RELACIÓN ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y AMBIENTALES DEL AGUA Y EL GRADO DE INTROGRESIÓN GENÉTICA ENCONTRADO EN LAS POBLACIONES DE TRUCHA COMÚN EN RÍOS ARAGONESES

Mitjana, O. [1], Alabart, J.L. [2], Blasco, J.M. [2], Clavero, J.L. [3], Josa, A. [1] y Espinosa, E.[1]
[1]Unidad de Reproducción. Facultad Veterinaria. Zaragoza. España. *omitjana@unizar.es*
[2]CITA-DGA. Zaragoza. España
[3] Dirección General del Medio Natural. D.G.A. Zaragoza. España

INTRODUCCION

La trucha común "*Salmo trutta fario*" es una de las especies más apreciadas para la pesca deportiva en Europa, considerándose un importante recurso turístico-económico en muchas regiones. Durante muchas décadas la gestión de este recurso en nuestro país ha consistido mayoritariamente en el uso de repoblaciones reiteradas con stocks de truchas alóctonas criadas en piscifactorías. Dichas introducciones han producido una degradación genética (conocida generalmente como introgresión) muy importante en nuestras poblaciones autóctonas. Uno de los factores que hay que tener en cuenta para estimar el potencial daño genético producido dichas repoblaciones es la tasa de supervivencia o la capacidad de migración de estas poblaciones repobladas en los ríos donde han sido introducidas. Estudios previos realizados en España (Almodóvar et al., 2006, Martínez et al., 1993) sugieren que existe una relación importante entre las condiciones medioambientales y el grado de introgresión de las poblaciones de trucha en distintos ríos. Por ejemplo, los estudios de Martínez et al. (1993) sugieren que las poblaciones de pequeños ríos gallegos poseen menores tasas de introgresión que las residentes en lagos, si bien estudios llevados a cabo en Dinamarca (Hansen et al., 2009) y Noruega (Heggenes et al., 2005) sugieren lo contrario, con poblaciones residentes en lagos presentando tasas de introgresión muy bajas.

El objetivo de este trabajo fue confrontar los primeros datos de introgresión genética obtenidos en varias poblaciones de trucha en Aragón y tratar de correlacionarlos con los parámetros de calidad físico-químicos de los puntos de muestreo.

MATERIAL Y MÉTODOS

La tasa de introgresión genética se calculó en función de la presencia (expresada en porcentaje de individuos) del alelo LDH C1*90, fijado en las poblaciones centroeuropeas alóctonas usadas para la repoblación de los ríos Aragoneses. Por el contrario, nuestras poblaciones autóctonas del área de estudio poseen fijado el alelo LDH C1*100. La técnica de PCR-RFLPs descrita por McMeel et al. (2001) fue la utilizada para comprobar el grado de introgresión de las poblaciones muestreadas. El grado de introgresión se clasificó en 4 categorías: salvaje (ausencia del alelo LDH C1*90), baja (presente en menos del 10% de individuos), alta (10-50%) y severa (mayor del 50%) teniendo en consideración los criterios descritos por Almodóvar et al. (2006). Los datos hidrológicos se obtuvieron de 16 estaciones de la red de control de calidad de aguas superficiales de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE), en función de la proximidad a los tramos muestreados. El periodo de estudio fue el comprendido entre 1995 y 2005, siendo los parámetros registrados: el pH, conductividad a 20ºC (µS/cm), porcentaje de saturación de oxígeno (%), bicarbonatos (mg/l CO_3Ca) y temperatura del agua (ºC).

La correlación entre el grado de introgresión con los parámetros físico-químicos descritos anteriormente, así como con su desviación estándar (d.s.), coeficiente de variación (d.s.·100/$\bar{x}$), valores máximo y mínimo, se analizaron mediante el coeficiente de correlación de Spearman con el paquete estadístico SAS**.** Las diferencias entre las diferentes categorías de introgresión y los parámetros mencionados anteriormente se analizaron mediante ANOVA y test de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSION

El grado de introgresión se encontró correlacionado significativamente tanto con los valores mínimos del pH, desviación estándar del porcentaje de saturación de O_2, así como en los valores mínimos de temperatura (Tabla 1). Es decir, temperaturas mínimas más elevadas,

valores más altos de pH mínimo, así como mayores variaciones en el grado de saturación de oxígeno, se asociaron a niveles de introgresión más elevados

En cuanto a la saturación de O_2, las poblaciones con baja introgresión habitan en aguas cuyos coeficientes de variación son menores, tienen una menor desviación estándar y valores más altos en el porcentaje de saturación mínimo respecto a las poblaciones con introgresión severa (Tabla 2). Por otra parte, parece existir también una cierta tendencia de las poblaciones con introgresión baja a ser más exigentes en el porcentaje de saturación que las salvajes. Las poblaciones con introgresión severa ocupan lugares con mayores variaciones y valores mínimos. Aunque la temperatura del agua no difirió significativamente entre poblaciones, sí se observó una tendencia de las poblaciones salvajes o con baja introgresión a vivir en temperaturas más extremas que las poblaciones con introgresión alta o severa. En resumen, aguas con pH mínimos más altos, mayores variaciones del porcentaje de la saturación de oxígeno y temperaturas mínimas más altas se corresponden generalmente con poblaciones con mayores tasas de introgresión. Todos estos resultados coinciden en parte con los de Almodovar et al., (2006), si bien nosotros no encontramos diferencias significativas con respecto a los bicarbonatos y la conductividad del agua.

Al relacionar el grado de introgresión con las características medioambientales de los tramos muestreados, encontramos que poblaciones más salvajes (tasas de introgresión nulas o bajas) se encuentran en aguas con caudales medios más altos, mayores variaciones y caudales máximos mayores. Por el contrario, las poblaciones con una introgresión severa se sitúan generalmente en caudales medios, mínimos y máximos más bajos, es decir en lugares de poca corriente y caudales constantes, mientras que las otras poblaciones pueden vivir en los puntos de mayores corrientes y más variación de caudal. Nuestros resultados globales son coincidentes también con los encontrados por otros autores. En conclusión, las poblaciones con mayor introgresión (normalmente poblaciones repobladas periódicamente) suelen habitar en los tramos de ríos en principio más estables, es decir, con menores variaciones de caudales y mejores características físico-químicas, lo que podría afectar negativamente a los ejemplares nativos puros, relegándolos a las partes del río más desapacibles (Almodovar et al., 2006; Williams et al., 1997). En consecuencia, una profunda revisión de las políticas de repoblación debería ser realizada si lo que se persigue es la conservación de nuestras poblaciones autóctonas de trucha.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

• Almodovar, A., Nicola, G., Elvira, B. & Garcia-Marin, J.L.2006. Introgression variability among Iberian brown trout Evolutionary Significant Units: the influence of local management and environmental features. Freshwater Biol. 51: 1175-1187. • Hansen, M.M., Fraser, D., Meier, K., & Mensberg, K. 2009. Sixty years of anthropogenic pressure: a spatio-temporal genetic analysis of brown trout populations subject to stocking and population declines. Mol. Ecol. 18: 2549–2562 • Heggenes, J., Skaala, Ø., Borgstrøm, R. & Igland, O.T. 2005. Minimal gene flow from introduced brown trout (Salmo trutta L.) in the local population of a Norwegian lake after 30 years of stocking. J. Appl. Ichthyol. 21:1-6. • McMeel, O.M, Hoey, E. & Ferguson, A. 2001. Partial nucleotide sequences, and routine typing by PCR-RFLP, of the brown trout (Salmo trutta) lactate dehydrogenase, LDH-C1*90 and *100 alleles. Mol. Ecol. 10: 29-34. • Martínez, P., Aria, S J., Castro, J. & Sánchez, L. 1993. Differential stocking incidence in brown trout (Salmo trutta) populations from north- western Spain. Aquaculture, 114:203-216. • William, R.N., Leary, R.F & Current, K.P.1997.Localized genetic effects a long term hatchery stocking program on resident rainbow trout in teh Metolius River, Orengon. North American Management 17: 1079-1093

Tabla 1. Valores medios y rango (entre paréntesis) de la media, desviación estándar, coeficiente de variación, y máximo y mínimo de los parámetros físico-químicos estudiados: pH, conductividad a 20ºC (µS/cm), Bicarbonatos (mg/lCO_3Ca), saturación de oxígeno (%) y temperatura del agua (ºC) y el coeficiente de correlación (r) entre dichas variables y el grado de introgresión.*: P<0.05; **: P<0.01.

	VALOR MEDIO	DESVIACION STANDARD	COEFICIENTE VARIACION	VALOR MÍNIMO	VALOR MAXIMO
pH	8.06(7.6-8.3)	0.21(0.18-0.3)	2.69(2.2-3.6)	7.43(6.8-7.8)	8.42(8-8.7)
(n=53)	r= 0.17	r= -0.19	r= -0.16	r= 0.38**	r= 0.08
Conductividad	411(129-1124)	86.89(36.6-554)	20.57(10-49.3)	255(51-758)	637(206-2830)
(N=53)	r= 0.17	r= 0.20	r= 0.07	r= -0.01	r= 0.20
Bicarbonatos	177(146-224)	18.14 (8-27.8)	10.13 (3-13.6)	146(127-211)	209(162-242)
(N=17)	r= 0.31	r= 0.36	r= 0.45	r= -0.14	r= 0.09
Saturación 0_2	96.23 (84-144)	11.1(5.9-31.5)	11.44 (6.1-24)	68.13(13-95)	125(102-200)
(N=53)	r= 0.04	r= 0.31*	r= 0.11	r= 0.31	r= -0.18
Temperatura	11.78(6.4-14.8)	4.35(1.9-6.7)	38.87(13-55.4)	1.94(0-5)	20.85(15.2-27)
(N=53)	r= -0.18	r= 0.06	r= 0.14	r= 0.33**	r= -0.13

Tabla 2. Valores medios ± error Estándar del pH (valores medio y mínimo); porcentaje de saturación de oxigeno (desviación estándar, coeficiente de variación y valor mínimo), en relación a las poblaciones clasificadas según su tasa de introgresión (de acuerdo a los criterios descritos por Almodóvar *et al.,* 2006) . a, b: p>0.05.

POBLACIÓN	pH		Saturación 0_2		
	Valor medio	Valor mínimo	Desviación Standard	Coeficiente/variación	Valor mínimo
SALVAJE (n=20)	8.0 ± 0.07^{b}	7.3 ± 0.06^{b}	11.9 ± 1.6^{ab}	11.7 ± 1.0^{ab}	70.0 ± 3.4^{ab}
BAJA (n=8)	8.2 ± 0.02^{a}	7.5 ± 0.13^{ab}	8.0 ± 0.8^{b}	$8.\ 2\pm0.89^{b}$	76.4 ± 4.9^{a}
ALTA (n=17)	8.1 ± 0.06^{ab}	7.5 ± 0.06^{ab}	10.8 ± 1.1^{ab}	11.6 ± 1.3^{ab}	65.9 ± 5.6^{ab}
SEVERA (n=8)	8.1 ± 0.04^{ab}	7.6 ± 0.06^{a}	12.9 ± 0.6^{a}	13.7 ± 0.7^{a}	59.3 ± 6.7^{b}

RELATIONSHIP BETWEEN GENETIC INTROGRESIÓN IN BROWN TROUT POPULATIONS AND PHYSICOCHEMICAL AND ENVIRONMENTAL FEATURES IN NORTH-EASTERN RIVERS IN SPAIN

ABSTRACT: We tried to correlate the level of genetic introgression in native brown trout populations with some physicochemical and environmental features. Introgresión rates were calculated according the presence (assessed by PCR-RFLP as described by Mc Meel *et al.* 2001) of the LDH C1*90 allele in the populations, which is fixed in central European populations used for restocking, whereas LDH C1*100 is the fixed allele in wild Mediterranean populations in the area of study. Water quality variables were obtained from Confederación Hidrográfica del Ebro data in 10-year series before sampling. Physicochemical characteristics as conductivity, pH, bicarbonates, temperature and Oxygen saturation were analyzed. Average, minimum and maximum, standard deviation and coefficient of variation were calculated for each of the above parameters. Populations were classified as wild (0% introgresión), low affected (less than 10% individuals), highly affected (10-50%) and severely affected (more than 50%). We found that highly affected populations are generally associated to higher minimum temperature and pH as well as to wide oscillations in oxygen saturation levels. Success in restocking using stocks of Atlantic domestic trout is strongly influenced by environmental features. Fortunately, wild populations show a better adaptation being able to colonise the most adverse environments. Restocking policies should be fully revised to preserve wild trout populations.

Keywords: brown trout, genetic, introgression, environmental features.