



**AVANCES PROGRAMA
NACIONAL PARA EL
MEJORAMIENTO GENETICO DE
LA TILAPIA NILOTICA
(*Oreochromis niloticus*) POR
MEDIO DE LA SELECCION
COMBINADA**

Estrategias de Mejoramiento



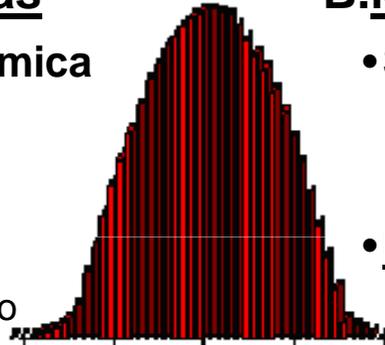
A. Estrategias genómicas

• Manipulación cromosómica

- Polyploidia
- Reversión sexual

• Transgenesis “OGM”

- Hormonas de crecimiento
- Tolerancias al frío



B. Mejoramiento “convencional”

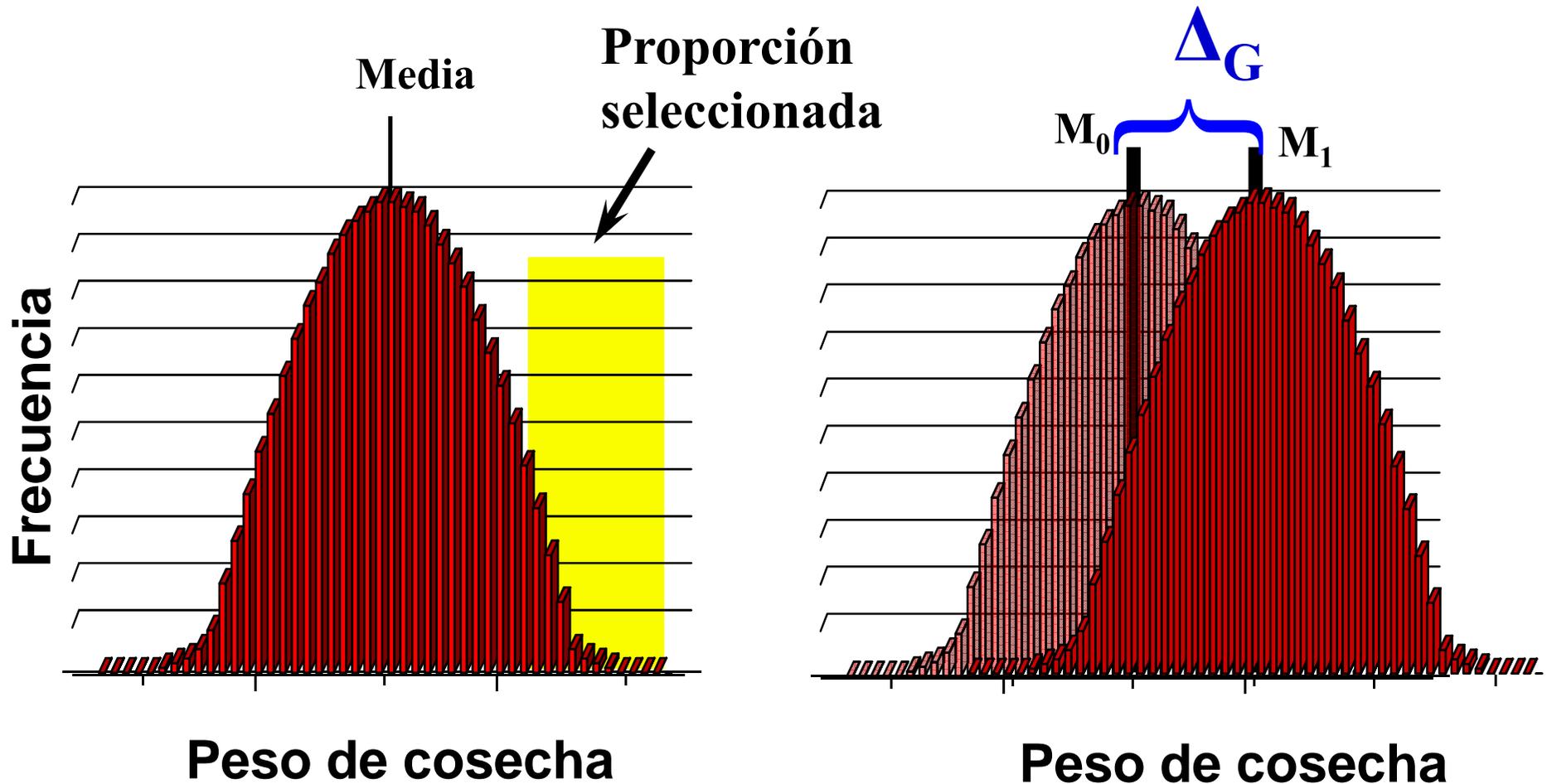
• Selección

- Variabilidad genética aditiva

• Entrecruzamientos

- Variabilidad genética no aditiva
- Efectos de combinación de genes

Principios de selección





Heredabilidad

$$\text{Heredabilidad } (h^2) = VA / VP$$

Heredabilidades entre 0 y 0.10 bajas
entre 0.10 y 0.30 medias
arriba de 0.30 altas



Predicción de la ganancia genética

La ganancia genética anual esta dada de forma proporcional por:

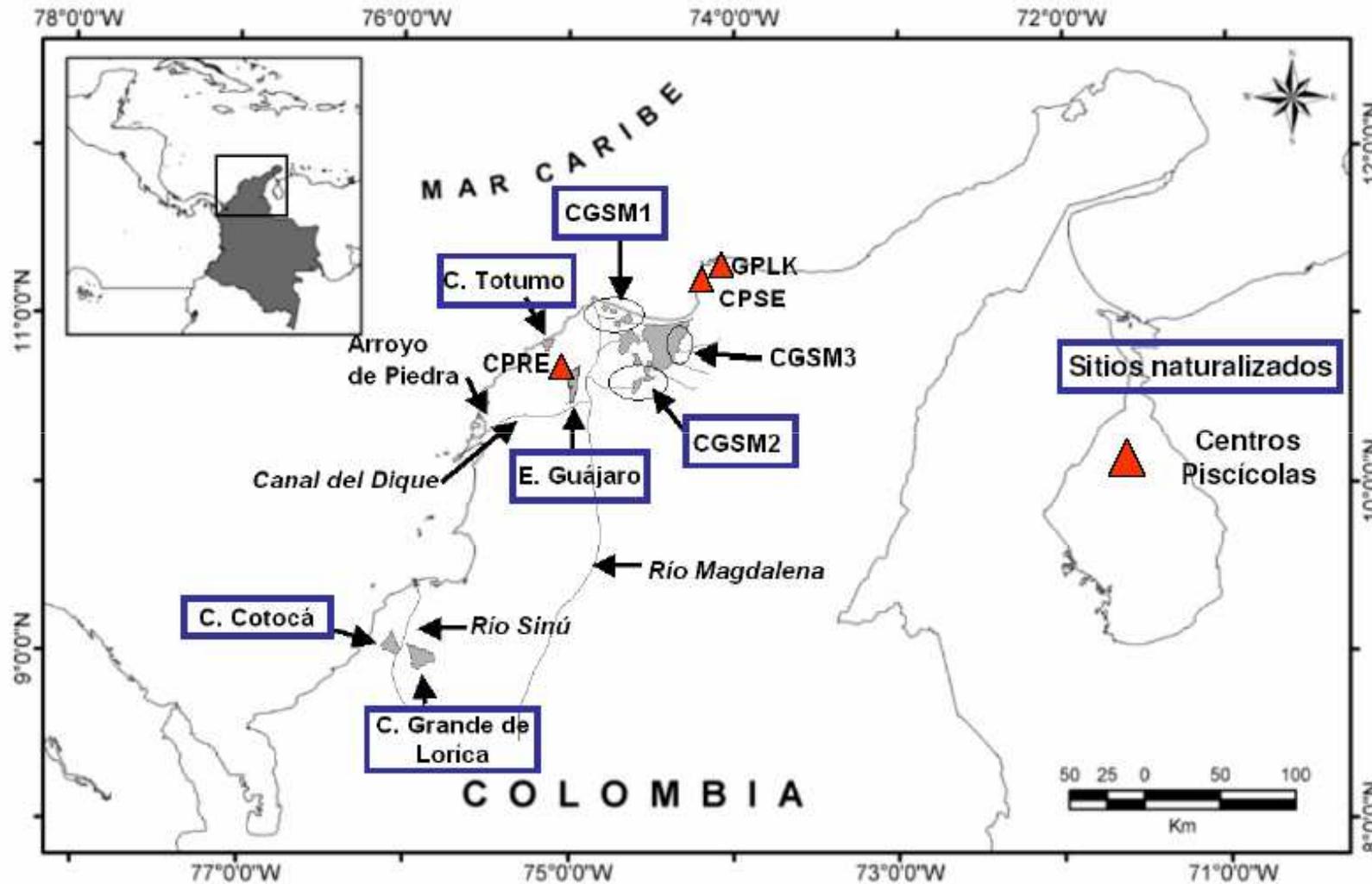
la desviación estándar genotípica;

la intensidad de selección;

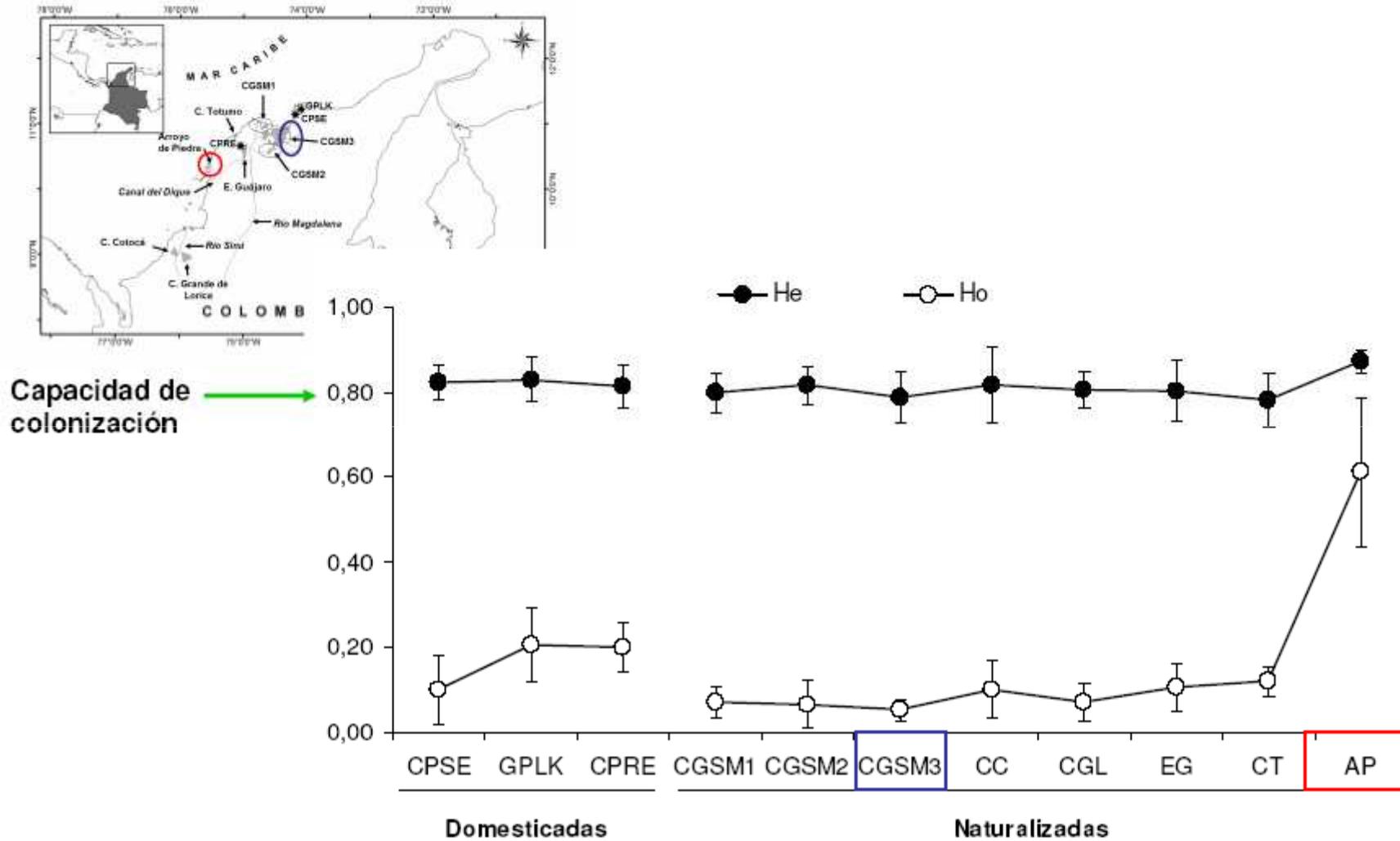
la heredabilidad;

y es inversamente proporcional al intervalo generacional y a la depresión por consanguinidad

$$\Delta G = i * h^2 * \sigma_A / L$$



Tomado de Narvaez 2006



Tomado de Narvaez 2006

Consanguinidad

Niveles de consanguinidad: (F_{IS}) en *O. niloticus*

Strain	F_{IS}	Significance (SE)
AIT	0.007	0.001 (0.001)
GIFT	0.019	0.167 (0.012)
IFRC	0.045	0.017 (0.002)
GÔTT	0.093	0.000 (0.000)

Costa Atlántica Colombiana	
Poblaciones de <i>O. niloticus</i>	Fis
Naturalizadas	0.8813(0.067)
Domesticadas	0.8223(0.023)

Tomado de Narvaez 2006

AIT = Chitralada (Tailandia)

GIFT = Genetic improved farmed tilapia (Tailandia)

IDRC = Tailandia

GÔTT = Alemania

Rutten et al., 2004



Resultados de programas a base de GIFT



Ganancia genética:

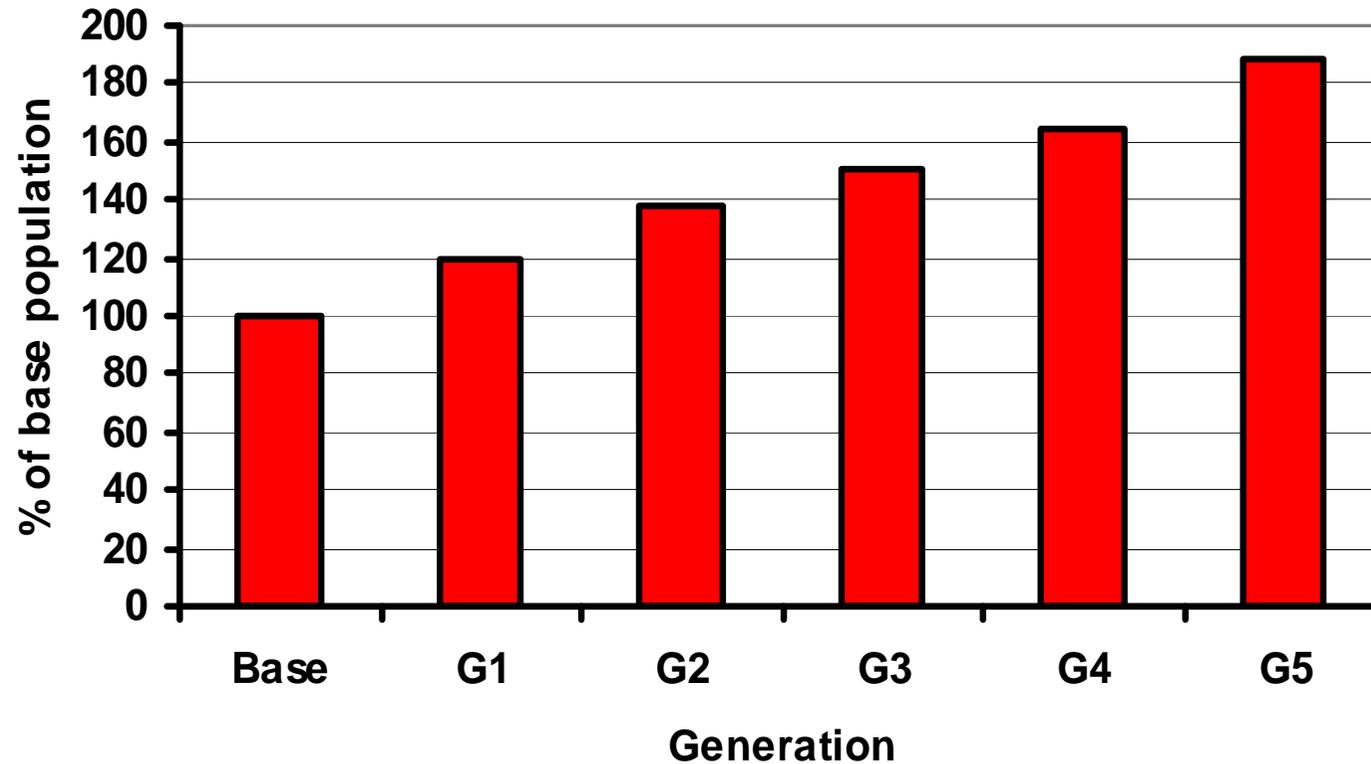


Diferencia entre grupos seleccionados y grupos control ajustados por edad, sexo y ambiente de engorde

Gene- ration	LSM of body weight at harvest (g)		Genetic gain in % of the previous generation
	Control	Selected	
G1	41.8±0.8	50.2±0.2	20.1
G2	85.5±2.4	97.9±0.2	14.5
G3	136.0±3.9	149.0±0.6	9.6
G4	103.4±1.5	123.6±0.6	9.0
G5	133.7±2.0	153.6±1.2	14.9

Tomada de Bentsen 2003

Genetic gain, body weight at harvest (% of base population)



Tomada de Bentsen 2003

Respuesta de Selección del Programa de Mejoramiento de Tilapia en las Filipinas después de GIFT

Table 2

Predicted mean breeding values (BV) and standard deviation in parenthesis for body weight in each generation of selected lines of Nile tilapia

Generation	BV		s.d.	
0	-0.3		3.3	
1	0.9		4.9	
2	1.2		7.0	
3	2.0		4.1	
4	2.0		8.2	
5	5.5		4.2	
	Line 1		Line 2	
	BV	s.d.	BV	s.d.
6	5.4	3.8	5.5	4.6
7	6.5	5.8	4.4	9.9
8	10.3	6.6	11.5	5.8
9	12.5	4.9	12.0	5.8
10	16.4	6.8	17.4	7.1
11	23.8	5.1	22.1	8.1
12	28.7	4.0	29.6	6.1



**PROGRAMA NACIONAL PARA
EL MEJORAMIENTO GENETICO
DE LA TILAPIA NILOTICA
(*Oreochromis niloticus*) POR
MEDIO DE LA SELECCION
COMBINADA**

OBJETIVOS

- **Objetivo General**

- *Establecer un programa de mejoramiento genético para la tilapia nilótica por medio de la metodología de selección combinada (familiar e intra familiar) con el fin de abastecer al sector productivo con una semilla de alta calidad y alto rendimiento.*

• **Objetivos Específicos**

- Objetivo 1: Establecer una población sintética por medio de la inclusión de poblaciones con diferentes orígenes genéticos
- Objetivo 2: Estimar las (co)varianzas genéticas del crecimiento y sobrevivencia de *O. niloticus* en diferentes etapas de engorde, en el cultivo en la población sintética y en dos generaciones de selección
- Objetivo 3: Estimar la interacción genotipo ambiente para crecimiento y sobrevivencia en *O. niloticus* en dos sistemas de cultivo diferente en la segunda generación de selección

- **Objetivos Específicos**

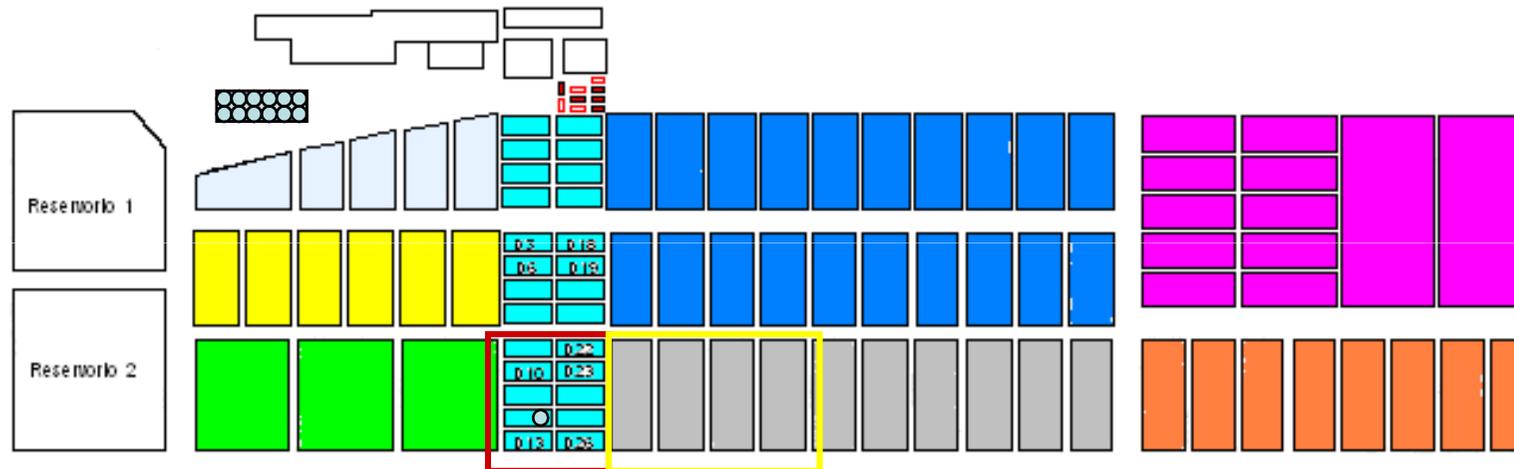
- Objetivo 4: Diseñar un esquema de disseminación eficiente del material genéticamente mejorado al sector productivo.
- Objetivo 5: Determinar la variabilidad genética de las poblaciones de tilapia nilótica colombianas empleadas en el programa
- Objetivo 6: Formar personal en técnicas de reproducción

Actividades y Resultados

- **Adecuación de las instalaciones**
 - Adecuación de 10 estanques de 200 m²
 - Adecuación de 1 estanque de 1200 m²
 - Pruebas de material para hapas
 - Prueba instalación hapas
 - Instalación de 100 tanques de fibra de 1.200 litros
 - Adquisición de equipos de marcación.

PLANO ESTACION REPELÓN

INSTITUTO COLOMBIANO DE DESARROLLO RURAL - I N C O D E R
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES ACUICOLAS DE REPELON - C N I A R



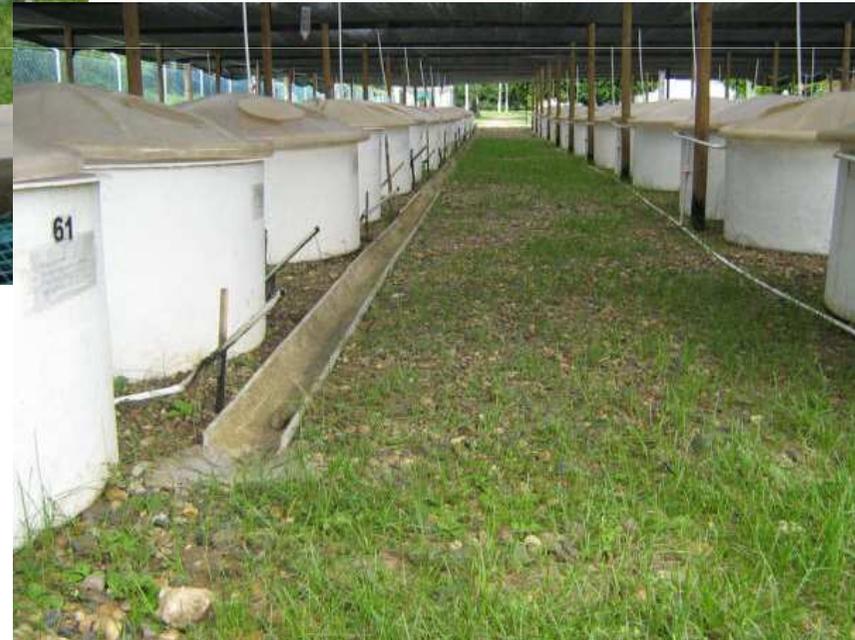
-  (3) Linea A, 3.000 M2 C/U
-  (6) Linea B, 1.000 M2 C/U
-  (5) Linea C, 800 M2 C/U
-  (26) Linea D, 200M2 C/U

-  (20) Linea E, 1.000 M2 C/U
-  (10) Linea F, 1.200 M2 C/U
-  (9) Linea L, 15 M2 C/U
-  (12) Linea G, 780 M2 y 5.000 M2 (2)
-  (8) Linea H, 1.200 M2 C/U

Estanques en tierra para fase de cría hasta sexaje



Tanques de producción de familias





Actividades y Resultados

Diseño del esquema de cruces.

- Evaluación del comportamiento productivo de las poblaciones nacionales.
- Definición de participación de las poblaciones dentro de la producción de familias



Consecución de 7 poblaciones de tilapia nilótica criada o naturalizadas en el país

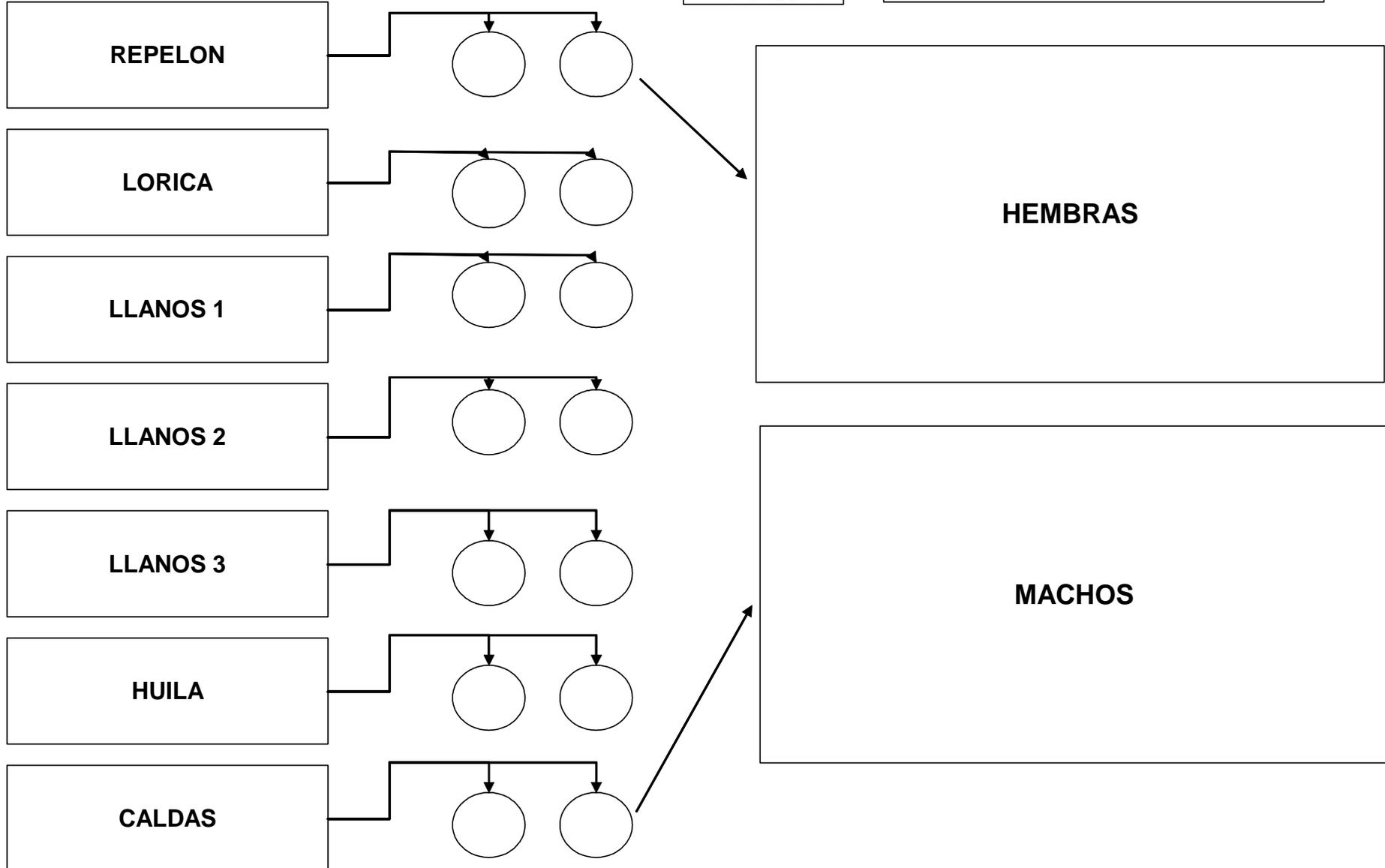
- 6 poblaciones domesticadas
 - Caldas (1)
 - Atlántico (1)
 - Llanos orientales (3)
 - Huila (1)
- 1 población naturalizada
 - Ciénaga de Lórica.

LARVEO 8 A 20 MAYO 2007

MARCACION 3 A 23 SEPT 2007

SEXAJE DE
OCTUBRE 2007

SIEMBRA 5 NOV - COSECHA 12 FEB 2008



**Producción alevines
pre-marcación**

Fecha de recolección larvas	8 a 20 de Mayo , 2007
Numero de larveos por población	4
Densidad en tanques	600; 150; 30;

Marcación

edad hasta marcación	105-167 días
Fecha de marcación	1 al 23 de Septiembre
Peso promedio de marcación	29.7 gr
Longitud de marcación	11.51 cm
Numero de animales marcados	1266

Siembra

fecha de siembra	05-nov-07
Edad en la siembra	170-180 días
Peso promedio siembra	71 gr

Tablas Resumen Cosecha

COSECHA

Fecha de cosecha	12-feb-08
Edad de cosecha	269-279 días
Dias de cultivo	99

Machos

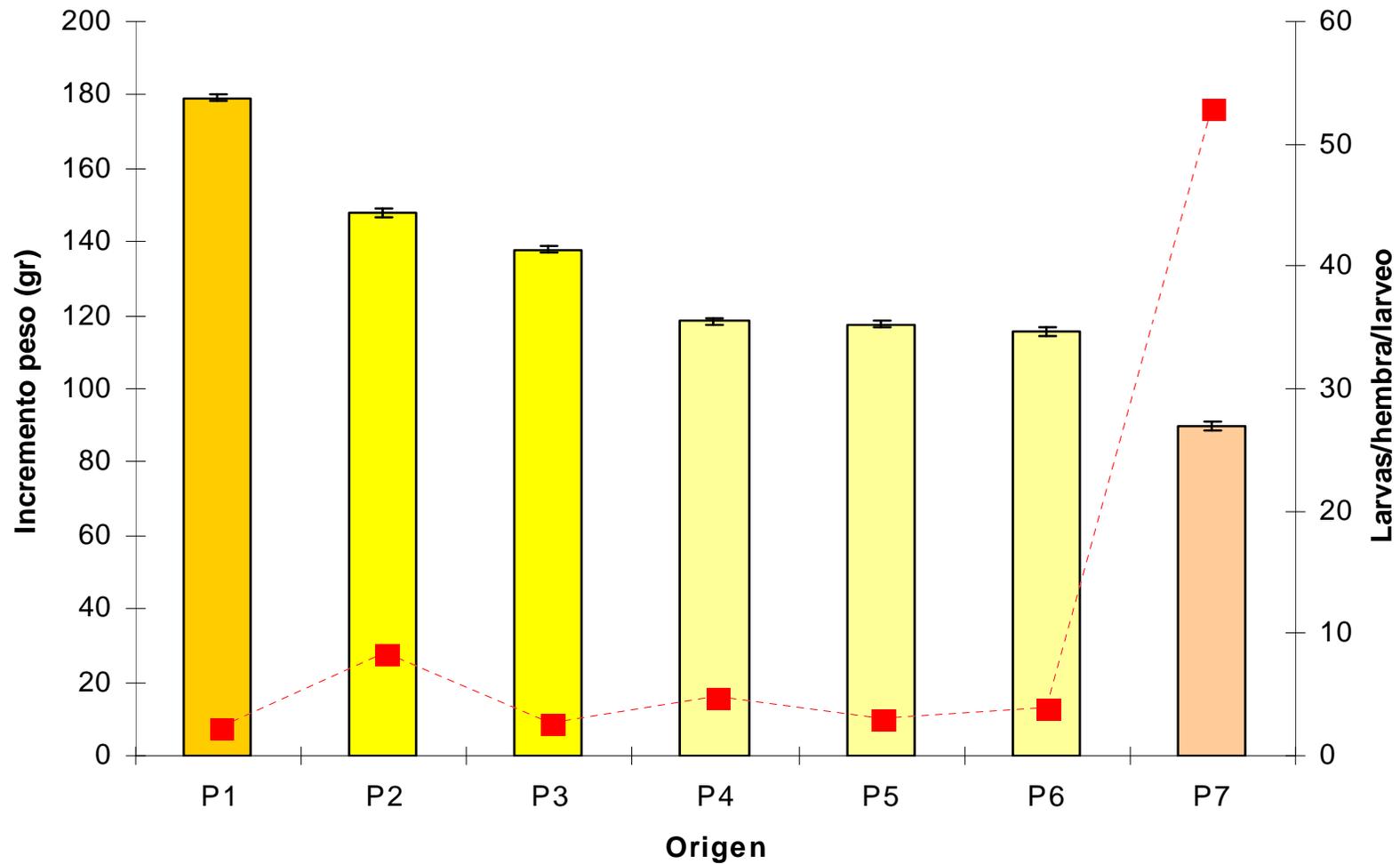
Numero animales	293
Sobrevivencia	53%
peso promedio	219
ganancia peso	141 gr
Ganancia diaria	1.42

Hembras

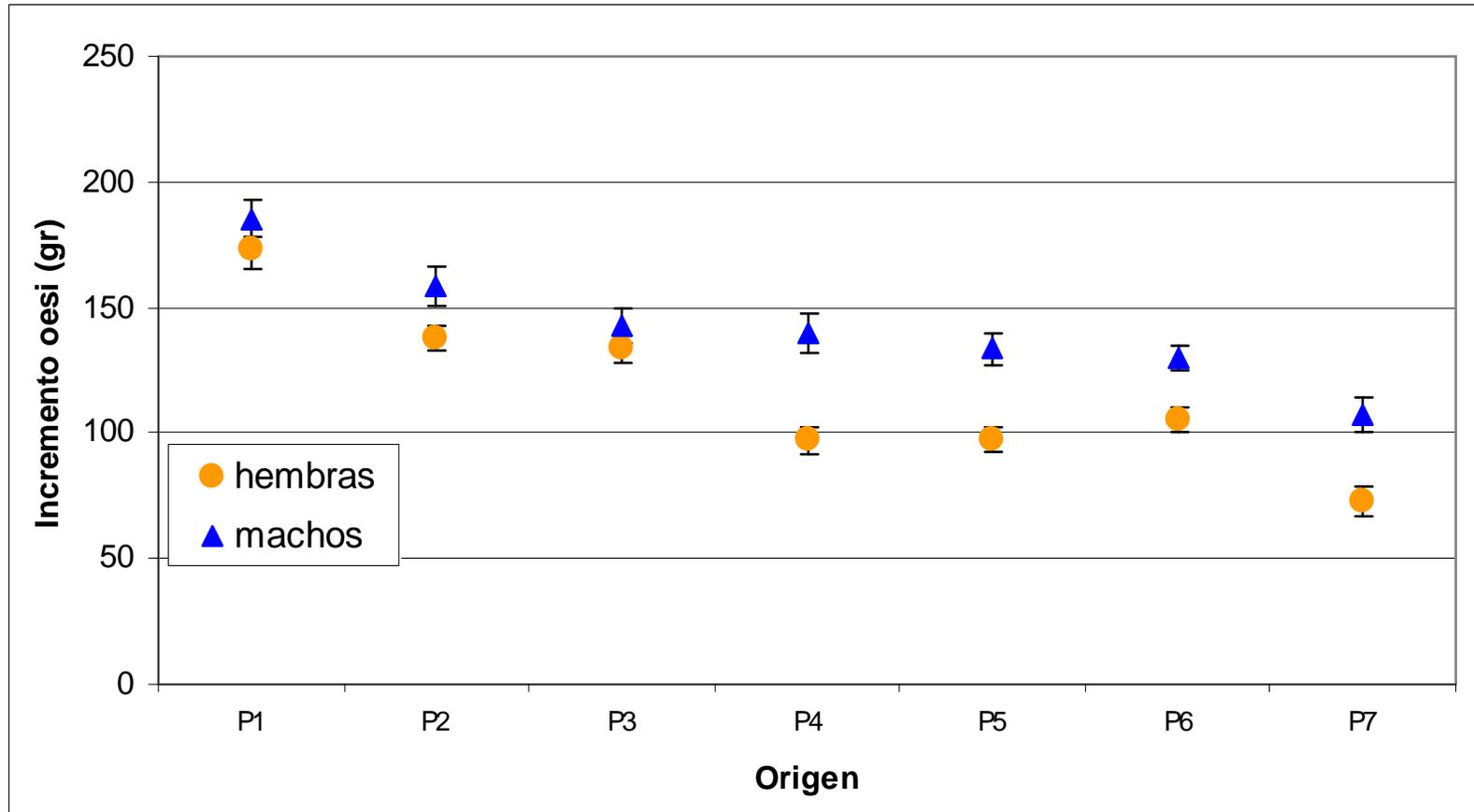
Numero animales	405
Sobrevivencia	62%
peso promedio	173
ganancia peso	113gr
Ganancia diaria	1.14

Evaluación comparativa del crecimiento en ambientes comunes

Medias ajustadas crecimiento en ambiente común

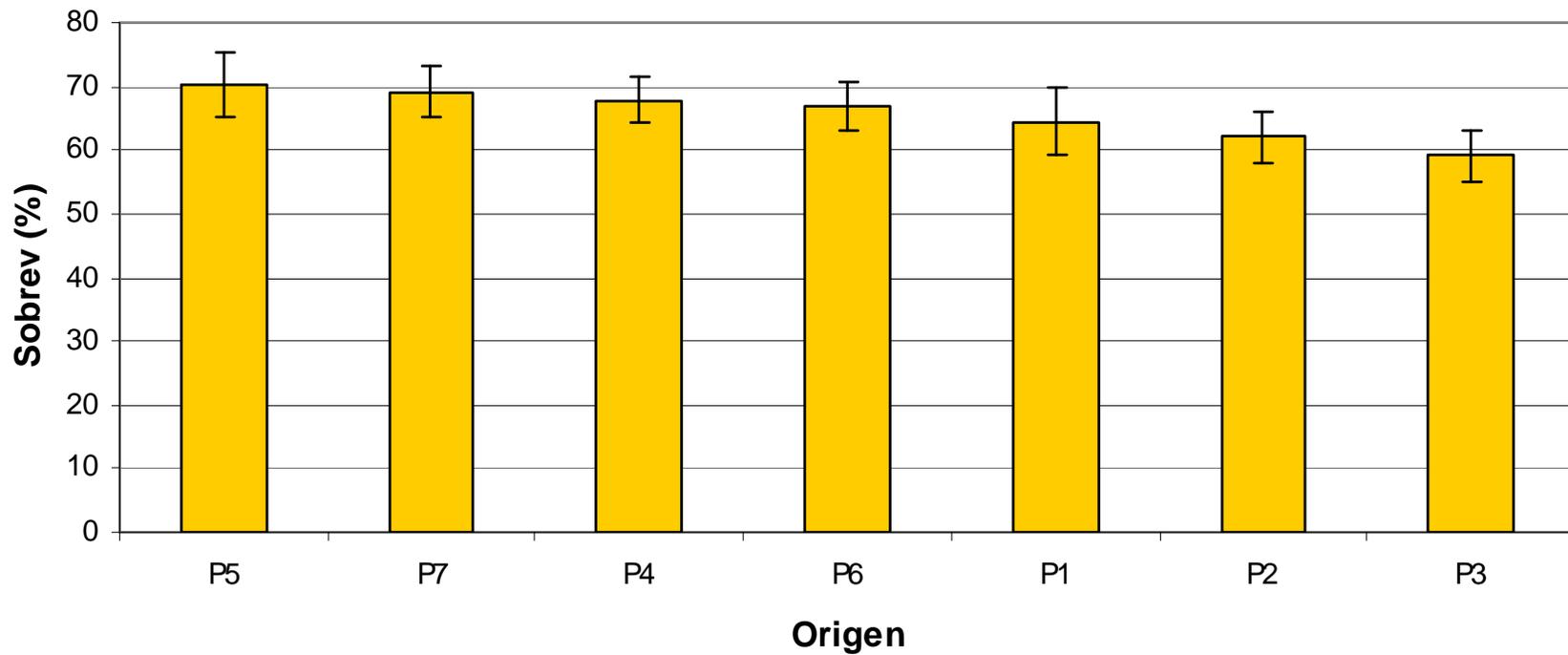


Medias ajustadas crecimiento en ambiente común machos y hembras



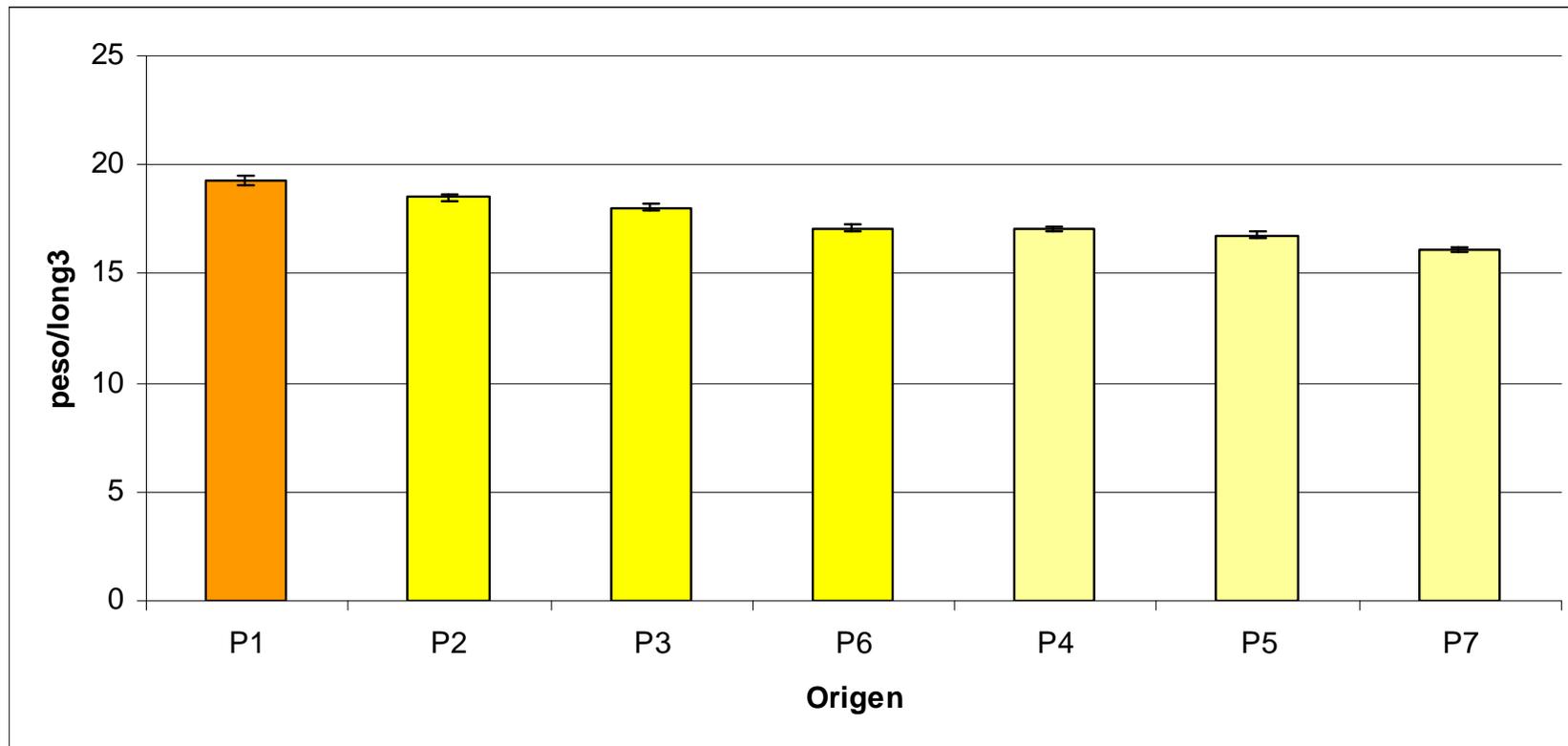
Evaluación comparativa de la sobrevivencia en ambientes comunes

Medias ajustadas sobrevivencia en ambiente común



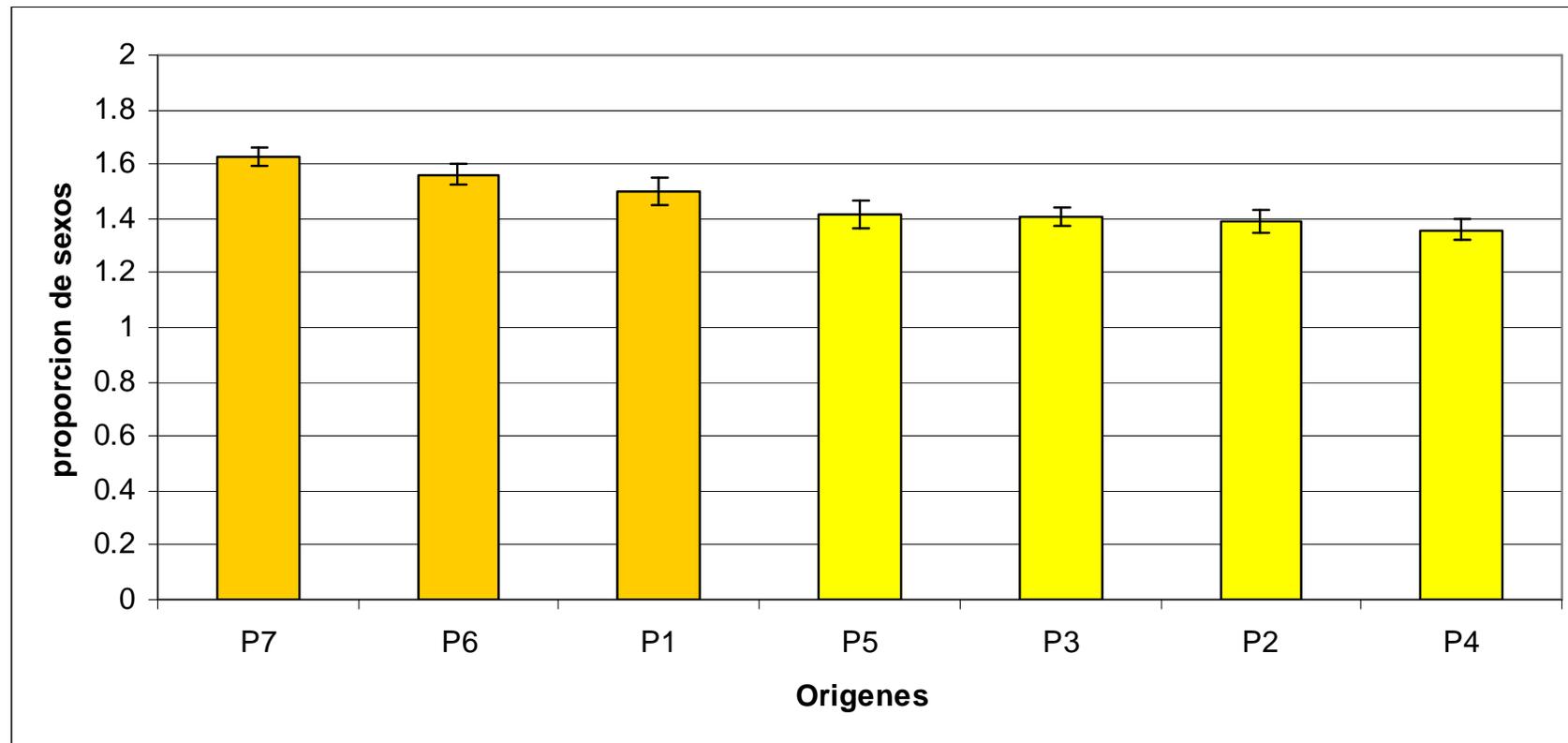
Evaluación comparativa del Factor de Condición en ambientes comunes

Medias ajustadas FC en ambiente común



Evaluación comparativa de a proporción macho-hembra

Medias ajustadas proporción macho-hembra



Actividades y Resultados

Diseño del esquema de cruces.

- Diseño de esquema de cruces dialelicos
- Diseño de cruces factoriales y anidados
- Pruebas de copula y fertilidad

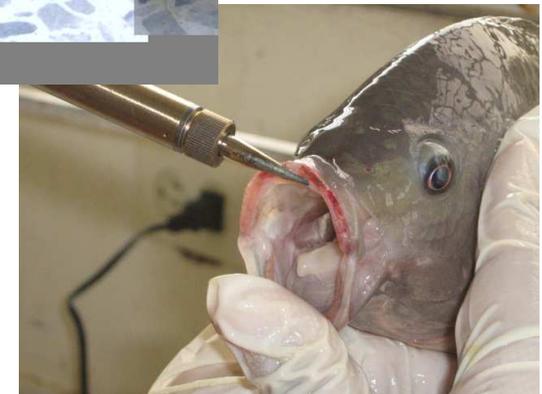
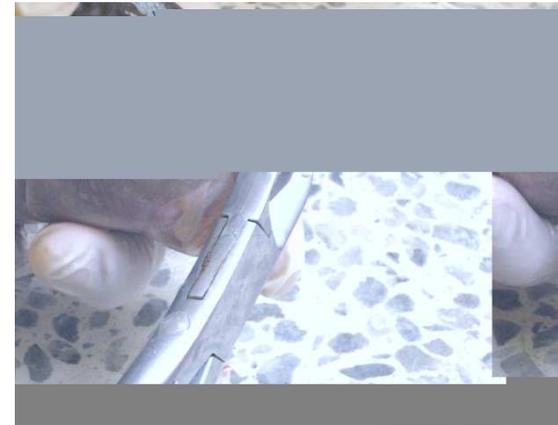


Esquema de cruces dialélico

		MACHOS							
		P4	P7	P3	P1	P6	P5	P2	TOTAL H
HEMBRAS	P4	3	1	3	2	1	1	3	14
	P7	2	2	2	3	1	2	2	14
	P3	2	1	3	2	2	2	2	14
	P1	2	1	2	3	2	3	2	15
	P6	2	1	2	3	3	1	2	14
	P5	2	1	2	3	1	3	2	14
	P2	3	1	2	2	2	2	3	15
TOTAL M		16	8	16	18	12	14	16	100
		30	22	30	33	26	28	31	

Experimentos de sincronización de cruces

- Copula natural
 - Manejo reproductores
 - Identificación efectiva de hembras y machos sexualmente maduros
 - Manejo tipo de agua
 - Aclimatación tanques
 - Aplicación de hormona
 - EPC a hembras
 - EPC a hembras y machos
 - EPC a machos
 - Manipulación machos
 - Ubicación posterior a hembra
 - Corte maxilar superior



Pruebas con Hormonas

Tratamientos

TA= TRATAMIENTO DE CONTROL SIN DROGAS

TB= TRATAMIENTO CON OXITOCINA PARA HEMBRAS Y MACHOS CON 0,1ml

TC= TRATAMIENTO CON EPC PARA MACHOS Y HEMBRAS CON 0,5mg/kg

TD= TRATAMIENTO CON EPC PARA MACHOS CON 0,5 mg/kg y OXITOCINA PARA HEMBRAS CON 0,1ml (10 U.I)

TE= TRATAMIENTO CON EPC CON 0,5 mg/kg PARA HEMBRAS y EPC CON 0,25 mg/kg PARA MACHOS

TF= TRATAMIENTO CON OXITOCINA 0,1 ml (10 U.I.) Y EPC 0,5 mg/kg PARA HEMBRAS. MACHOS SIN DROGAS

Resultados

Tratamiento	N° de replicas	N° de éxitos	Porecentaje de éxito
TA	8	1	13%
TB	8	0	0%
TC	8	0	0%
TD	8	1	13%
TE	8	1	13%
TF	6	4	67%







PRODUCCION DE FAMILIAS

Producción de familias

- Identificación de machos y hembras sexualmente maduros de cada población
- Ubicación de las parejas según esquema de cruzamiento
- Verificación de la efectividad del cruces
 - Positivo: Asignación de una nueva hembra al macho
 - Negativo. ubicación de una nueva pareja

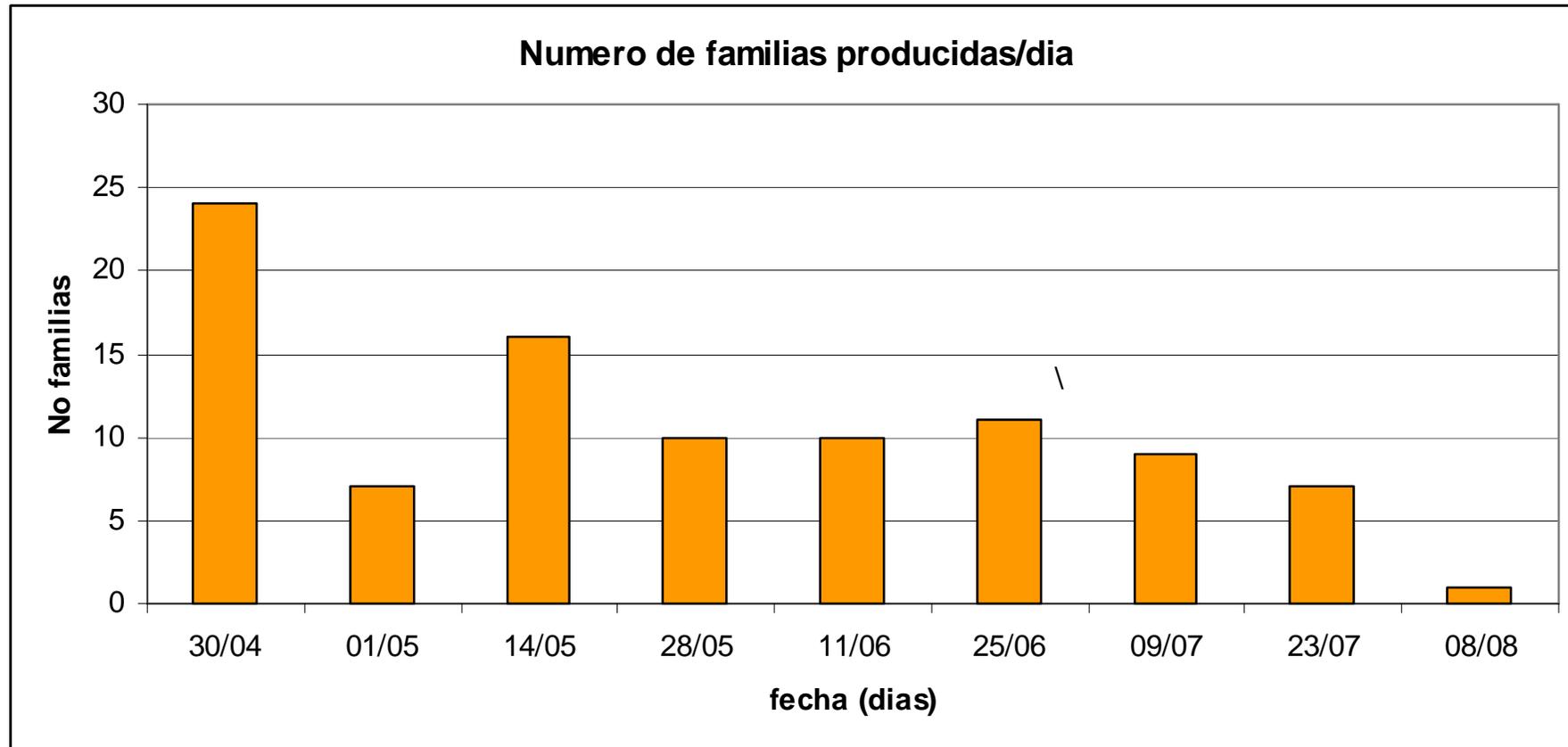




Producción de familias.

- Resultados:
 - 95 familias de hermanos enteros, correspondientes a 35 familias de hermanos medios.
 - Tiempo de producción de familias 100 días

Producción de familias.



Crecimiento hasta talla de marcación

- Homogenización de densidades:
 - Primera homogenización: 300 larva por tanque hasta alevino
 - Segunda homogenización: 105 alevinos por tanque
- Implementación de Hapas de Backup de familias
- Resultados:
 - Supervivencia hasta talla de marcación :95%
 - Tiempo de crecimiento: entre 100 y 140 días

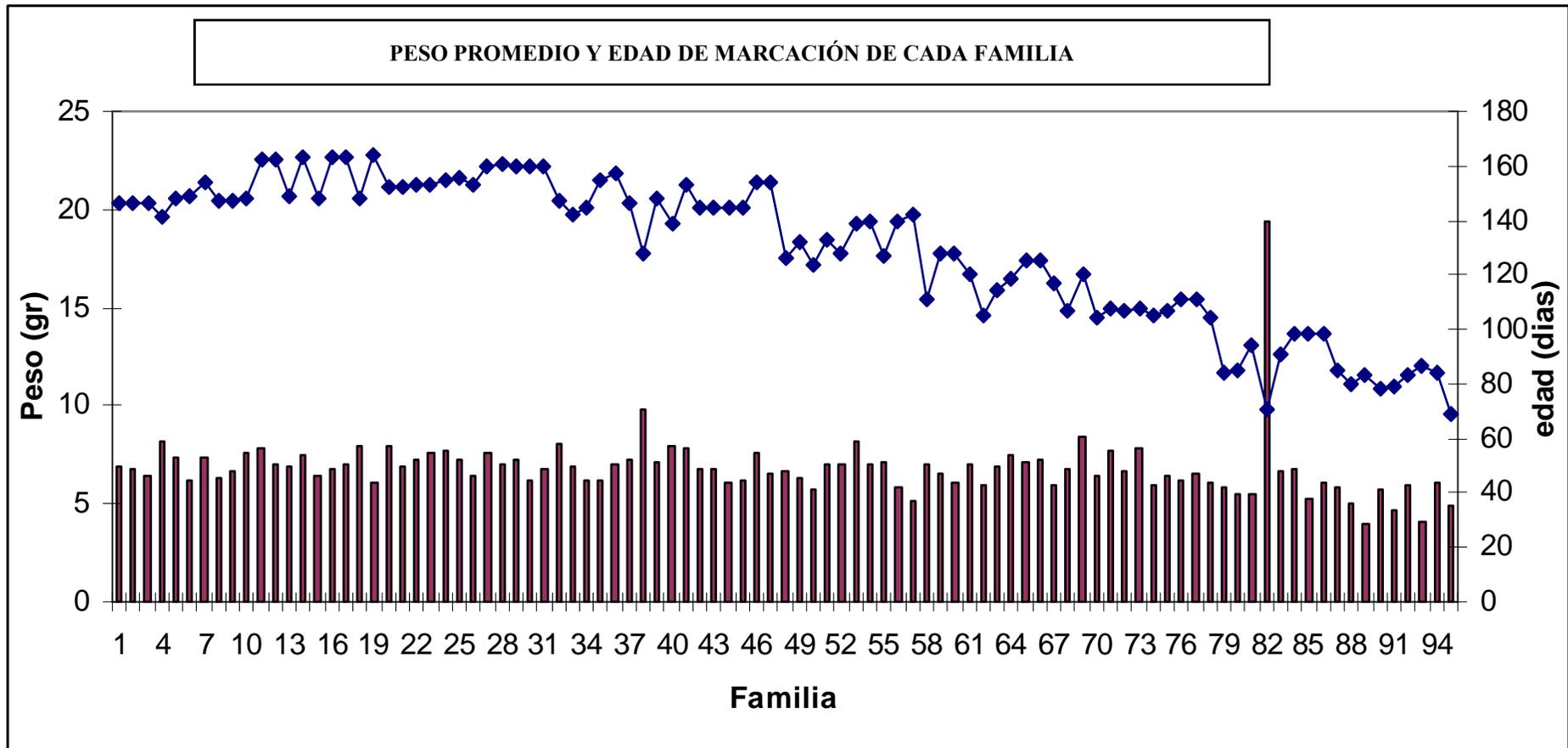


Marcación

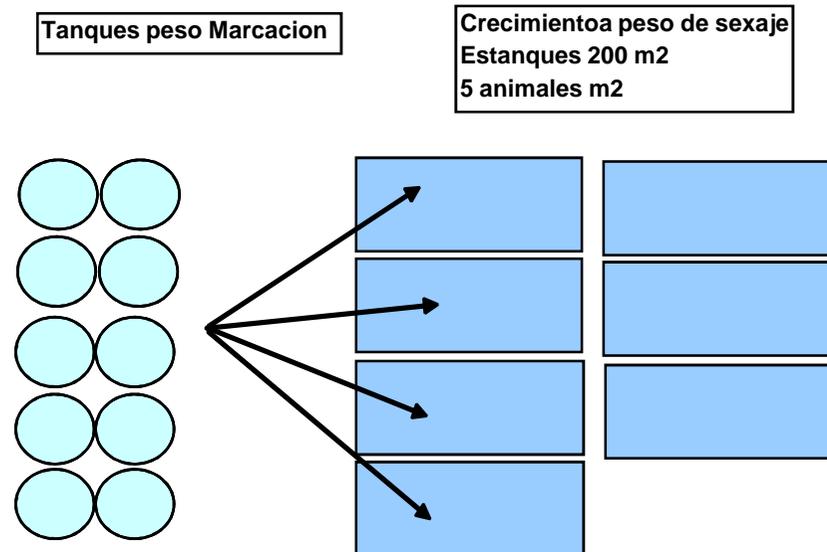
- Numero de familias marcadas: 95
- Numero de individuos por familia: 80 en promedio:
- Numero total de individuos marcados: 7525
- Numero de días empleados para marcación: 30 días
- Peso promedio de marcación: 6.7 gr
- Mortalidad de marcación: 6%



Marcación



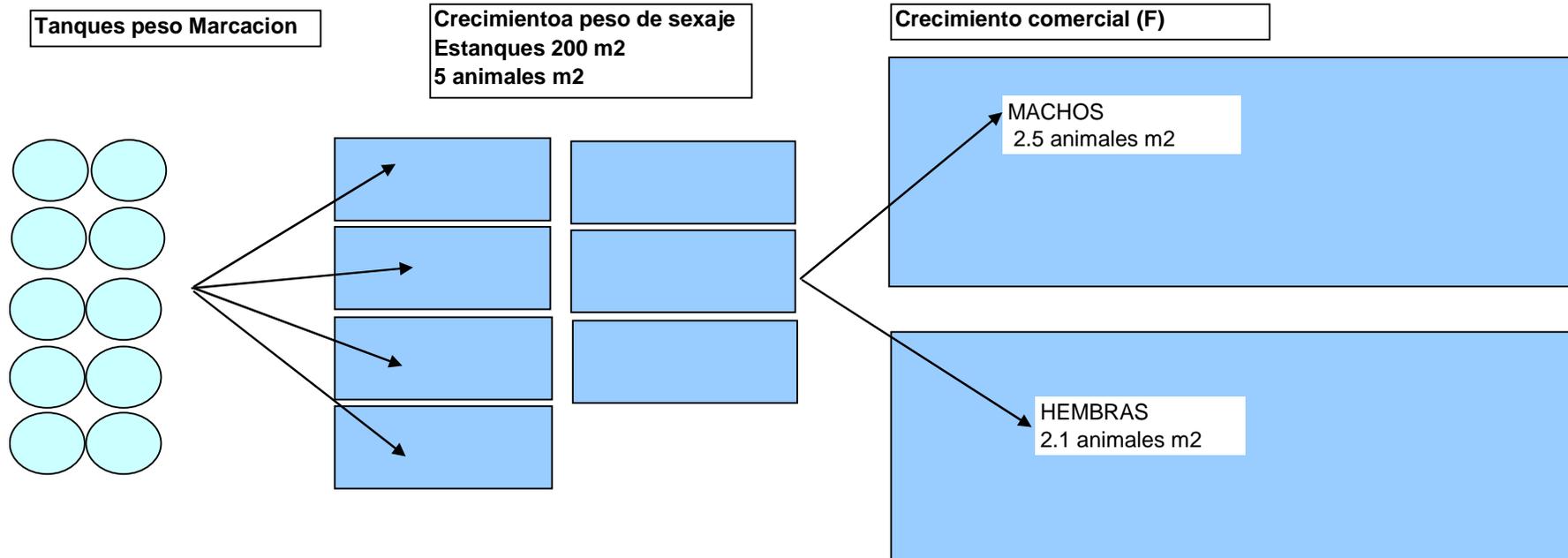
Transferencia a Estanques de Tierra sexo en conjunto



Informacion Fase	Valor
Numero animales sembrados	7570
Peso de siembra	9.12 gr
Tiempo crecimiento	54 dias

Datos de crecimiento	Valor	Datos de crecimiento	Valor
Peso de trans	42.8 gr	Crecimiento dia	0.72 gr
Peso machos	51 gr	Crec dia machos	0.95 gr
Peso Hembras	35.8 gr	Crec dia hembras	0.65 gr

Prueba de crecimiento talla comercial

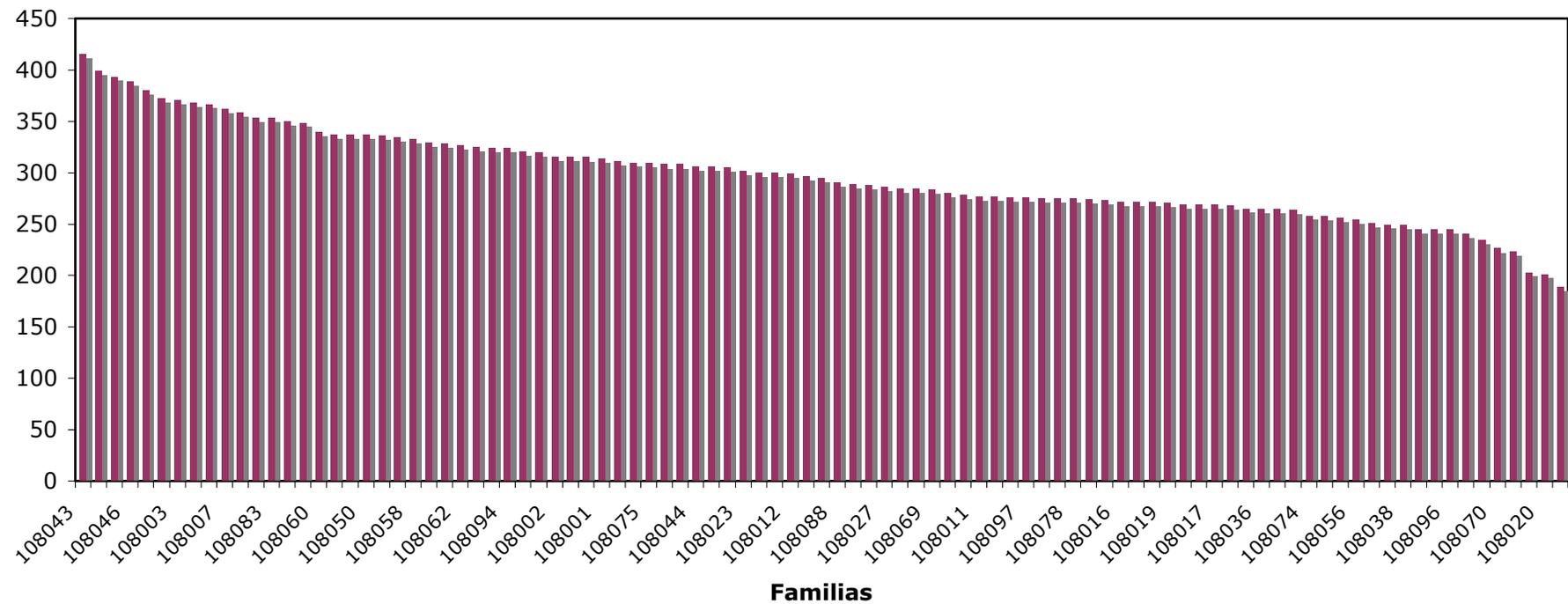


Tiempos de produccion.	
Crecimiento sexaje	54 dias
Crecimiento comercial	134 dias
Total	188 dias

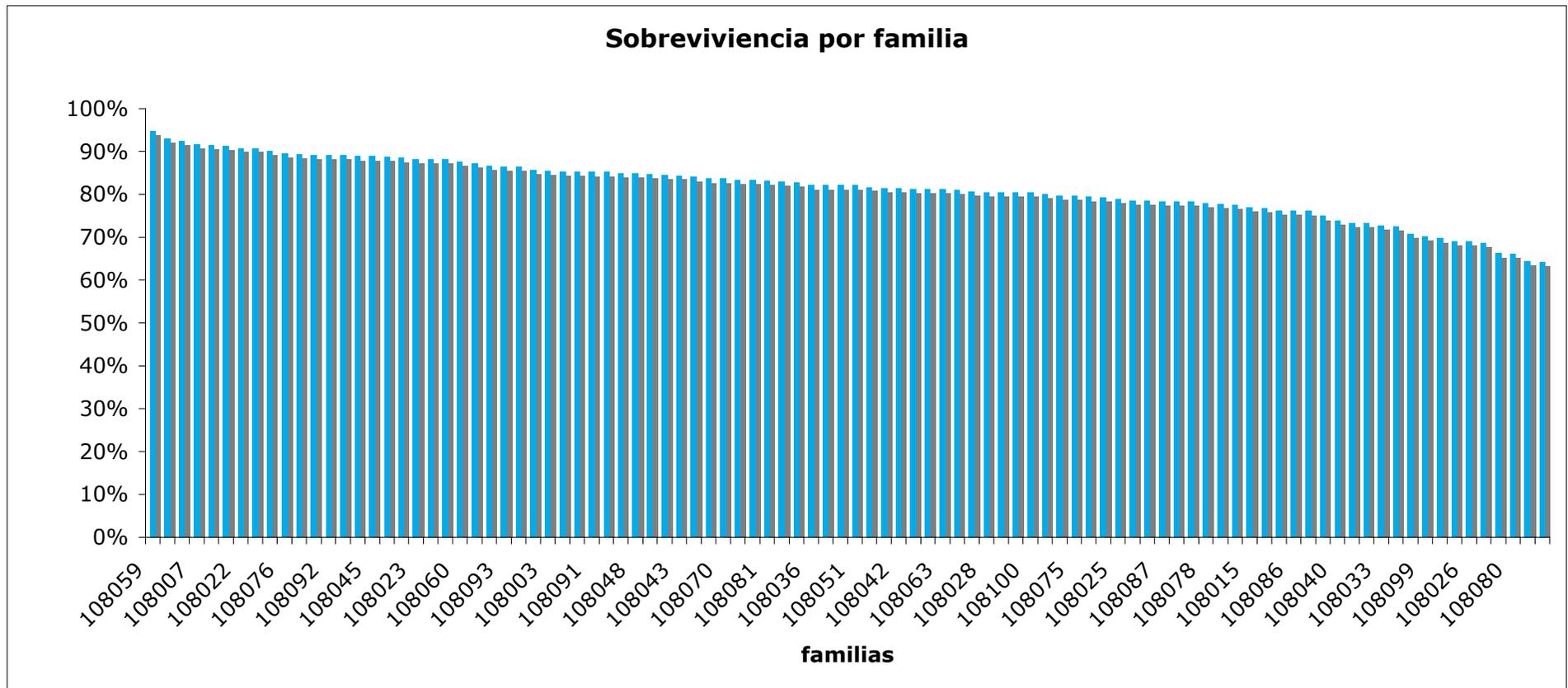
Datos crecimiento	Valor	Datos crecimiento	Valor
Peso cosecha	295 gr	Crecimiento dia	1.87 gr max=2.5 min=1.18
Peso machos	349 gr	Crecimiento dia machos	2.18 gr max=3.10 min =1.42
Peso hembras	242 gr	Crecimiento dia hembras	1.55 gr max =2.43 min =0.92

Resultados cosecha

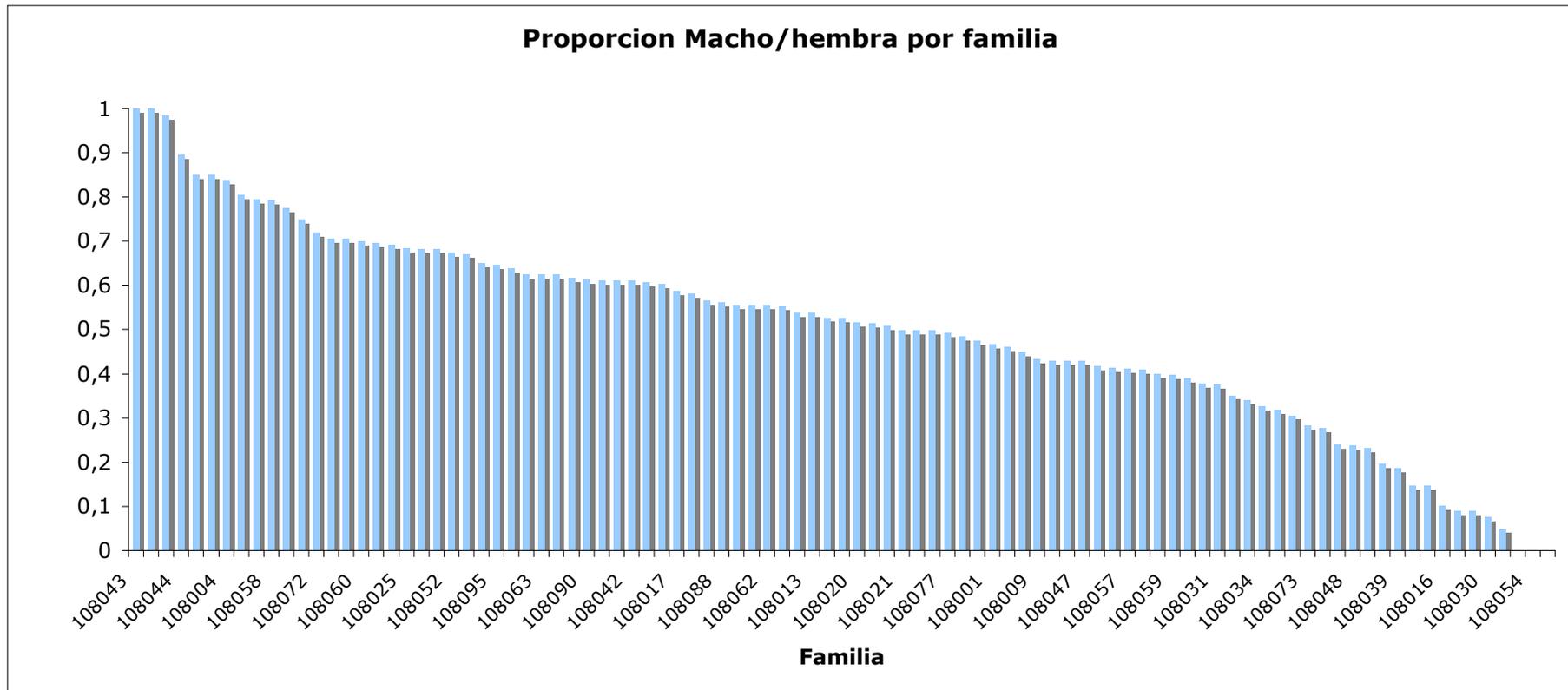
medias familiares peso de cosecha



Resultados cosecha



Resultados cosecha





Análisis Genético



Análisis Genético

Estimación de la heredabilidad (h^2) y
Efecto común ambiental al familias (c^2)

- Peso transferencia
- Crecimiento
- Proporción macho/hembra
- Sobrevivencia

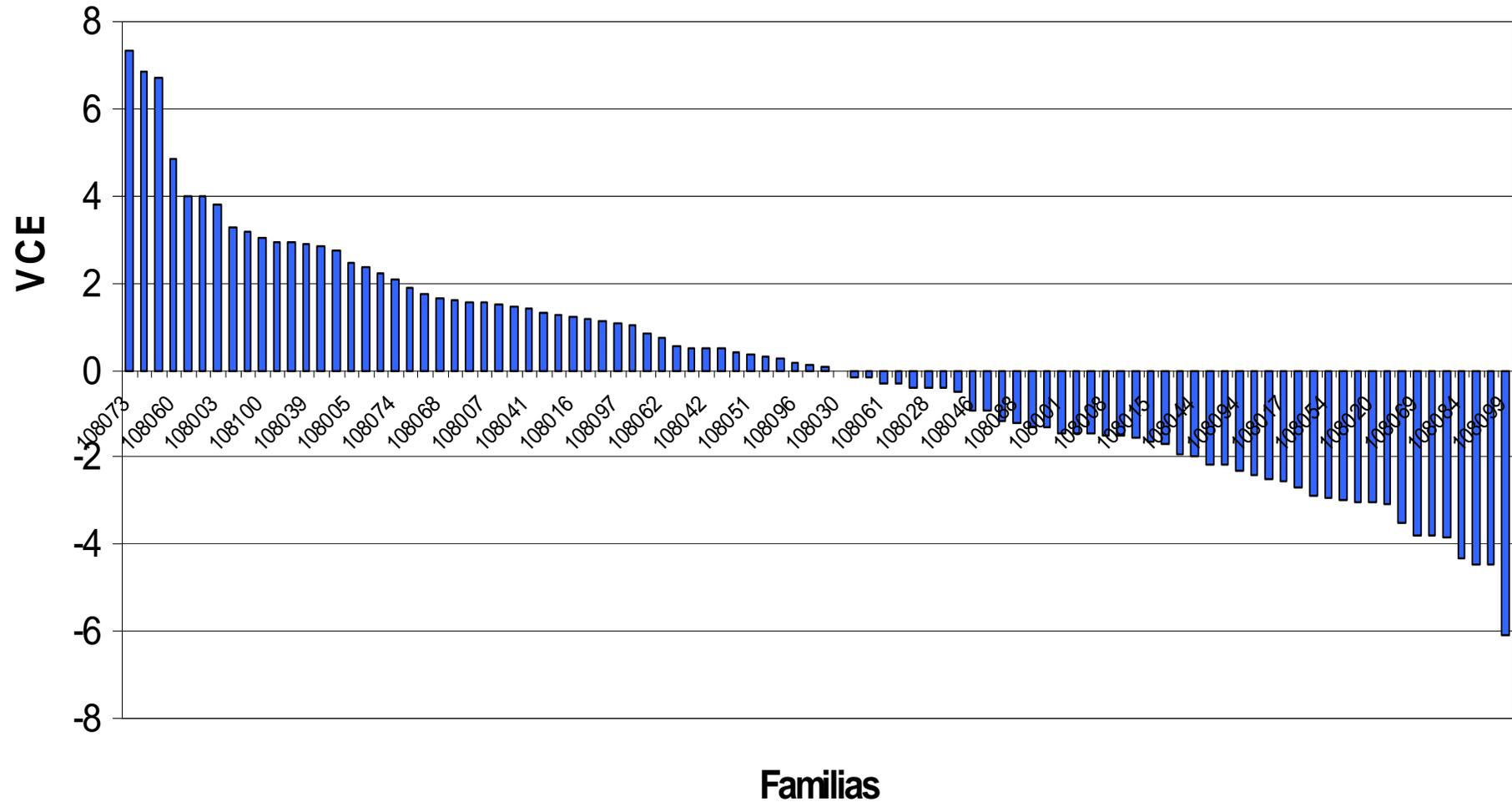
Parámetros genéticos en la tilapia nilótica

Caracter	Heredabilidad	Referencia
peso (35 g)	0.56	Bolivar et al., 2002
peso (180 g)	0.34	Ponzoni et al., 2005
peso (800 g)	0.26	Rutten et al., 2005
Filete(%) (800 g)	0.12	Rutten et al., 2006

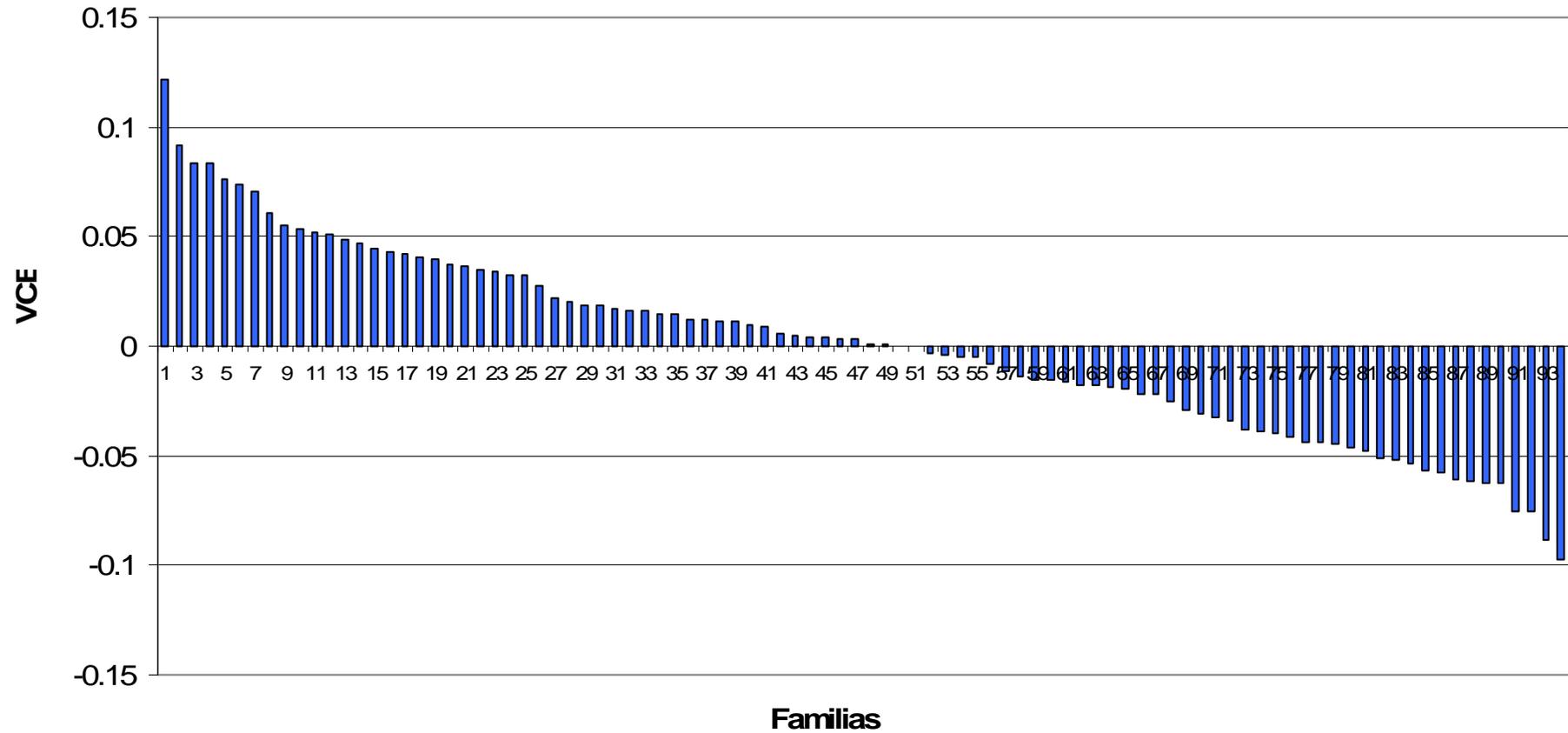
Resultados

Carácter	Peso 50 Gr		Peso 300 gr	
	h^2	c^2	h^2	c^2
Peso transferencia	0.22	0.11	0.50	0.02
Crecimiento	0.23	0.11	0.49	0.03
Proporción macho hembra	0.11	0.13	0.11	0.14
Sobrevivencia	0.00	0.04	0.01	0.01

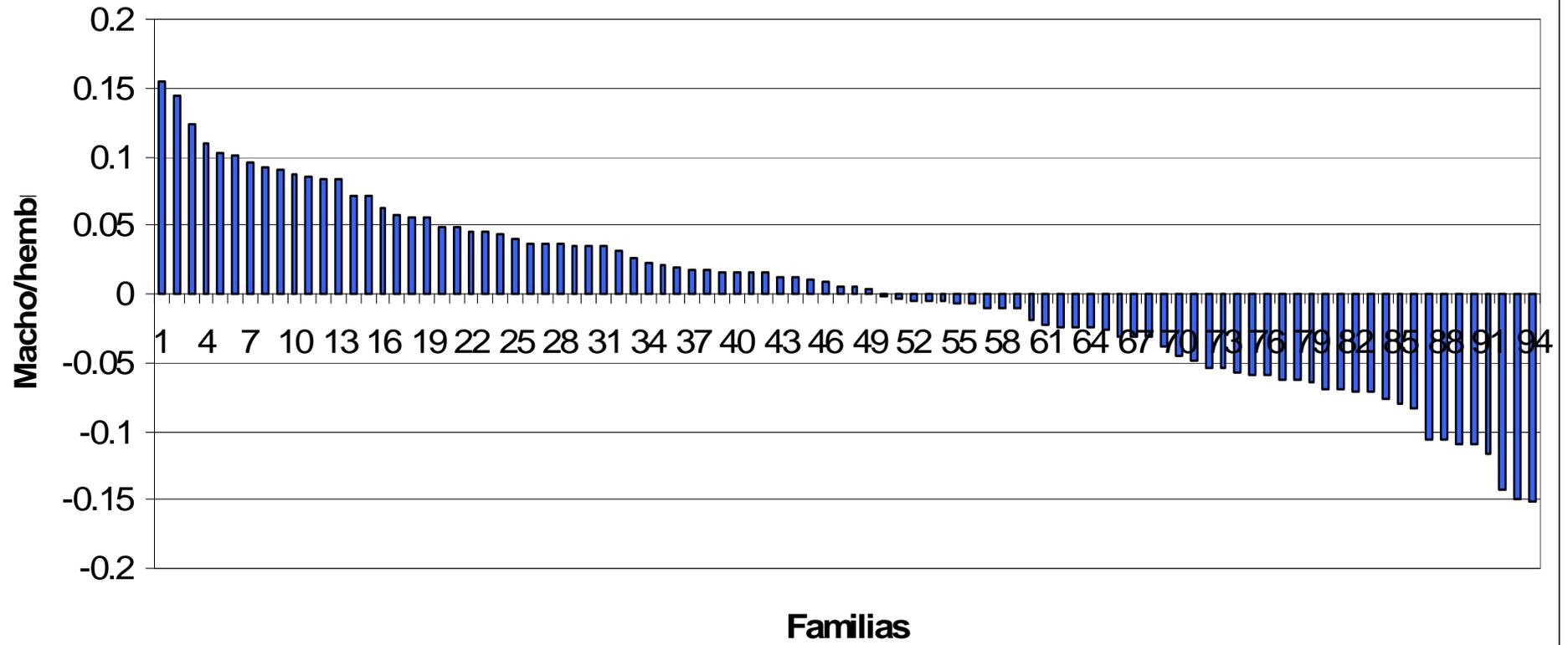
Variacion de los valores de cria de peso de transferencia por familia



Variacion de los valores de cria de crecimiento diario por Familia



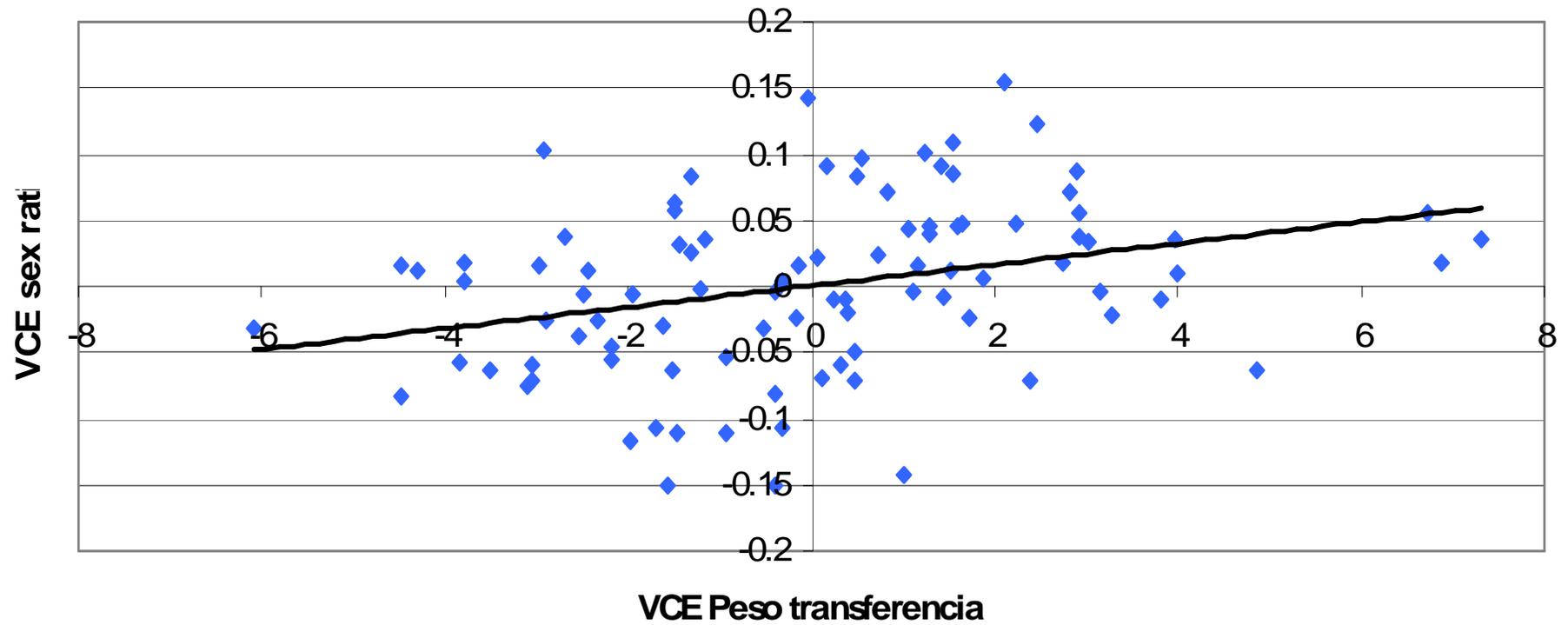
Variacion de los VCE de Sex ratio por Familias



Sex ratio vs peso transferencia

$$y = 0.008x + 0.0005$$

$$R^2 = 0.1006$$



Exocría o entrecruzamiento

•Efectos de la exocría:

– Heterosis

- Vigor híbrido: Las progenies tienen un desempeño superior a las líneas parentales

En acuicultura la heterosis ha sido poco utilizada a excepción de las tilapias:

- Por Ejemplo:

Cruces entre *O.aureus* x *O.spilurus* y entre *O. Mossambicus* x *O. niloticus* presentaron 22% y 25% de heterosis para peso respectivamente

Cruces entre *O. Mossambicus* x *O. niloticus* presentaron una tolerancia mayor a la salinidad que las especies parentales.

Heterosis cruzando diferentes líneas de la misma especie

Mean percent heterosis ($H\%$) on body weight at harvest across test environments in the 56 strain crosses of Nile tilapia based on the estimates of genetic components according to model 2

Sire strain	Dam strain							
	E2	Gh	Ke	Se	Is	Si	Th	Tw
E2	—	3.8	9.9	11.6	9.3	3.1	09.5	5.7
Gh	4.0	—	-1.5	10.4	2.6	3.9	14.0	3.7
Ke	10.6	-1.5	—	-0.8	4.8	1.9	5.6	1.6
Se	12.3	10.3	-0.8	—	6.3	0.3	2.8	0.0
Is	10.4	02.8	4.9	6.7	—	0.6	7.0	0.4
Si	2.8	3.5	1.7	0.2	0.4	—	5.8	2.5
Th	10.0	13.7	5.4	2.7	6.5	6.0	—	-5.2
Tw	6.0	3.8	1.7	0.1	0.3	2.8	-5.8	—

Bentsen et al. 1998

Heterosis cruzando diferentes líneas de la misma especie

Strain or crosses	Estimate \pm S.E. (g)	%
Mean of pure strains	69.8 \pm 9.9	—
Total heterosis (h_{ij})		
Shire \times Nkhotakota	9.6 \pm 3.4**	12.3
Shire \times Chilwa	-4.7 \pm 3.2	-6.2
Shire \times Chiuta	8.4 \pm 3.6*	10.8
Nkhotakota \times Chilwa	12.7 \pm 3.4***	16.0
Nkhotakota \times Chiuta	13.5 \pm 3.4***	16.5
Chilwa \times Chiuta	13.5 \pm 3.1***	17.0
Average heterosis	8.7 \pm 1.9***	12.5
General heterosis (h_i or h_j)		
Shire	4.7 \pm 2.5	6.3
Nkhotakota	11.5 \pm 2.4***	17.0
Chilwa	6.2 \pm 2.3**	10.3
Chiuta	12.3 \pm 2.4***	16.9

Level of significance different from zero * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

Maluwa et al. 2006

Heterosis 7 Poblaciones Colombianas

Heterosis general	2%
--------------------------	-----------

Heterosis especifica	Prom Hibrido	Prom Puro	H%
P4-P7	0.74	0.57	31%
P4-P3	0.75	0.64	17%
P4-P6	0.74	0.66	12%
P4-P5	0.63	0.60	6%
P4-P2	0.76	0.72	5%
P7-P3	0.77	0.68	14%
P7-P1	0.80	0.75	6%
P7-P2	0.80	0.76	5%
P7-P3	0.77	0.68	14%
P1-P3	1.12	0.82	36%
P1-P2	0.89	0.90	-2%

Ganancia genética estimada por selección

$i = 1$ desviación Standard

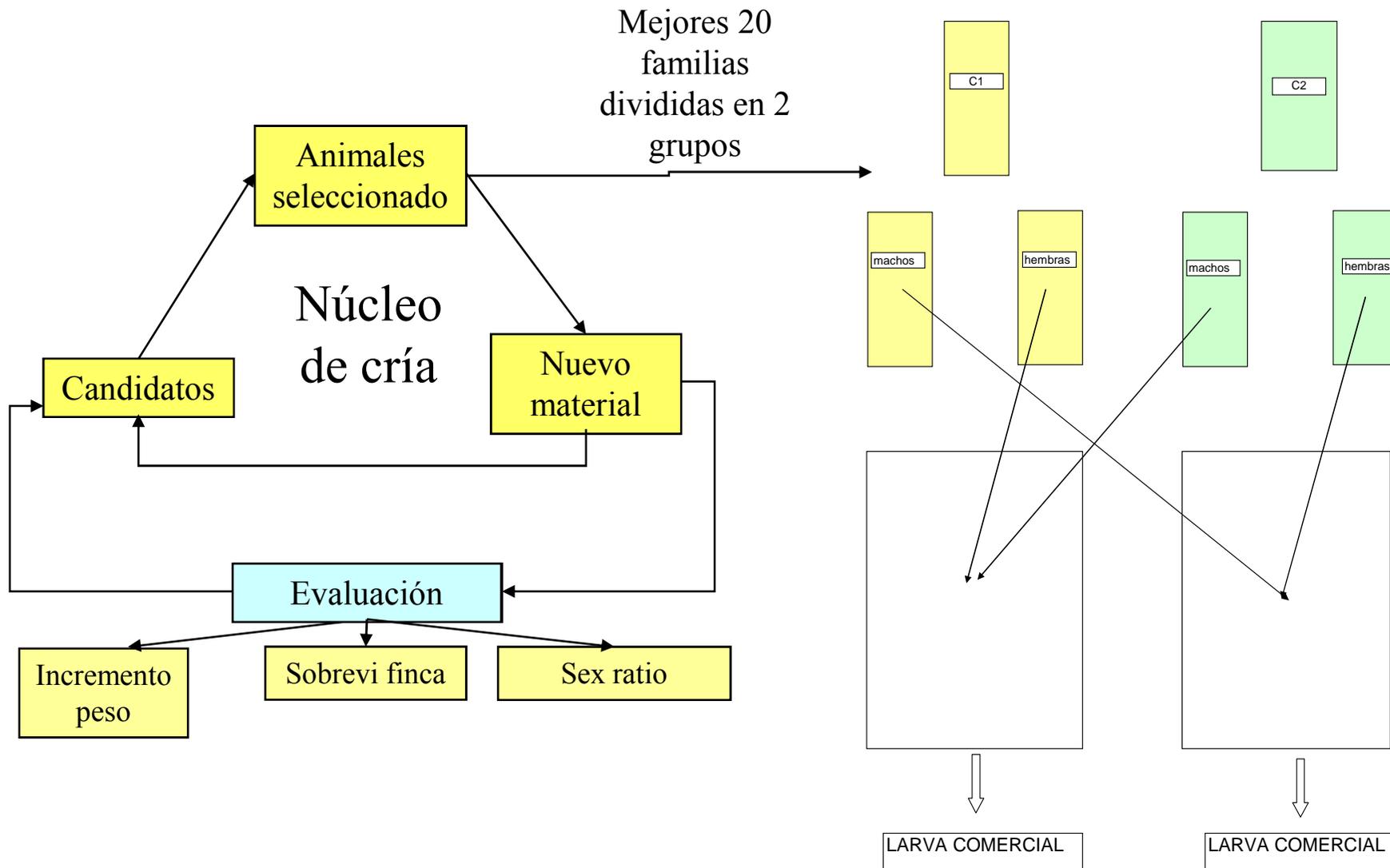
$h^2 = 0.50$

$\Delta G = 35$ grs

Ganancia = 12%

$$\Delta G = i * h^2 * \sigma_A / L$$

Diseminación al sector productivo



Logros

- Se creó una población base con aporte de 7 diferentes líneas de *O. niloticus* nacionales utilizando un sistema de cruces dialélico
- Se produjeron familias de hermanos enteros y medios
- Se marcaron los animales con PIT en una talla promedio de 6 gr.
- Se evaluó el crecimiento de los individuos y familias talla comercial.
- Se cuenta con dos grupos de disseminación de material para ser evaluados comercialmente

Conclusiones

- La heredabilidad obtenida a los 300 gr indica que es posible obtener ganancias para crecimiento por medio de la selección
- La heredabilidad estimada hasta talla de sexaje fue menor que la obtenida en peso de cosecha e indica el efecto común ambiental hasta los 50 gramos es grande
- Hay un componente genético aditivo en la proporción machos hembra que puede ser explotado en el objetivo de cría
- La heterosis general fue baja. Sin embargo se vio efecto de heterosis importante al combinar dos líneas específicas.
- Con el fin de maximizar la ganancia se puede combinar estrategias de genética aditiva y no aditiva



Conclusiones



- Los resultados preliminares son muy prometedores. Sin embargo se debe tener en cuenta que un programa de selección es a largo plazo y los resultados y para obtener mejores conclusiones debemos esperar la cosecha de los animales hasta talla comercial.



MUCHAS GRACIAS AL GRUPO DE TRABAJO

- **CENIACUA**

- Klaus Rodríguez
- Francisco Pérez
- Ximena Martínez
- Constanza Erazo
- Carlos Pulgarin

- **ICA**

- Maria del Pilar Rodríguez
- Jaime Vallecia
- Dra Martha de a Pava
- Libardo Mejia

- **ACUANAL**

- Jorge Mario Díaz