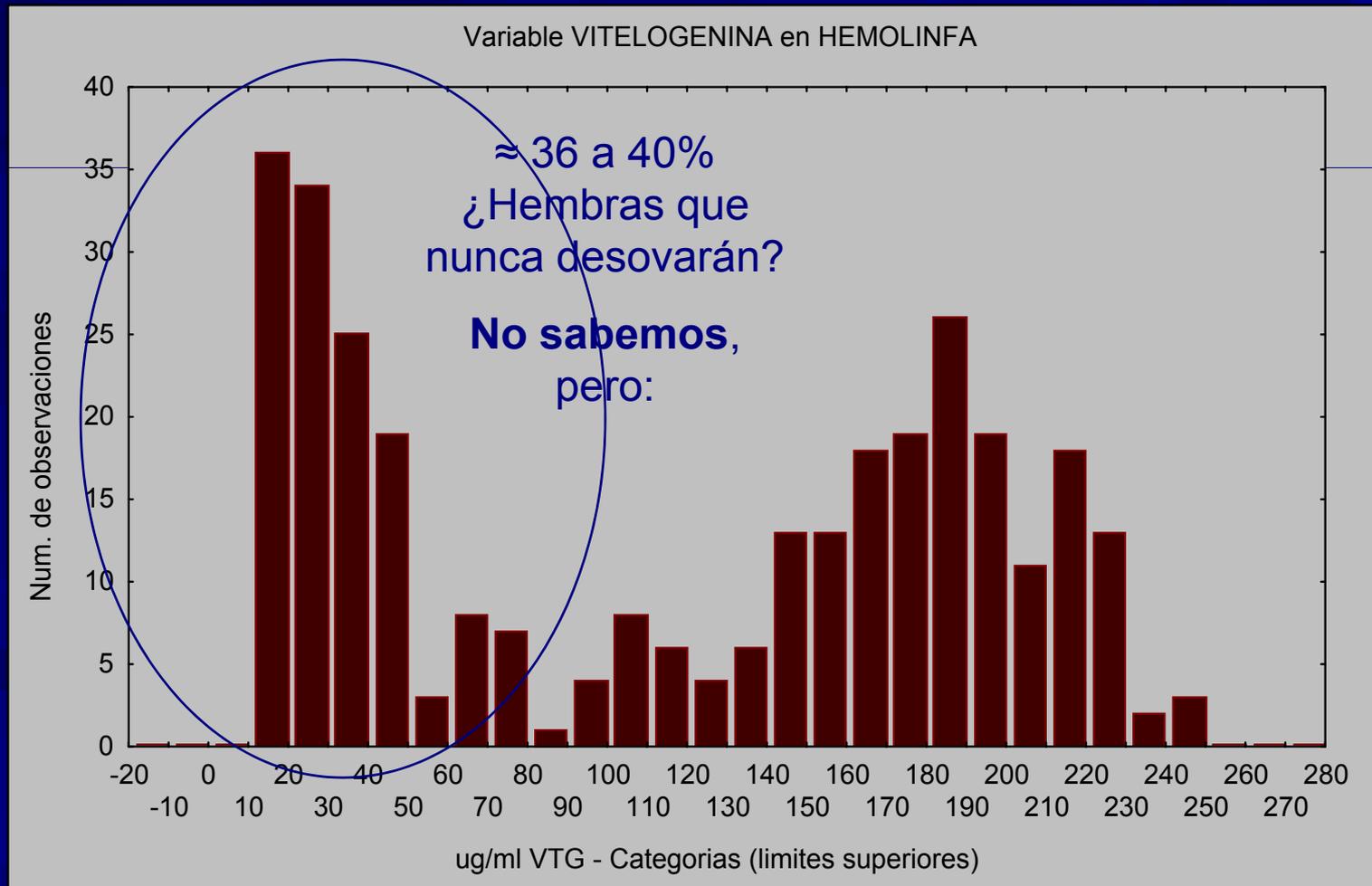
■ No maduran ■ Maduran

Post-ablacion

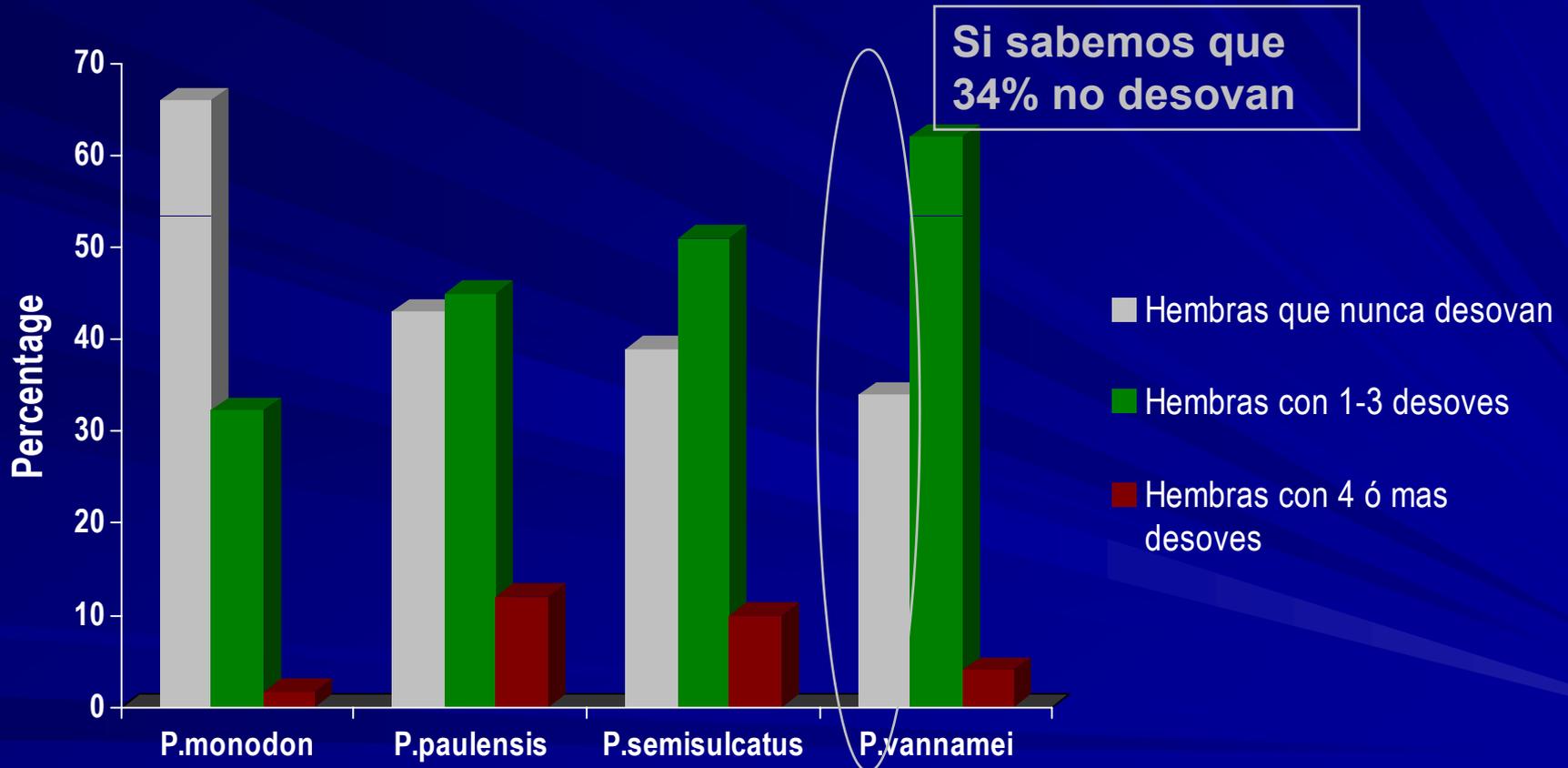


■ Inmaduras ■ Maduras

Nos preguntamos: que nos dice la variación fenotípica en vitelogenina en el camarón blanco?



Proporción de hembras que no desovan, que producen 1-3 desoves, y que 'desovan mas de 3 veces'



Crecidas en estanques, y evaluadas durante 60 a 100 días

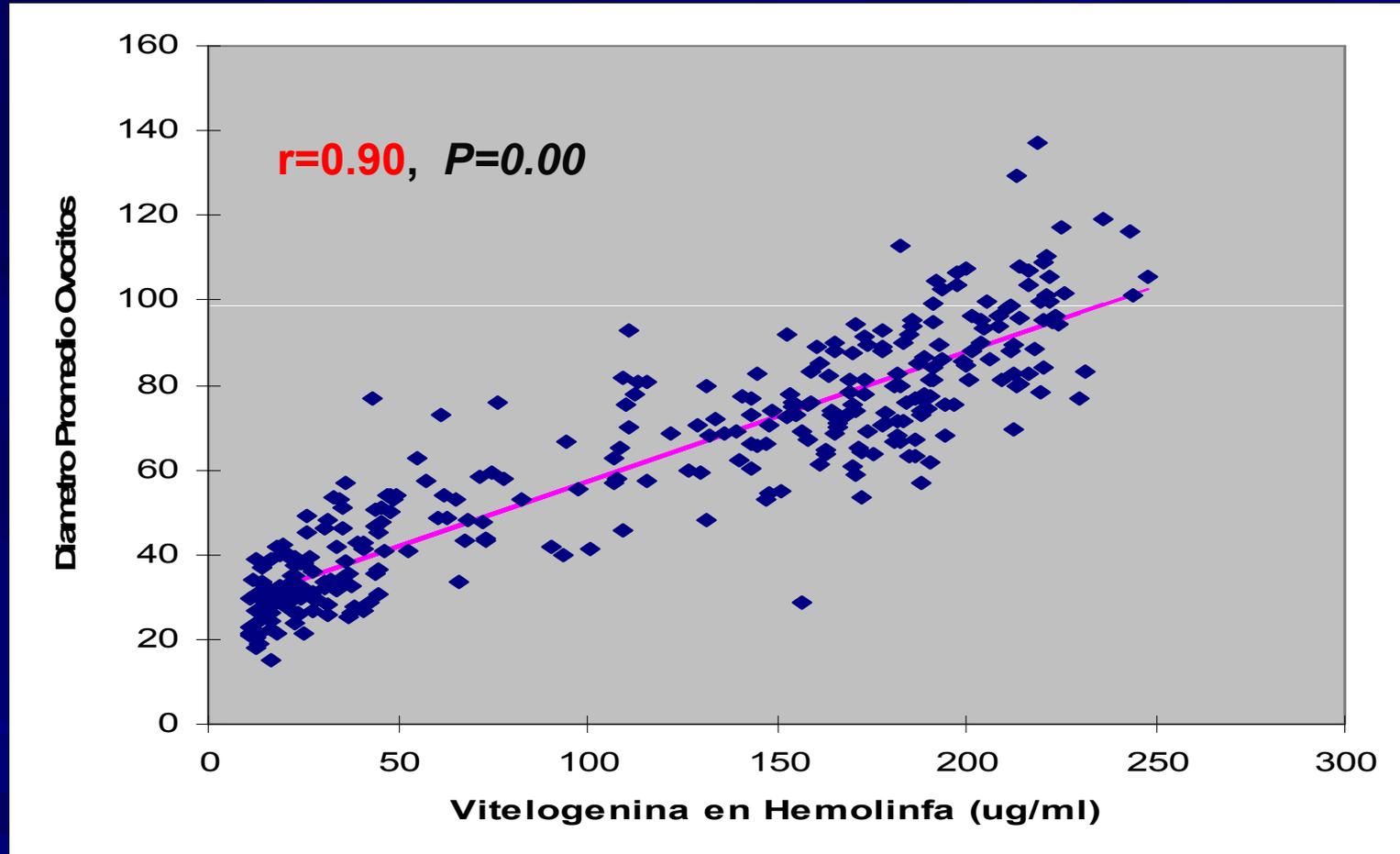
Como se asocia
la concentración de VTG en
hemolinfa de cada hembra adulta,

con por ejemplo,

Su grado de madurez gonádica

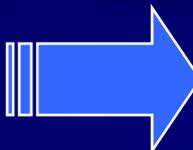
Evaluado como diámetro promedio de
ovocitos, num. de ovocitos, o área total
de ovocitos en la gónada?

VTG en hemolinfa : Diámetro de sus Ovocitos (Hembras NO ablacionadas)



A mayor **Diámetro Promedio de Ovocitos**, mayor desarrollo gonádico ya que los ovocitos mas grandes son los mas avanzados en desarrollo.

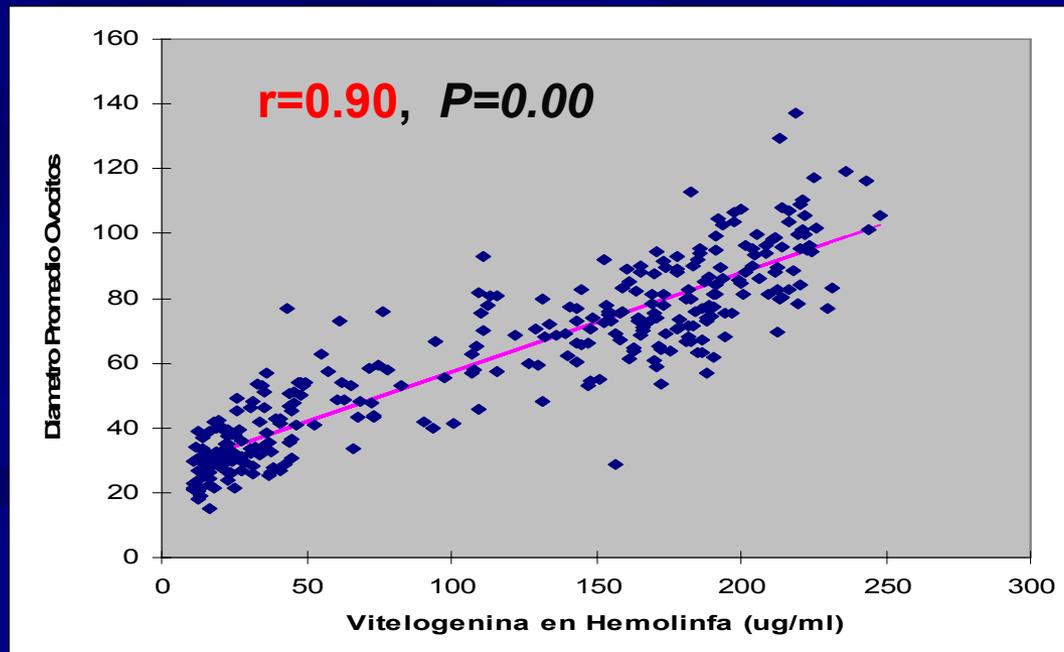
Es el contenido de vitelogenina en la hemolinfa de hembras adultas heredable como para poder seleccionar sobre este caracter?



Sí, tiene una heredabilidad de 0.28 ± 0.12

En hembras Adultas

La concentración de **VITELOGENINA** en hemolinfa de hembras antes de ser ablacionadas **predice** el grado de madurez gonádica de cada hembra, evidenciado por:



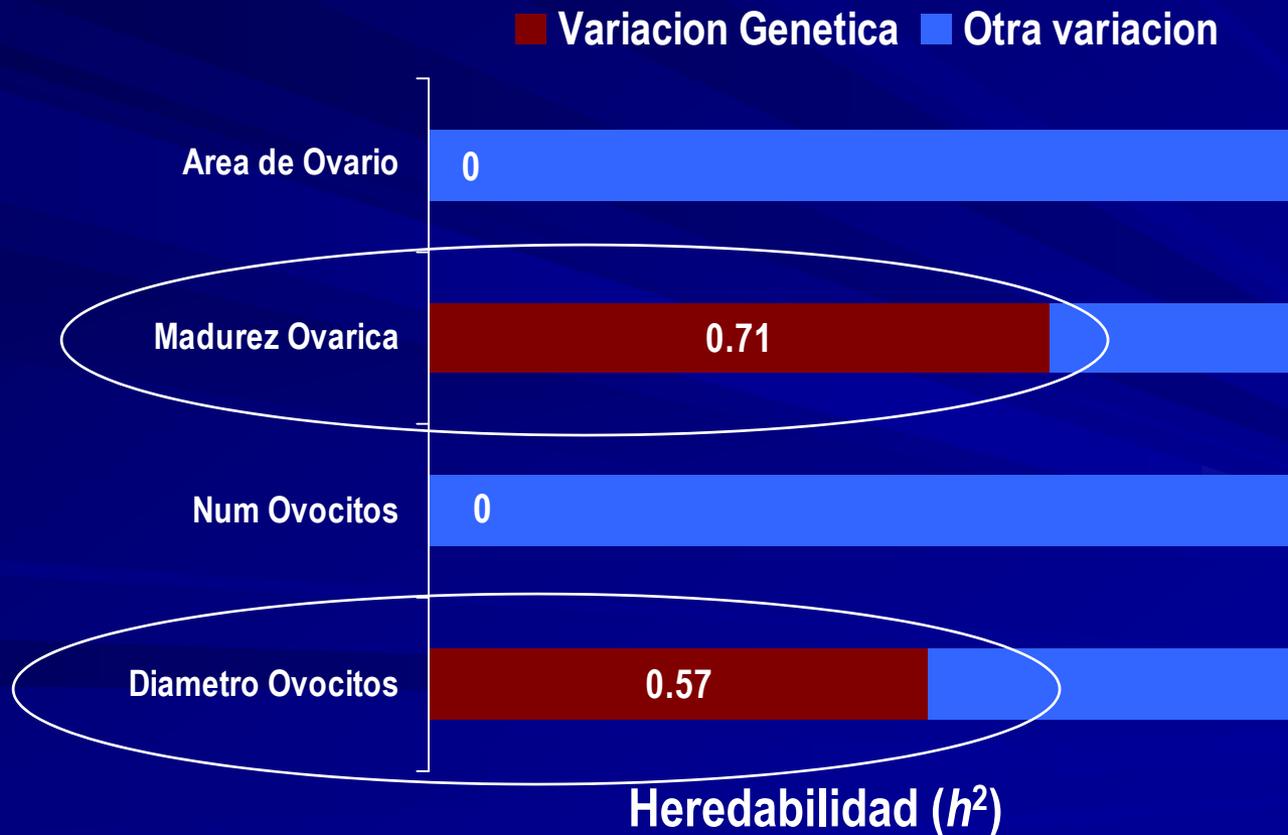
Como se asocia esto

con resultados previos

de determinación genética de
características reproductivas pero en

hembras subadultas?

Primero, es importante señalar que **el estadio de desarrollo gonádico en hembras SUBADULTAS** tiene altas heredabilidades



Segundo,

también es importante preguntarnos si

**el estadio de desarrollo gonádico en
hembras SUBADULTAS**

**está correlacionado genéticamente
con la capacidad reproductiva en
hembras ADULTAS**

SI. El avance reproductivo en hembras juveniles se correlaciona con la capacidad reproductiva de sus hermanas adultas

**Hembras 18 g
SUBADULTAS**

A mayor **Diámetro de ovocitos** y de **Madurez Gonádica** en la gónada de hembras **SUBADULTAS:**

**Hembras >35 g ADULTAS
(hermanas de subadultas)**

Mayor **NUMERO DE DESOVES**

Mayor **NUMERO DE HUEVOS**

Menor **LATENCIA o DIAS AL PRIMER DESOVE**

Esto nos dice que:

El desempeño reproductivo del camarón
se establece en, y desde,
etapas tempranas del desarrollo
gonádico

Las **hermanas** de hembras con mayor
grado de madurez temprana en
subadultas serán las de mayor
capacidad reproductiva en adultas

Que aplicación tiene el conocimiento generado a la fecha para el mejoramiento genético del camarón?

Presente del Mejoramiento Genético del Crecimiento y la Capacidad Reproductiva del Camarón

Índice de Selección =
'EBV' = VRE
El *Valor Reproductivo*
del Animal estará dado por:

Que 'tan bueno' es un animal para lo que queremos que sea bueno, de forma que le permitamos reproducirse

b [VTG en Hemolinfa]
Antes de Ablación

+

b [PESO]

Que alternativas adicionales existen para ser **APLICADAS** en el Mejoramiento Genético de la Capacidad Reproductiva del Camarón?

¿La **GENÓMICA** de la Capacidad Reproductiva del Camarón?

**No hoy, No en el PRESENTE, pero
probablemente Sí en el FUTURO**

**NO puede ser aplicada ya que
aun está en etapa de investigación**

Investigación aun requerida en **GENÓMICA** de la Capacidad Reproductiva del Camarón

GENÓMICA ESTRUCTURAL

1. Desarrollo de marcadores moleculares codominantes en números acordes al tamaño del genoma del camarón
2. Obtener mapas genéticos de ligamiento de alta densidad con marcadores codominantes

Y CON LO ANTERIOR:

3. Identificación de QTLs=loci de caracteres cuantitativos asociados a la alta capacidad reproductiva

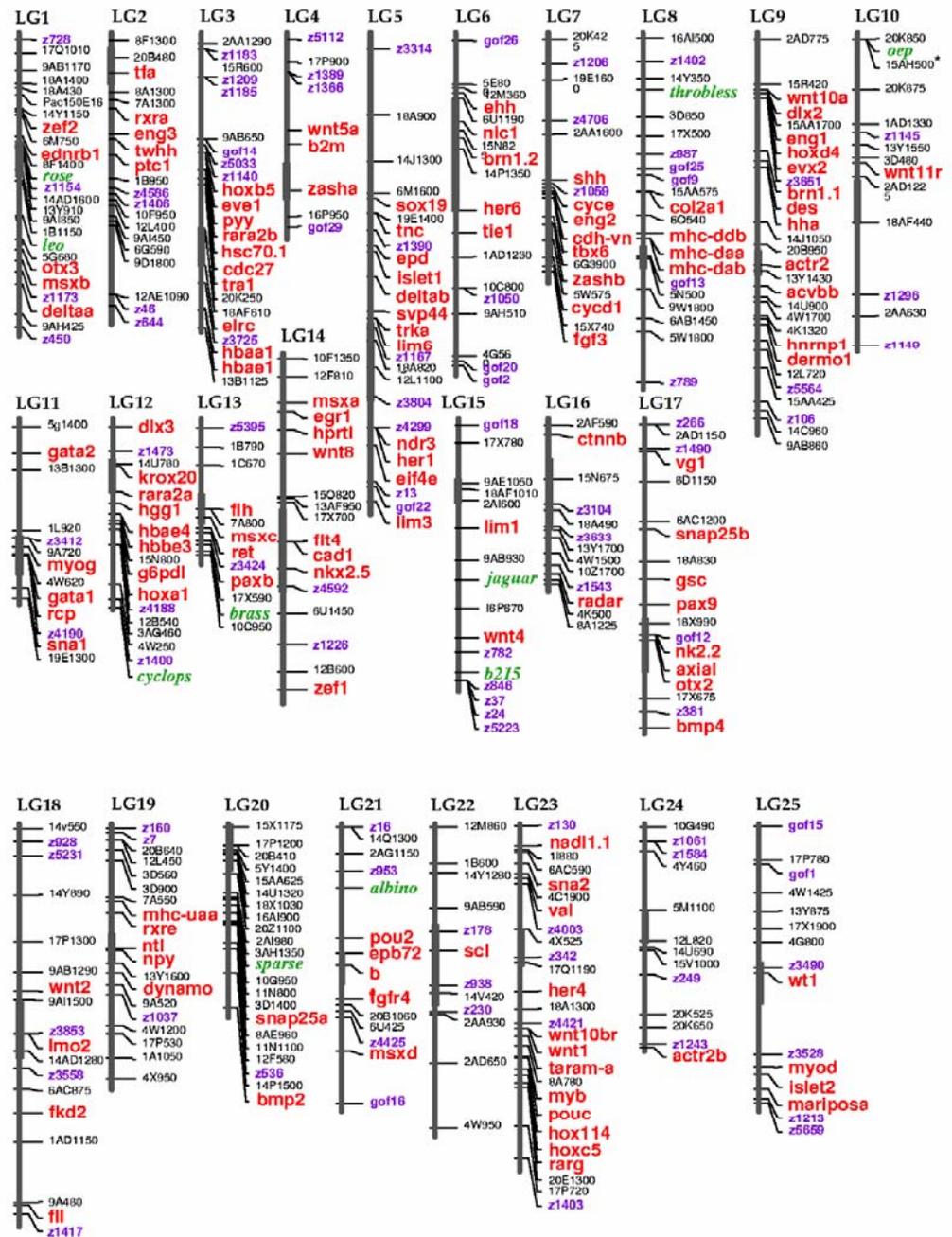
¿Mapas genéticos de
ligamiento?

MAPA DE LIGAMIENTO DEL GENOMA DEL PEZ CEBRA

(zebrafish.stanford.edu)

Los LG=grupos de ligamiento son cada uno de los cromosomas del pez cebra. En cada uno de ellos se han identificado marcadores genéticos localizados a diferentes distancias uno de otro.

A menor distancia entre *marcadores*, mayor probabilidad de localizar QTLs



MAPA DE LIGAMIENTO y LOCALIZACIÓN DE LOCI DE CARACTERES CUANTITATIVOS: QTLs PRODUCTIVOS

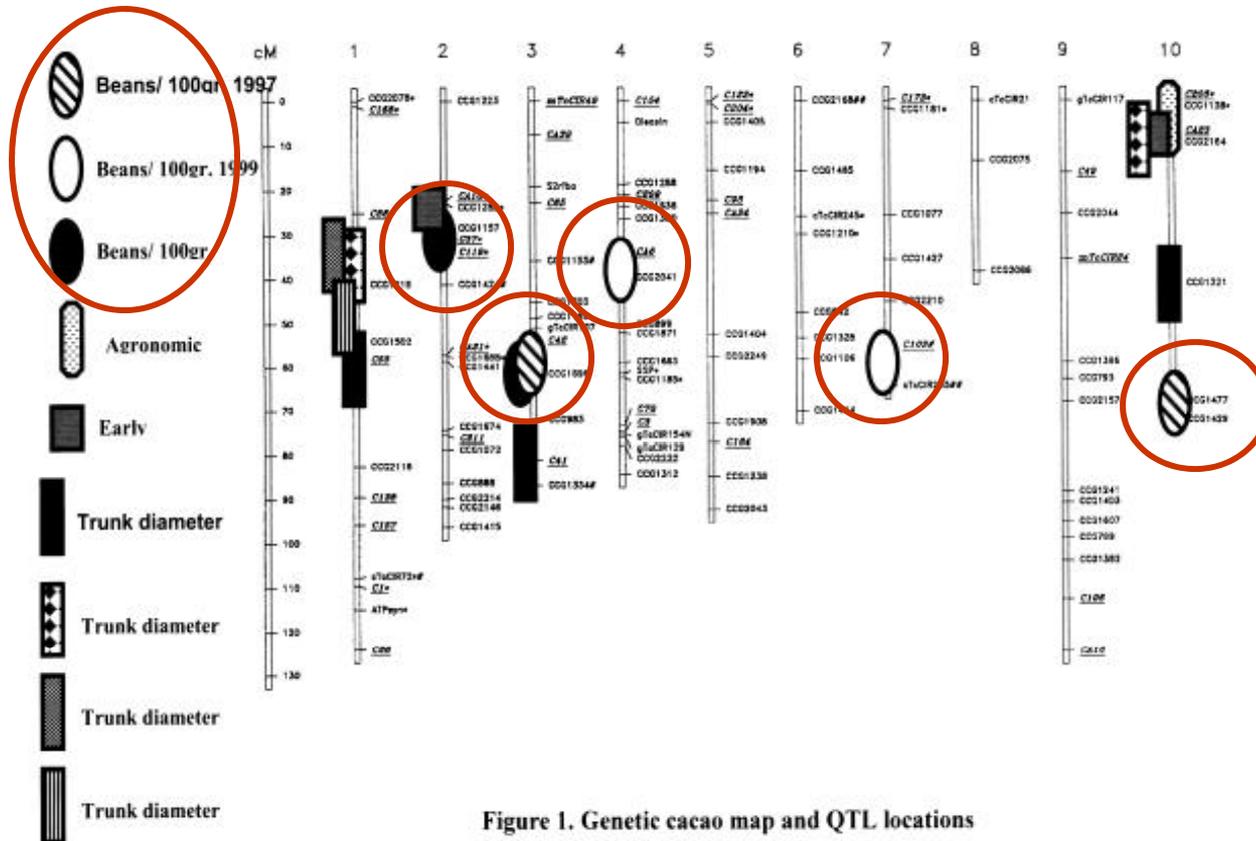


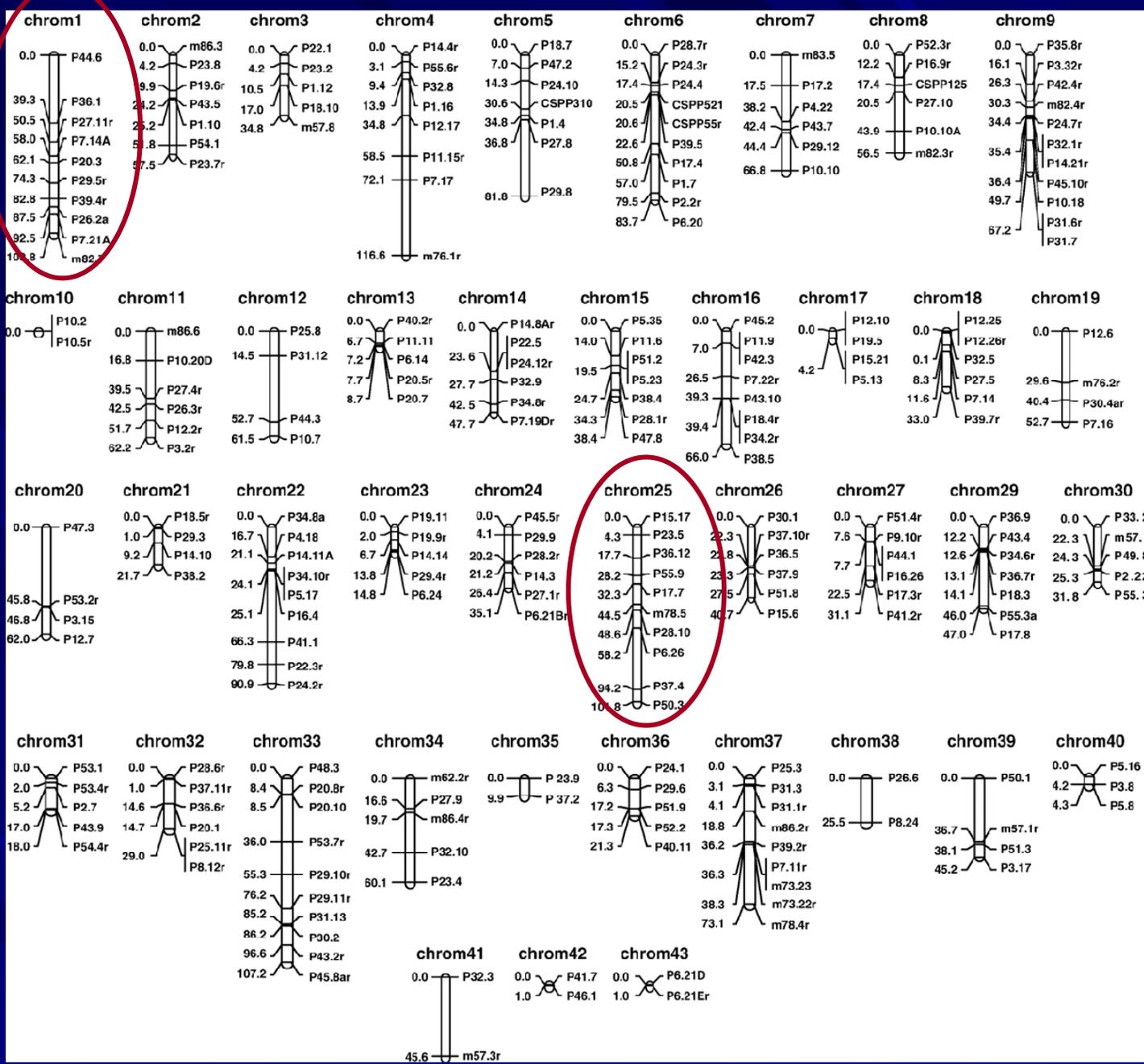
Figure 1. Genetic cacao map and QTL locations

Genetic distances (cM) are indicated on the left of the figure. The 35 microsatellites loci are underlined. Loci order with ripple value ≤ -2 are highlighted by the symbol *, and markers showing skewed segregation at $p=0.05$ and $p=0.01$ were indicated by symbols # or ##, respectively. QTL (LOD > 2) are located on the linkage groups by the different symbols shown at the edge of this figure.

¿Existen Mapas Genéticos de
Ligamiento

y han sido identificados en ellos
QTLs=Loci de caracteres
cuantitativos

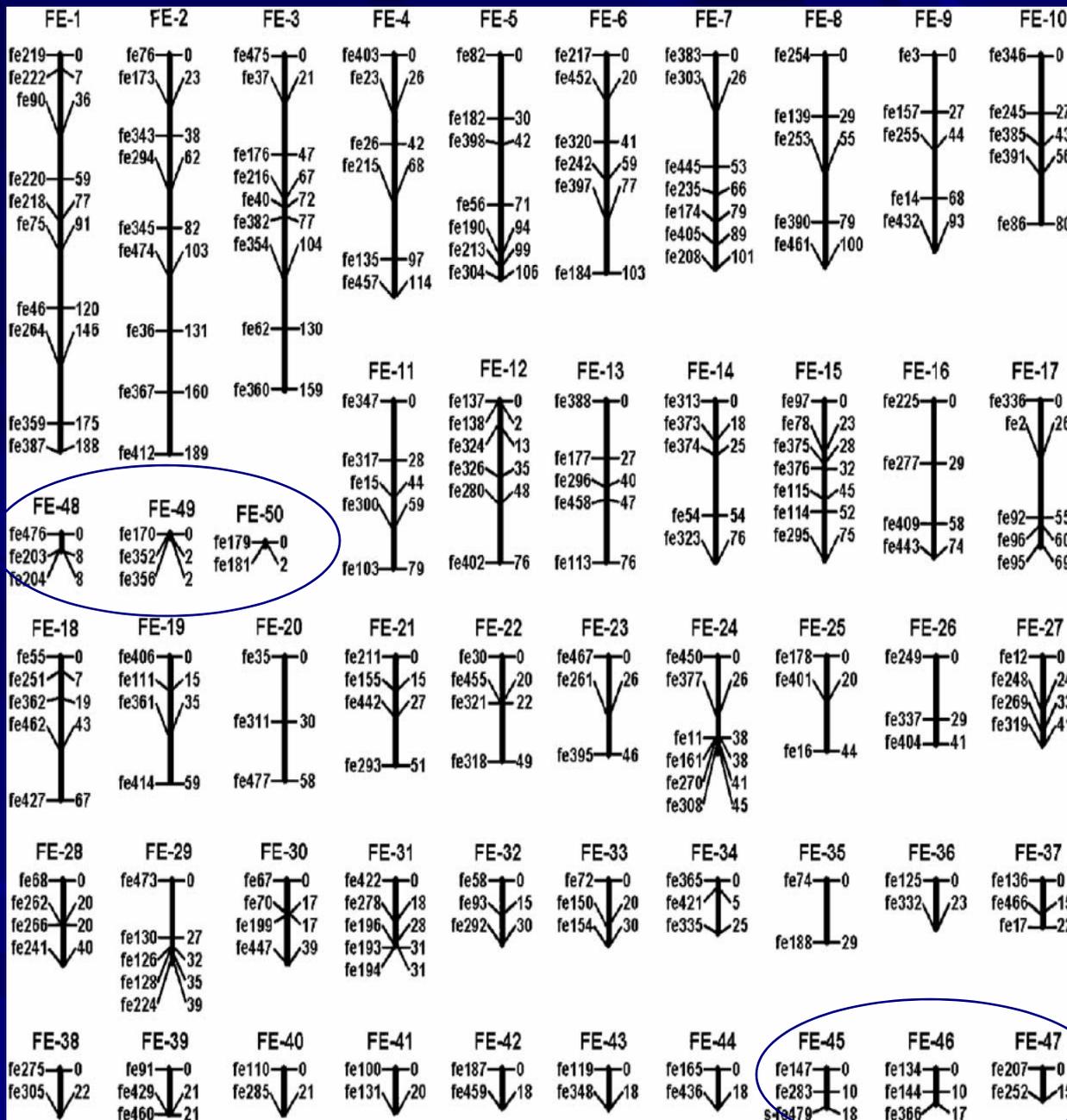
en Camarón?



Penaeus japonicus

QTLs
Longitud total
y largo
cefalotórax

Penaeus vannamei



QTLs?
Aun no

MAPA INCOMPLETO EN
'ANCLAJE' DE
MARCADORES, YA
QUE SE ESPERAN 44
GRUPOS DE
LIGAMIENTO (no 50)
CON BASE EN EL
CARIOTIPO DE ESTA
ESPECIE

¿APLICACIÓN de la **GENÓMICA** de la Capacidad Reproductiva del **Camarón Blanco?**

MAÑANA quizás SÍ, aunque dependerá de:
La identificación de QTLs asociados a la alta capacidad
reproductiva, y
del costo vs. el beneficio estimado al aplicarlo.

¿Existen QTLs asociados a capacidad reproductiva en otros animales?

SÍ, Y ALGUNOS EJEMPLOS SON:

- ✓ Salmónidos: QTLs para número de días a ovulación (*spawning date*)
- ✓ Drosophila = mosca de la fruta: QTL para número de ovariolos
- ✓ Puercos: QTL=Gen mayor=gen del receptor de estrógeno que afecta directamente el tamaño de camada

Lo anterior nos indica que
es altamente probable el que
encontremos QTLs en camarón
asociados a la alta capacidad
reproductiva

Cuando podamos hacer tal análisis

Presencia de **QTLs a evaluar** para su aplicación en el mejoramiento genético de la capacidad reproductiva a través de MAS

En Hembras adultas

- Latencia, o días al primer desove
 - Número de desoves
- Cantidad de vitelogenina en hemolinfa y ovarios

En Hembras juveniles - subadultas

- Diámetro de ovocitos en hembras juveniles – y adultas
- Cantidad de vitelogenina en hemolinfa y ovarios de hembras subadultas

Mejoramiento Genético

Volviendo al Presente



Ya que se encuentren, o defina la existencia de QTLs, como cambia este esquema?

Esto es, se podrá decir que ahora ya el Mejoramiento Genético es Arcaico y que un marcador molecular lo hará todo?

No, solo aquel que no sabe nada de genética y mejoramiento animal, y especialmente de procesos de acumulación de endogamia diría esto!

Mejoramiento Genético

Futuro

Núcleo de Mejoramiento
Genético

Información animales en
producción

Desempeño Pedigrís **Genotipificación**

Desempeño

Evaluación para la Selección
- **MBLUP** -

Estimación de los Valores
Reproductivos : **qtl** + EBVs

‘Selección por Índice **Asistida por Marcadores**’ $I = b(\text{qtl}) + \text{EBV}$

Gracias por su atención!