

C/4493



Manejo de la consanguinidad en programas de mejoramiento genético de salmones

Por José Gallardo

Investigador en mejoramiento genético de salmones
Universidad de Chile

Profesor de Acuicultura
Universidad Mayor

Conceptos

¿Que es el mejoramiento genético?

Según los genetistas:

Son técnicas y procedimientos de genética que permiten modificar caracteres biológicos de importancia económica en una dirección deseada.

Según los productores:

Es una innovación tecnológica que permite aumentar la eficiencia de los procesos productivos, da prestigio y valor a sus productos.

Conceptos

Técnicas y procedimientos para realizar mejoramiento genético

TRADICIONAL

Migración: Incorporación de genes de poblaciones genéticamente superiores, mediante compra de ovas o peces.

Cruzamiento: mediante el apareamiento de individuos de distinto origen genético (Cruzamientos entre razas o variedades) se intenta conseguir un efecto de vigor híbrido.

Selección artificial: Los mejores animales son seleccionados de acuerdo a su mérito genético.

ASPECTO EN COMÚN: Aumentan la frecuencia de genes o combinaciones de genes favorables en una población.

GENÉTICA Y BIOTÉCNOLÓGICA MODERNA

Manipulaciones cromosómicas.

Ingeniería genética.

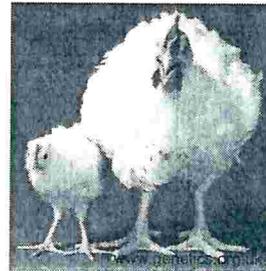
Genómica

ASPECTO EN COMÚN: Modifican cromosomas o genes (con función conocida) de manera directa.

Conceptos

¿Por qué implementar un PMG tradicional?

1. Aumenta la eficiencia de los procesos productivos.
2. Razón inversión/beneficio = US\$ 1/50.
3. No implementarlo implica que otras empresas acumularan el beneficio y uno se hará menos eficiente en relación al resto.



Progreso genético de los últimos 50 años en producción animal:

- 1.- La producción de huevos incrementó de 90 a 250 huevos por año
- 2.- El tiempo para producir un pollo parrillero bajo de 30 a 6 semanas.

Conceptos

¿Por qué implementar un PMG en acuicultura y en Chile?

**** $\Delta G = S h^2 / IG$**

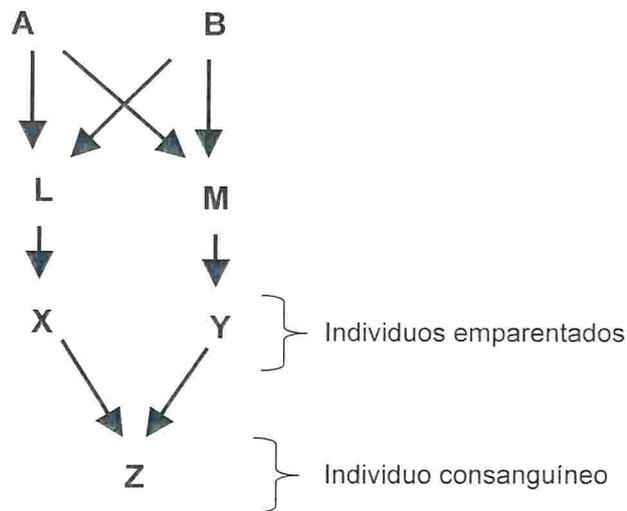
	Animales de granja	Organismos acuáticos
Heredabilidad (h^2)	7-10%	25-35%
Diferencial de selección (S)	Bovinos = Baja y Aves y cerdos = Media	Alta
Intervalo generacional (IG)	Aves = 1-1.5 Bovinos = 3-6	Salmones = 2-4
Respuesta genética observada (ΔG)	1-3 % por generación	10-15% por generación

**** Chile es el segundo productor mundial después de Noruega en cuanto al volumen.**

**** Actualmente más del 70% de la producción de salmones en Chile proviene de peces mejorados genéticamente mediante técnicas tradicionales.**

Conceptos

Parentesco y consanguinidad



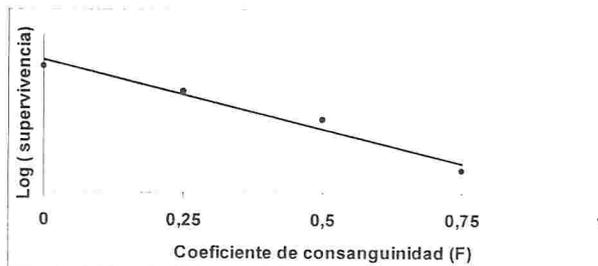
Conceptos

Consecuencias de la consanguinidad

Depresión endogámica:

** Disminución del valor fenotípico promedio (rasgo cuantitativo) en una población (Lynch y Walsh, 1998).

** Aumento de malformaciones en los animales o aumento de enfermedades de tipo hereditarias producto de la consanguinidad (Tave, 1996).

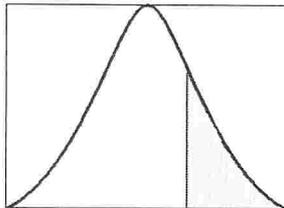


Hipótesis que explican la depresión endogámica

La depresión endogámica se produce por la expresión de genes recesivos perjudiciales en los individuos homocigotos.

Conceptos

La selección artificial produce un incremento de la tasa de consanguinidad (ΔF).



** Individuos emparentados comparten genes en común.

** Los procedimientos de selección suelen seleccionar individuos emparentados.

	ΔG	ΔF
Sin selección	No	Baja
Selección con programa de familias	Alta	Alta

Por lo tanto, es necesario implementar medidas en los PMG para mantener una alta respuesta genética con el menor incremento de la consanguinidad posible.

Primer PMG de salmones en Chile

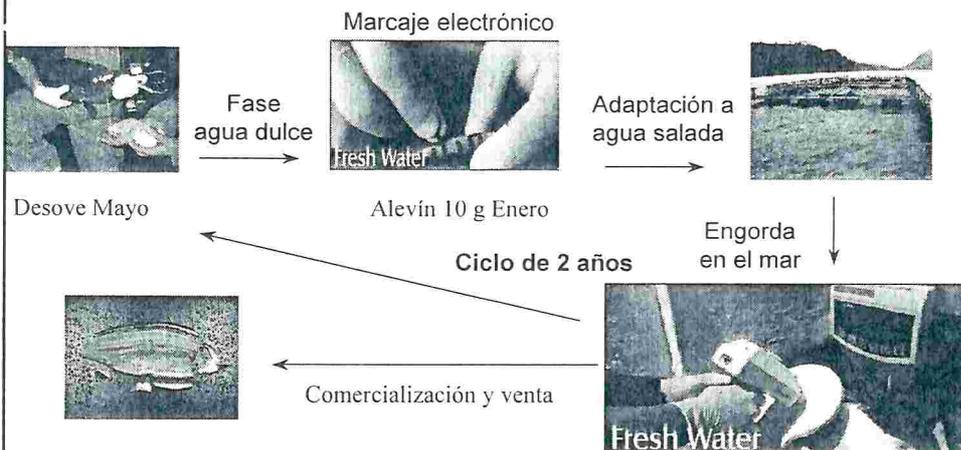
PMG de salmón Coho: Universidad de Chile e IFOP.



Objetivo de selección = Peso cosecha + Fecha de desove
Evaluación genética = Modelo animal
Sistema de cruzamientos: aleatorio pero evitando el cruzamiento entre hermanos.

Primer PMG de salmones en Chile

Ciclo productivo



El **marcaje electrónico (TAG)** permite mantener la genealogía y por tanto realizar las **evaluaciones genéticas** como en otros sistemas de producción animal.

Cosecha y registro Fenotípico.

© 2005 José A. Gallardo Matus. Todos los derechos reservados.

Primer PMG de salmones en Chile

Estructura poblacional

Even population				Odd population			
Year	Sire	Dam	Progeny at harvest	Year	Sire	Dam	Progeny at harvest
1992	22	50	851	1993	36	99	1632
1994	33	93	951	1995	32	102	1746
1996	27	103	4796	1997	33	100	4070
1998	30	100	4458	1999	31	98	2220
2000	34	99	3796	2001	43	100	2159

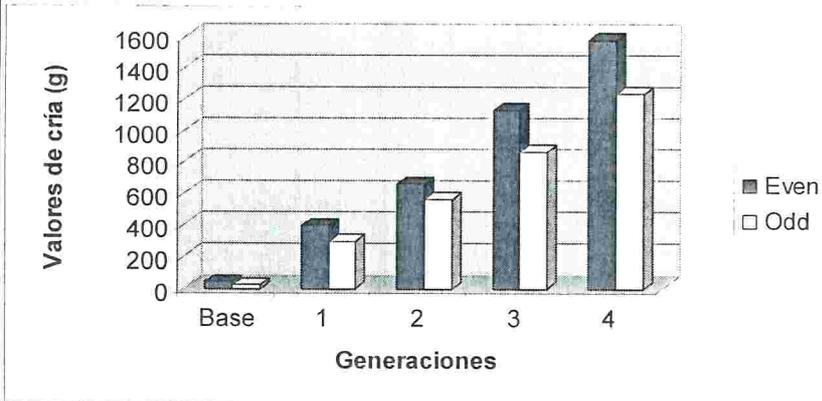
Primer PMG de salmones en Chile

Porcentaje de familias seleccionadas por generación

Par	Sires	Dams	% selected Sires	%selected Dams
1992	20 (22)	39 (50)	90,9	78
1994	23 (33)	41 (93)	69,7	44
1996	17 (27)	38 (103)	63	37
1998	21 (30)	40 (100)	70	40
		Promedio	73	44
Impar				
1993	31 (36)	57 (99)	86	57
1995	25 (32)	51 (102)	78	50
1997	27 (33)	46 (100)	81	47
1999	20 (31)	49 (98)	64	50
		Promedio	77	65

Primer PMG de salmones en Chile

Respuesta genética a la selección: Peso a la cosecha

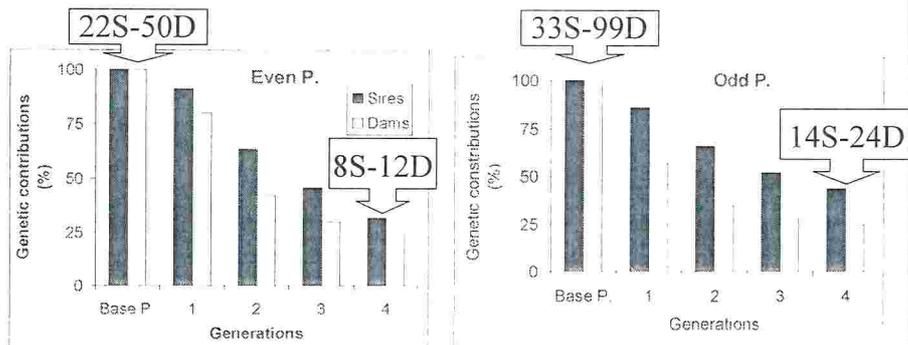


Atlantic salmon	10.6-14.2 %	Gjerde et al., 1986
rainbow trout	13.0%	Gjerde et al., 1986
channel catfish	12-20 %	Dunham, 1987
Coho salmon	10.1 %	Hershberger et al., 1990
Coho salmon	9.1%	Neira et al., 2002
Tilapias	17.0%	Ekmath, 1997
Marine Shrimp	4.4%	Fjalestad et al., 1997

ΔG par = 15%
 ΔG impar = 12%

Primer PMG de salmones en Chile

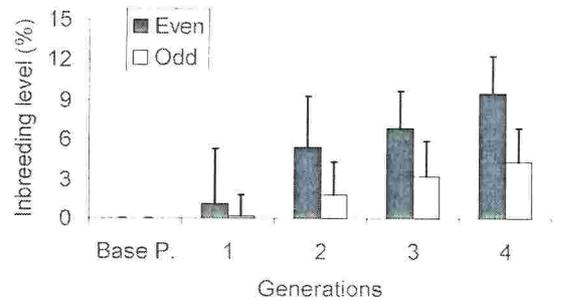
Efecto de la selección sobre la contribución genética de largo plazo de los padres fundadores



Una alta proporción de los padres fundadores (56-76%) no contribuye con sus genes en la cuarta generación.

Primer PMG de salmones en Chile

Consanguinidad y Depresión endogámica



Pop.	Ne	ΔF
Even	61	2.4 %
Odd	106	1.1 %

Especie	Rasgo/ estado de desarrollo	DE	Ref.
<i>Salmo salar</i>	Peso a la cosecha	-2.6*	Rye y Mao (1998)
<i>O. mykiss</i>	Peso a la cosecha	-5.0*	Pante <i>et al.</i> (2001b)
<i>O. kisutch</i>	Peso a la cosecha	-1.5	Neira <i>et al.</i> (2006a)
<i>O. tshawytscha</i>	IGS ¹ (macho)	-2.5*	Heath <i>et al.</i> (2002)
<i>O. kisutch</i>	IGS (hembra)	-5.3*	Gallardo <i>et al.</i> (2004)

* P<0.05

Primer PMG de salmones en Chile

Estrategias para reducir el incremento de la consanguinidad

1.- Cruzamientos aleatorios pero evitando el cruzamiento entre hermanos (R).

2.- Sistema de cruzamientos que minimiza *F* por generación (MC)

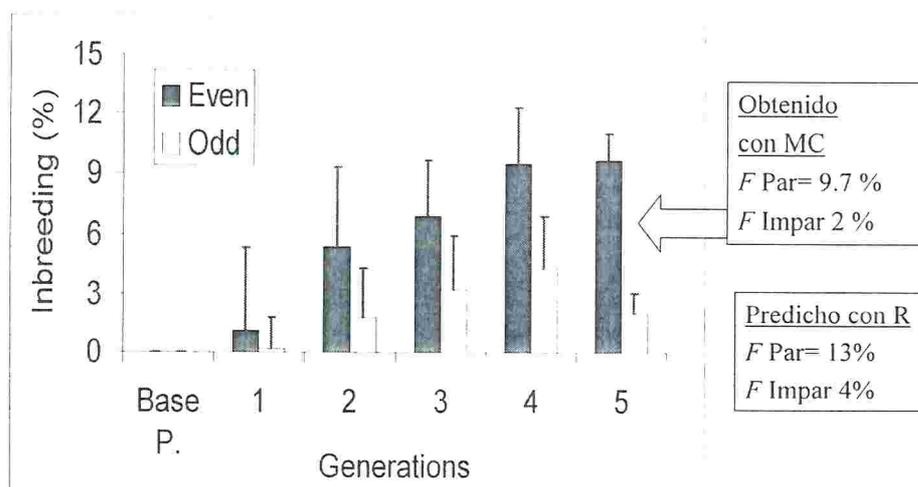
- a) Se determina la consanguinidad de cada posible cruce entre los animales seleccionados como reproductores (50 x 300 = 15.000 posibles cruces).
- b) Para cada día de desove y después de que la cantidad y calidad de los gametos se ha establecido se construye una **función objetivo**:

$$3.65 X1 + 5.8 X2 + 12.5 X3 + 25 X4 + 10 X5 + 0.5 X6$$

número de cruces seleccionados

Cruces seleccionados		
Hembras	Macho 1	Macho 2
1	X1 = 1	X4 = 0
2	X2 = 1	X5 = 0
3	X3 = 0	X6 = 1

Manejo de la consanguinidad



Técnicas de genética molecular utilizadas en conservación y mejoramiento genético de especies acuícolas

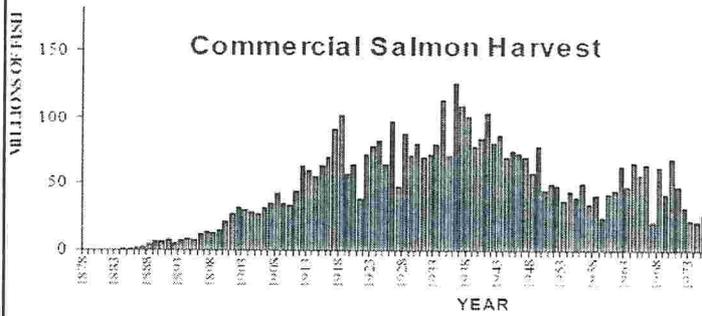
Por José Gallardo

Profesor de Acuicultura
Universidad Mayor

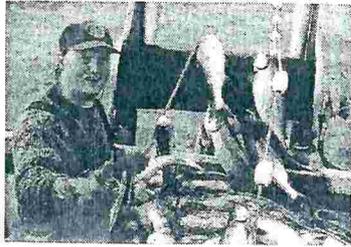
Investigador en mejoramiento genético de salmones
Universidad de Chile

Conservación

El colapso de la pesquería del salmón: Ejemplo Alaska



La pesquería está compuesta de 5 especies: Pink, Coho, Sockeye, Chum, Chinook.

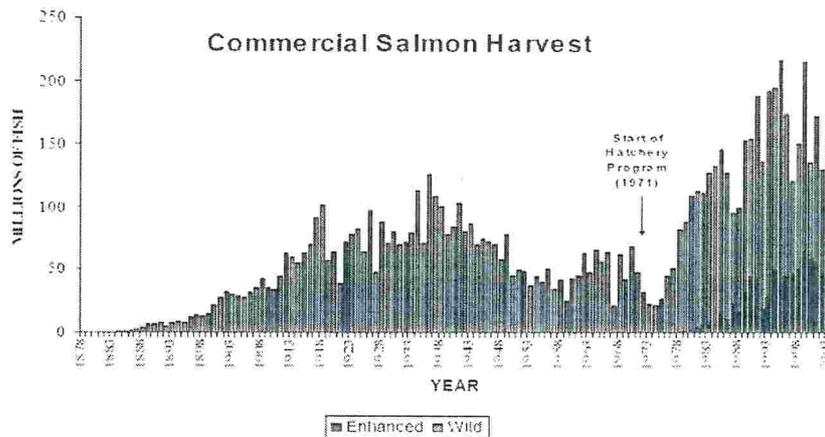


Conservación

¿Qué conservar de las especies acuícolas?

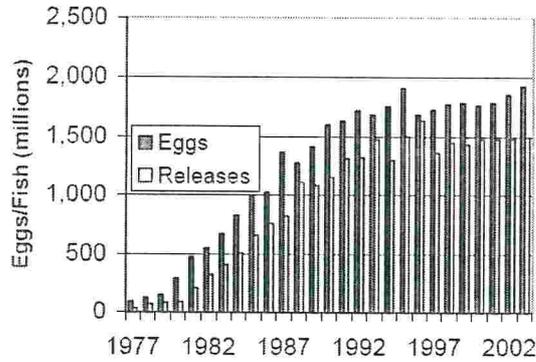
- ** La *biomasa* por su valor económico.
- ** Las especies por su valor para la biodiversidad.
- ** La diversidad genética dentro de cada población para mantener su "potencial evolutivo".

En Alaska han decidido hacerlo todo ¡ ¡ ¡

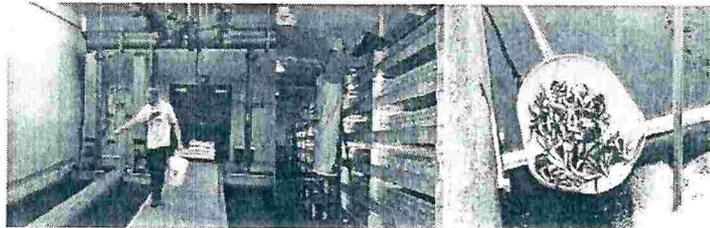


Conservación

Aumentando la biomasa y conservando las especies.



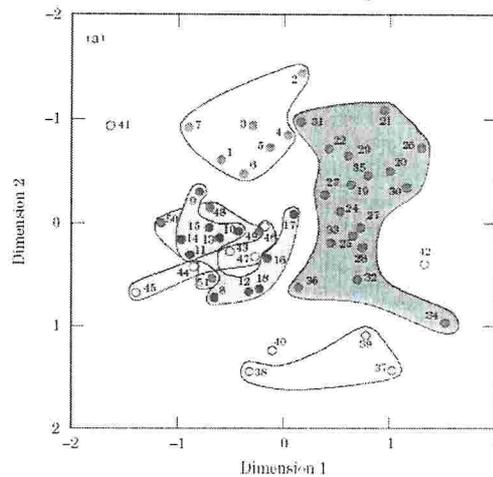
La cantidad de peces liberados es proporcional a la abundancia de las distintas especies.



Conservación

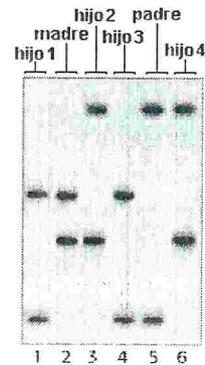
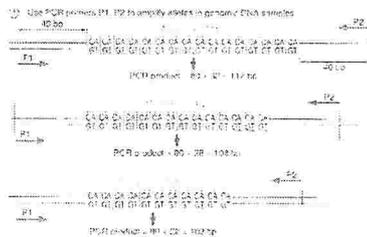
Manteniendo la diversidad genética molecular

Estructura poblacional de salmón silvestre en base a distancia genética.



Análisis de paternidad usando marcadores de ADN

Uso de microsatélites

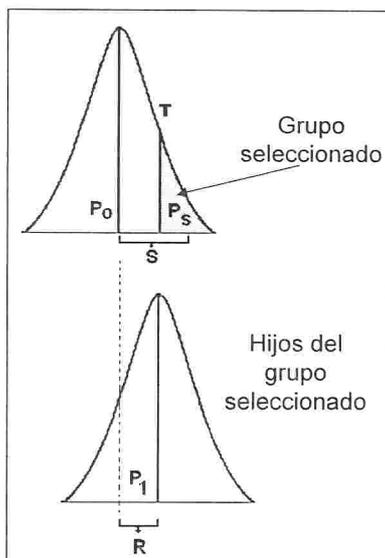


Assignment of offspring in parentage study under three different scenarios

Result	Genotypes from		
	8 Microsatellite loci ^a	4 microsatellite loci ^b	15 microsatellite loci ^c
% of offspring assigned to true parents and no others	95.6%	94.3%	100%
% of offspring assigned to 2 sets of parents (including true parents)	3.3%	4.6%	0%
% of offspring wrongly assigned or assigned to no parental pair	1.1%	1.1%	0%

Mejoramiento genético

Selección artificial por métodos tradicionales



Carácter	h ²
Peso a la cosecha (salmón)	0.2-0.5
Número de ova verde (salmón)	0.42
Peso cuerpo (camarón)	0.20-0.21
Día de desove (salmón)	0.24
Contenido lípido en el músculo (salmón)	0.20
Color (cantaxantina)	0.07
Textura del filete (salmón)	0.07
Resistencia al síndrome de la mancha blanca (camaron)	0.03-0.07
Resistencia a caligus	0.02-0.14

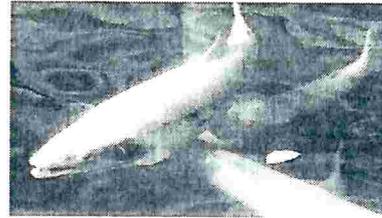
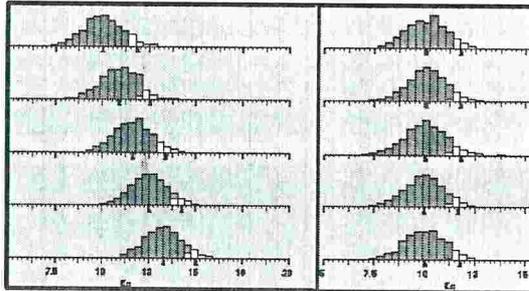
$$R = h^2 S$$

Mejoramiento genético

Problemas actuales en mejoramiento genético

Heredabilidad del peso del cuerpo ($h^2= 0.40$): alto componente genético

Heredabilidad color del salmón ($h^2= 0.07$): alto componente ambiental



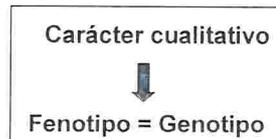
¿Cómo aumentar la respuesta a la selección en caracteres con baja heredabilidad?

¿Cómo evitar la aparición de caracteres indeseables?

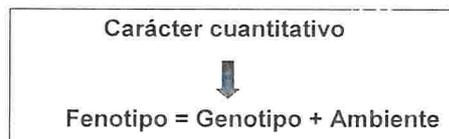
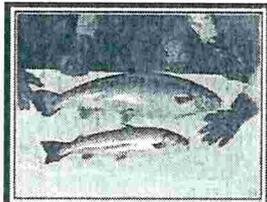
Mejoramiento genético

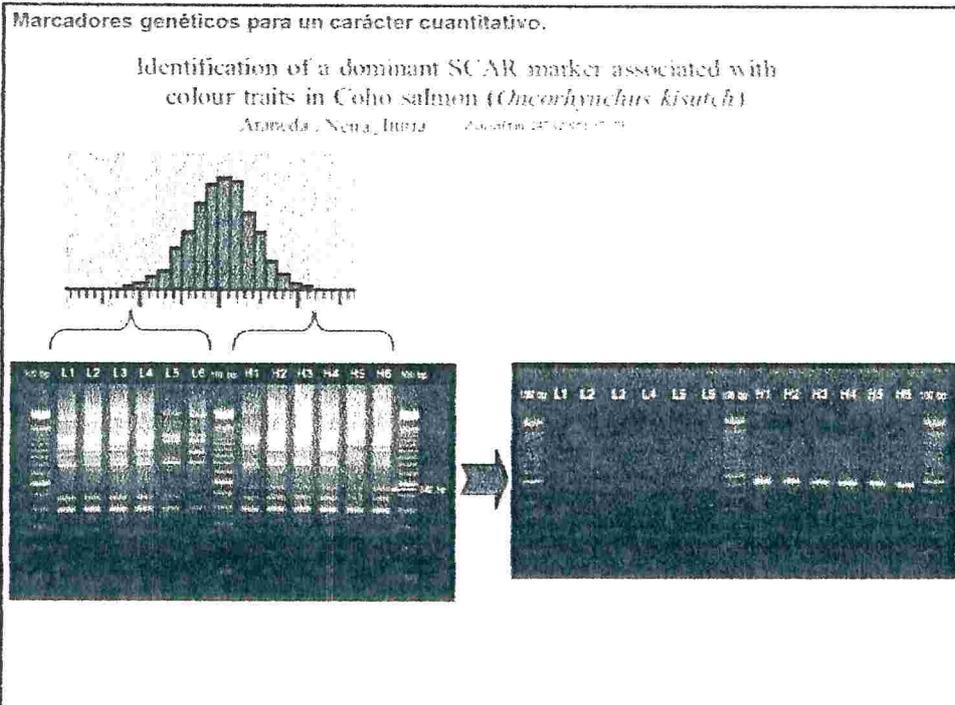
Carácter cualitativo

Carácter cualitativo: Propiedad específica de un organismo que es controlada solo por los genes.



Carácter cuantitativo: Propiedad específica de un organismo que es controlada por muchos genes, y en mayor o menor medida por el ambiente.





Genómica

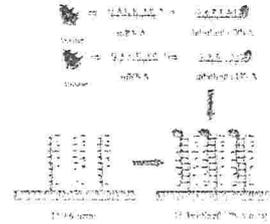
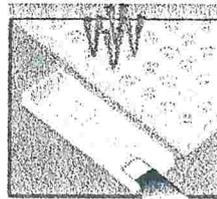
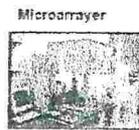
Genomas y genes

Especie	Tamaño	Cromosomas (n)	Genes ingresados a NCBI
<i>H. Sapiens</i>	3.000 Mb	23	32.786
<i>Bos taurus</i>	3.000 Mb	30	23.647
<i>Danio rerio</i>	1.700 Mb	25	18.429
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	2.400 Mb	30	13
<i>Salmo salar</i>	~ 3.000 Mb	29	13
<i>Argopecten purpuratus</i>	~ 1.200 Mb	-	-
<i>Mytilus chilensis</i>	~ 1.700 Mb	-	-

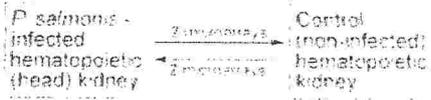
 **National Center for Biotechnology Information**
 National Library of Medicine National Institutes of Health

NCBI: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez>

Construcción y uso de un Chip de ADN (Microarrays)



hematopoietic kidney study



Greater than 2-fold up-regulated in infected

macrophage only 64 7 23 kidney only

Both

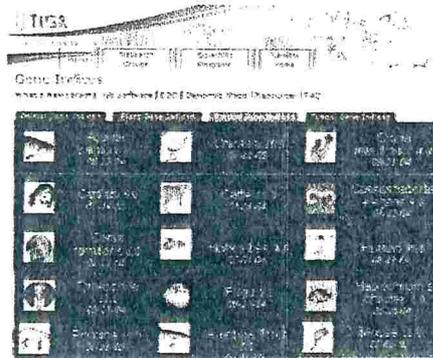
Greater than 2-fold down-regulated in infected

macrophage only 27 4 35 kidney only

Both

Pinacol. Genomics 20:21-35, 2004 <http://www.tandf.co.uk/journals>

EST (expressed sequence tag).

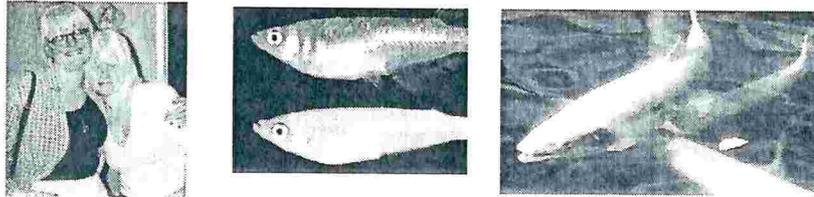


<http://www.tigr.org/tdb/tgi/index.shtml>

Especie	EST
Salmo salar	31,341
Ictalurus punctatus	23,262
Cattle (Bos taurus)	108,743
Canis familiaris	36,630
Gallus gallus	113,951
Ciona intestinalis	38,221
Drosophila melanogaster	36,289
Human (Homo sapiens)	835,426
Mouse (Mus musculus)	780,022
Porcine (Sus scrofa)	104,327
Rat (Rattus norvegicus)	147,056
Oncorhynchus mykiss	57,020
Zebrafish (Danio rerio)	93,442

Biomarcadores

Gen TYR: Codifica para la enzima, tirosinasa, que cataliza la síntesis de pigmento a partir de tirosina. Este gen también es responsable del albinismo en otras especies de vertebrados como medaka.



Tirosinase de trucha tienen un 58 % de homología con ratón.

Biomarcadores

Genetic selection and molecular analysis of domesticated rainbow trout for enhanced growth on alternative diet sources

Ken Overturf^a, Dan Bullock^a, Scott LaPatra^b & Ron Hardy^c

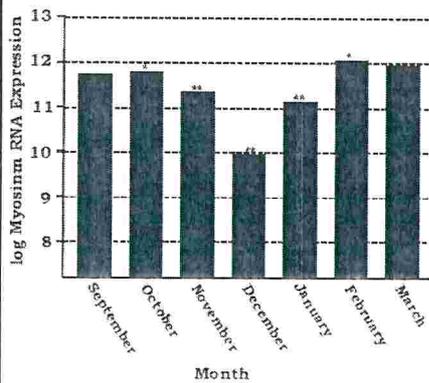


Figure 1. Analysis of myosin expression in families from four different trout strains reared under selection for weight and FCR for 7 months.

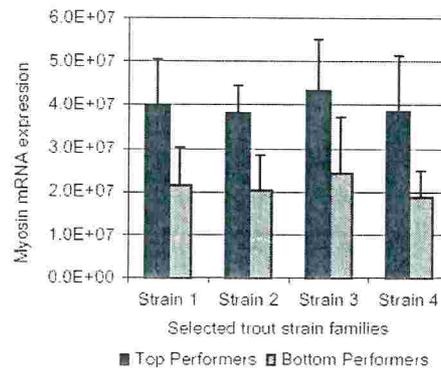


Figure 2. Myosin expression levels in muscle RNA from steelhead maintained on constant feed reared in outdoor raceways.

Agradecimientos

- Al Instituto de acuicultura y en especial al Dr. Kurt Paschke y a la Dra. Ana Farias por las facilidades otorgadas en la realización de esta actividad de difusión.
- Este documento fue realizado gracias al apoyo del Programa de Captura y Difusión Tecnológica de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), mediante el financiamiento de la actividad de formación titulada "Participación en la reunión anual N° 135 de la American Fisheries Society". Actividad que se realizó en Alaska en el mes de septiembre de 2005.



Técnicas de genética molecular utilizadas en conservación y mejoramiento genético de especies acuícolas

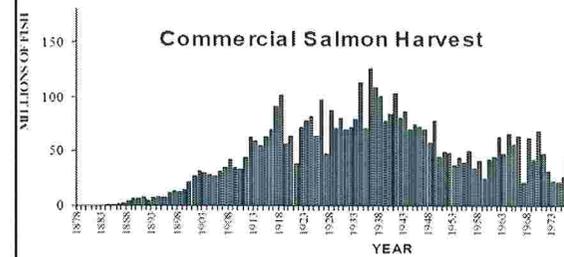
Por José Gallardo

Profesor de Acuicultura
Universidad Mayor

Investigador en mejoramiento genético de salmones
Universidad de Chile

Conservación

El colapso de la pesquería del salmón: Ejemplo Alaska



La pesquería está compuesta de 5 especies: Pink, Coho, Sockeye, Chum, Chinook.

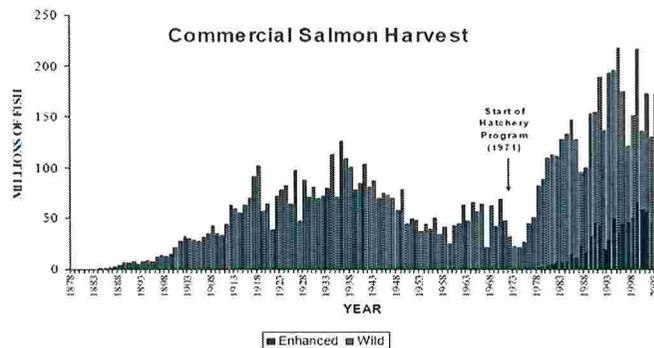


Conservación

¿Qué conservar de las especies acuícolas?

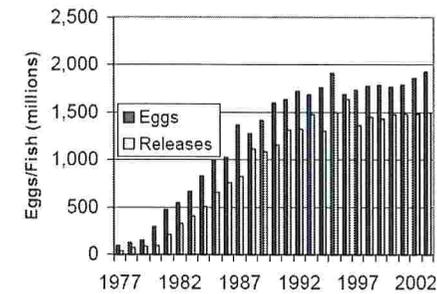
- ** La *biomasa* por su valor económico.
- ** Las especies por su valor para la biodiversidad.
- ** La diversidad genética dentro de cada población para mantener su "potencial evolutivo".

En Alaska han decidido hacerlo todo i i i



Conservación

Aumentando la biomasa y conservando las especies.

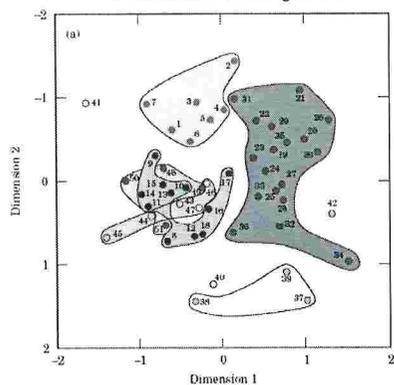


La cantidad de peces liberados es proporcional a la abundancia de las distintas especies.

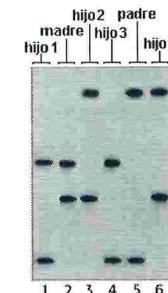
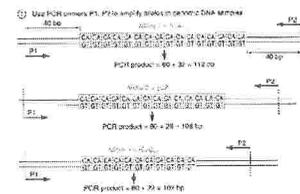


Manteniendo la diversidad genética molecular

Estructura poblacional de salmón silvestre en base a distancia genética.



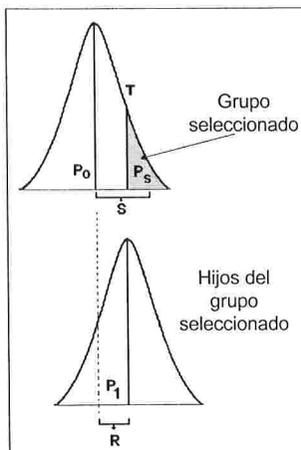
Uso de microsatélites



Assignment of offspring in percentage study under three different scenarios

Result	Genotypes from:		
	8 Microsatellite loci ^a	4 microsatellite loci ^b	15 microsatellite loci ^c
% of offspring assigned to true parents and no others	95.6%	94.3%	100%
% of offspring assigned to 2 sets of parents (including true parents)	3.3%	4.6%	0%
% of offspring wrongly assigned or assigned to no parental pair	1.1%	1.1%	0%

Selección artificial por métodos tradicionales



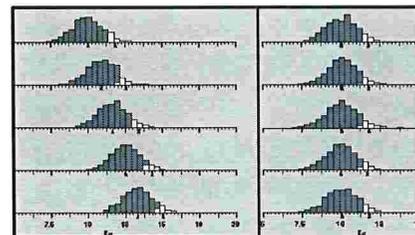
Carácter	h ²
Peso a la cosecha (salmón)	0.2-0.5
Número de ova verde (salmón)	0.42
Peso cuerpo (camarón)	0.20-0.21
Día de desove (salmón)	0.24
Contenido lípido en el músculo (salmón)	0.20
Color (cantaxantina)	0.07
Textura del filete (salmón)	0.07
Resistencia al síndrome de la mancha blanca (camaron)	0.03-0.07
Resistencia a caligus	0.02-0.14

$$R = h^2 S$$

Problemas actuales en mejoramiento genético

Heredabilidad del peso del cuerpo (h²= 0.40): alto componente genético

Heredabilidad color del salmón (h²= 0.07): alto componente ambiental



¿Cómo aumentar la respuesta a la selección en caracteres con baja heredabilidad?

¿Cómo evitar la aparición de caracteres indeseables?

Mejoramiento genético

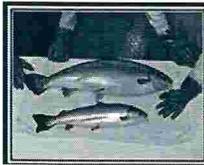
Carácter cualitativo

Carácter cualitativo: Propiedad específica de un organismo que es controlada solo por los genes.



Carácter cualitativo
↓
Fenotipo = Genotipo

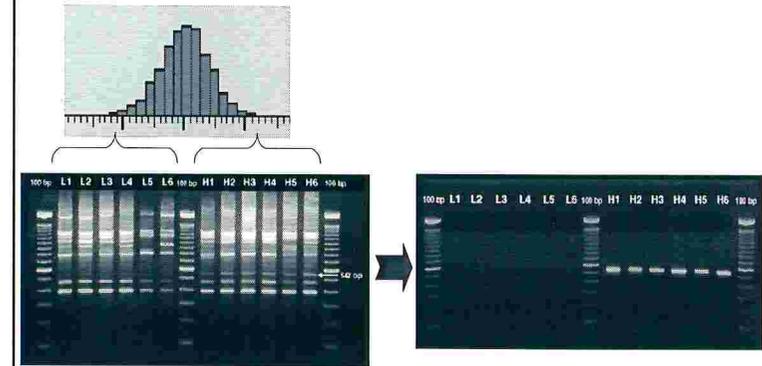
Carácter cuantitativo: Propiedad específica de un organismo que es controlada por muchos genes, y en mayor o menor medida por el ambiente.



Carácter cuantitativo
↓
Fenotipo = Genotipo + Ambiente

Marcadores genéticos para un carácter cuantitativo.

Identification of a dominant SCAR marker associated with colour traits in Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*)
Aranca, Neira, Iturra Aquaculture 247 (2005) 67–73

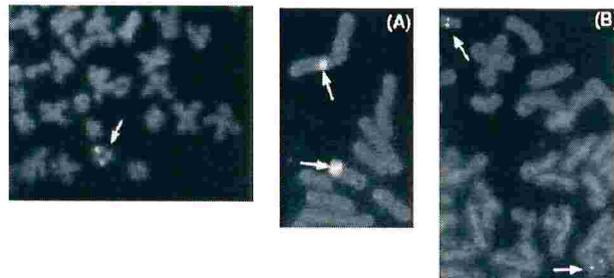


Marcadores genéticos para un carácter cualitativo.

Characterization of sex chromosomes in rainbow trout and coho salmon using fluorescence *in situ* hybridization (FISH)

P. Iturra¹, N. Lam¹, M. de la Fuente¹, N. Vergara¹ & J.F. Medrano²

Genetica 111: 125-131, 2001.
© 2001 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.

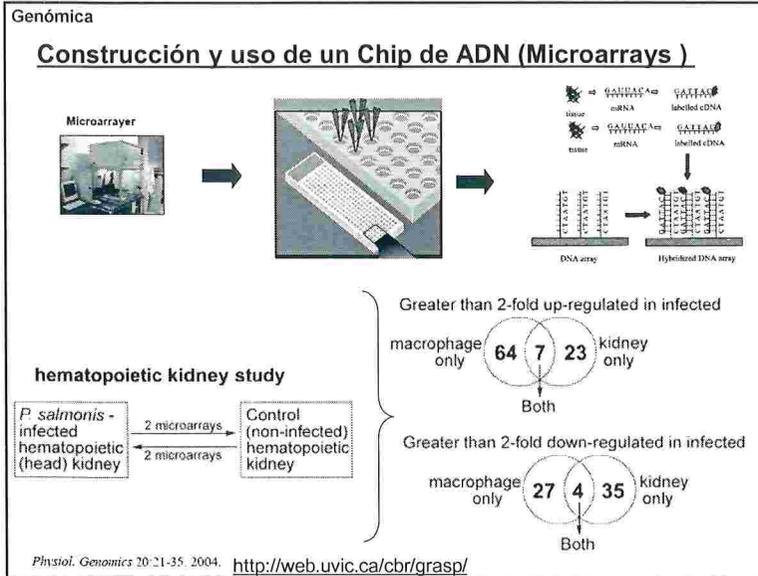


Genómica

Genomas, genes, EST (secuencias expresadas).

Especie	Tamaño	Cromosomas (n)	Genes ingresados a NCBI	ESTs ingresados a NCBI
<i>H. Sapiens</i>	3.000 Mb	23	32.786	54.576
<i>Bos taurus</i>	3.000 Mb	30	23.647	39.048
<i>Danio rerio</i>	1.700 Mb	25	18.429	31.681
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	2.400 Mb	30	13	24.362
<i>Salmo salar</i>	~ 3.000 Mb	29	13	8.371
<i>Argopecten purpuratus</i>	~ 1.200 Mb	-	-	-
<i>Mytilus chilensis</i>	~ 1.700 Mb	-	-	-

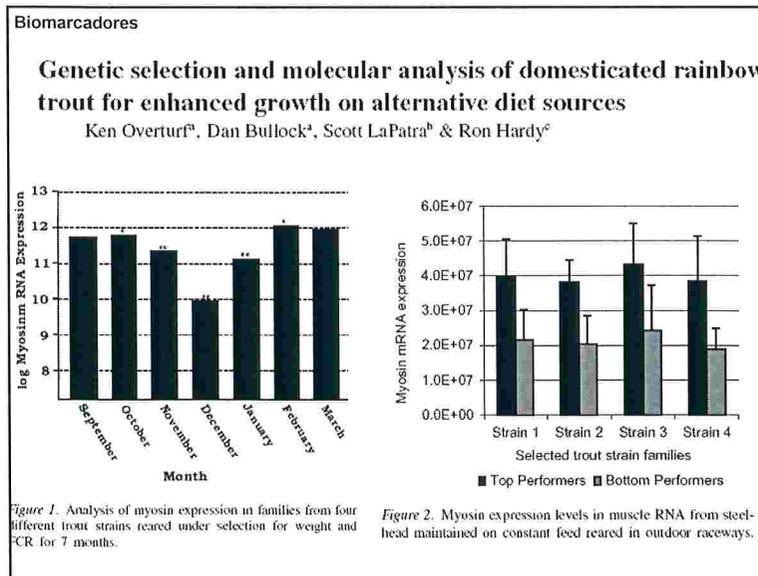
NCBI: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez>



Biomarcadores

Gen TYR: Codifica para la enzima, tirosinasa, que cataliza la síntesis de pigmento a partir de tirosina. Este gen también es responsable del albinismo en otras especies de vertebrados como medaka.

Tirosinase de trucha tienen un 58 % de homología con ratón.



Agradecimientos

- Al Instituto de acuicultura y en especial al Dr. Kurt Paschke y a la Dra. Ana Farias por las facilidades otorgadas en la realización de esta actividad de difusión.
- Este documento fue realizado gracias al apoyo del Programa de Captura y Difusión Tecnológica de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), mediante el financiamiento de la actividad de formación titulada "Participación en la reunión anual N° 135 de la American Fisheries Society". Actividad que se realizó en Alaska en el mes de septiembre de 2005.