

Estudio microbiológico de tejido superficial de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) y del agua circundante

Microbiology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) surface tissue and of the water production ponds

José Arturo García Macías¹, Francisco Alfredo Núñez González¹,
Omar Chacón Pineda², Rosa Hayde Alfaro Rodríguez³
y Martín Ricardo Espinosa Hernández⁴

¹Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua, Perif. Fco. R. Almada Km 1, Admón. Correos 4-28, C.P.- 31031, Chihuahua, Chih., México, Tel.- (14) 34 03 03; Fax.- (14) 34 03 45; E-mail.- jgarcia@uach.mx

²Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)

³Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

⁴Asociación de Productores de Trucha Región Madera, A.C.

García Macías, J. A., F. A. Núñez González, O. Chacón Pineda, R. H. Alfaro Rodríguez y M. R. Espinosa Hernández, 2003. Estudio microbiológico de tejido superficial de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) y del agua circundante. *Hidrobiológica* 13 (2): 111-118.

RESUMEN

Con el objetivo de caracterizar la calidad microbiológica del cultivo de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) (200 peces) y del agua de producción (260 muestras) de la misma, se muestrearon en la región noroeste del Estado de Chihuahua, 9 granjas con sistema de producción de corriente rápida, 13 con sistema de concreto y 6 con sistema rústico, en dos épocas del año (invierno y verano). Se determinaron de la superficie de los pescados y del agua: Mesófilos aerobios, *Salmonella* spp., coliformes totales y fecales, además de la temperatura y el oxígeno. Los resultados encontrados indican que en la trucha sólo hubo diferencias entre época ($P<0.05$) para mesófilos aerobios (398.11 UFC/mL en invierno y 19,489.45 UFC/mL en verano), no se aisló *Salmonella*. Se encontró efecto de época para mesófilos aerobios en el agua de entrada, estanques y salida, siendo superior en verano; la temperatura y oxígeno son normales para este cultivo con diferencias ($P<0.05$) en el nivel de oxígeno entre los sistemas de corriente rápida y rústico. En conclusión la trucha producida en esta zona tiene buena calidad microbiológica superficial y el sistema de producción no deteriora el ecosistema de acuerdo a las regulaciones vigentes.

Palabras clave: Trucha arco iris, mesófilos aerobios, coliformes totales y fecales, *Salmonella*, spp.

ABSTRACT

Microbial quality of rainbow trout surface tissue (*Oncorhynchus mykiss*) and production ponds water where it is produced in northwestern Chihuahua state, Mexico, was assessed in trouts (200 fishes) and water (260 sampling) from nine fast stream, thirteen concrete and six dirt fish ponds during summer and winter seasons. Microbial quality was determined by measuring aerobic mesophiles, total coliform count, faecal coliforms and *Salmonella* spp., samples from the deep washing of the fish surface and the ponds. Temperature and oxygen content of water were also measured. The results for trout washing water indicated only significant differences ($P<0.05$) for aerobic mesophiles between seasons (398.11 CFU/mL in winter and 19,489.45 CFU/mL in summer), *Salmonella* spp. was not present in any fish or pond water samples. Aerobic mesophiles showed also higher numbers in water for summer season at water entrance, middle and discharge points of the different fish production ponds. Water temperature and oxygen content were always inside the normal range values

considered for trout production in the three types of ponds, but water oxygen content showed significant difference ($P < 0.05$) between the fast stream and dirt pond systems. It can be concluded, from the results obtained that surface tissue of the trout produced in the studied Mexican northwestern Chihuahua State, ponds has excellent quality, having very low microbial counts and that water discharged from the production systems evaluated do not deteriorate the ecosystems, according to the government present regulations.

Key words: Rainbow trout, aerobic mesophiles, total coliform count, fecal coliforms, *Salmonella* spp.

INTRODUCCIÓN

La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) es originaria de América del Norte y pertenece a la familia de los salmónidos (Blanco, 1995). En el Estado de Chihuahua la producción de trucha se inició en 1977 con el programa para comunidades indígenas y en 1994 se reinició de una manera más organizada, con el proyecto "Parques Trutícolas" (Mendoza, 1994).

La calidad microbiológica de la trucha arco iris puede estar influenciada significativamente por el sistema de producción empleado, así como por la cantidad y calidad del agua de los estanques piscícolas (Pullela *et al.* 1998). Por otra parte, el pescado y productos pesqueros son considerados como vehículos portadores de bacterias y por esto la Secretaría de Salud (NOM, 1995a) regula la calidad microbiológica para su comercialización.

Debido a la importancia de asegurar que la trucha que se ofrece al consumidor esté libre de microorganismos patógenos y que la carga microbiana presente en el producto se encuentre dentro de los intervalos establecidos por las regulaciones, el objetivo de este estudio fue caracterizar la calidad microbiológica de la trucha arco iris y del agua de producción de la misma en la región noroeste del Estado de Chihuahua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo se realizó en granjas de producción de trucha arco iris localizadas en la región noroeste del Estado de Chihuahua y los análisis de laboratorio en la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Fueron evaluadas 9 granjas con estanques de corriente rápida (El Caballo, El Susto, Arroyo del Oso, La Manga, El Trébol, La Presita, San Antonio y El Gavilán del municipio de Madera y la granja San Isidro del municipio de Temósachi), 13 de concreto (Del municipio de Madera son La Borrega, Vivero de San Juan y los Perdidos, del municipio de Ocampo son Hevachi, Betorachi y El Cuervo del municipio de Guerrero tenemos a El Refugio, Las Arañas y El Terrero, del municipio de Bocoyna son Calabazas y Sopechichi y de los municipios de Carichi y Cuauhtemoc son Bacaburiachi y La Primavera respectivamente) y 6 rústicos (del municipio de Madera son El Ocho, El

Cuatro y Los González, del municipio de Ocampo es Mesa del Venado, y del de Guerrero son Tierra Mojada y Agua Caliente), durante dos épocas del año (invierno de 1999 y verano del 2000). Las truchas fueron colectadas aleatoriamente e inmediatamente colocadas en bolsas plásticas estériles identificadas y luego en un recipiente térmico con hielo para transportarlas al laboratorio (NOM, 1994; NOM, 1995a). Las muestras de agua fueron tomadas a la entrada, al centro de cada estanque y a la salida de la unidad de producción, el agua fue colectada en un frasco de vidrio estéril de 1 litro con taparosca, sumergiendo el frasco tapado, abriendo y cerrando la tapadera dentro del agua, lo que permite determinar el efecto del sistema de producción piscícola sobre la calidad microbiológica de las aguas de alimentación de las granjas de trucha arco iris (Perkins, 1995). En el laboratorio, la trucha entera se colocó dentro de la bolsa estéril y se le agregaron 100 mL de medio diluyente estéril (agua-peptona de carne al 0.1%); después la trucha fue masajeadada durante un minuto para transferir los microorganismos de la piel del pescado al agua peptona; este masajeo se llevó a cabo frotando la superficie del animal con el medio diluyente y teniendo cuidado de no presionar el cuerpo de la trucha para evitar una contaminación por el contenido gastrointestinal; de esta manera se obtuvo una muestra acuosa con una dilución de 100. Posteriormente, se realizaron las diluciones decimales adicionales, con la finalidad de reducir el número de microorganismos por unidad de volumen, lo que facilita el conteo de colonias cuando se siembra en placas (NOM, 1995b). Para la preparación de la muestra de agua, se consideró a ésta como la dilución 10^0 , partiendo de ahí para hacer las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} , usando medio de agua-peptona de carne al 0.1% estéril como diluyente.

En el agua del estanque fueron medidos el nivel de saturación de oxígeno y la temperatura. Los parámetros microbiológicos evaluados, tanto en el agua como en el material biológico fueron los siguientes:

Conteo total de organismos mesófilos aerobios (NOM, 1995b)

Se colocó 1 mL del inóculo de cada dilución en una caja Petri estéril por duplicado. Posteriormente, utilizando el método para la cuenta de bacterias aerobias en placa se

agregaron a cada caja Petri 12 a 15 mL de agar para métodos estandarizados. Se dejó solidificar y se incubaron las cajas en posición invertida a $35 \pm 2^\circ\text{C}$ por 24 h y se obtuvo el número de unidades formadoras de colonias (UFC) de mesófilos aerobios por mL de muestra.

Organismos coliformes totales (NOM, 1995c)

La determinación de bacterias coliformes totales se efectuó siguiendo la técnica del número más probable (NMP) o técnica de dilución en tubo, la cual proporciona una estimación estadística de la densidad microbiana presente. Se inoculó 1 mL de cada una de las diluciones (10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3}) por triplicado en tubos de ensayo conteniendo 9 mL de caldo de lauril sulfato de sodio y una campana de fermentación tipo Durham invertida. Los tubos se incubaron a $35 \pm 2^\circ\text{C}$ por 24 y 48 h; la producción de gas en el tubo Durham indicó una reacción positiva. Para confirmar la presencia de organismos coliformes, se transfirió de 2 a 3 asadas del inóculo a tubos conteniendo 5 mL de caldo bilis verde brillante al 2% y una campana de fermentación tipo Durham invertida; se incubaron durante 24 y 48 h a $35 \pm 2^\circ\text{C}$. La presencia de gas en el tubo Durham confirmó la presencia de coliformes totales y se calculó el NMP por mL de muestra.

Organismos coliformes fecales (NOM, 1996)

Para valorar los resultados de esta determinación se utilizó la misma técnica de NMP. De los tubos de ensayo con caldo de lauril sulfato de sodio que resultaron presuntivos a coliformes, se transfirieron 2 a 3 asadas de inóculo a frascos conteniendo 5 mL de caldo bilis verde brillante al 2% y una campana de fermentación tipo Durham en posición invertida para observar la presencia de gas. De igual forma se transfirió inóculo a un frasco conteniendo 3 mL de agua triptona estéril. Posteriormente, se incubaron a una temperatura de $44 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 48 h. Los frascos con presencia de gas son presuntivos a la presencia de coliformes fecales. La confirmación se realizó mediante la prueba de indol, la cual consistió en agregar de 0.2 a 0.3 mL de reactivo de Kovacs a los frascos de agua-triptona y se reposa por 10 min. La presencia de un anillo color rojo cereza en la superficie indica una reacción positiva a microorganismos coliformes fecales. Se calculó el NMP por mL de muestra.

Salmonella (NOM, 1995d)

Para la determinación de *Salmonella*, se tomaron 25 mL de la dilución 100 y se transfirieron a 225 mL de agua de peptona amortiguada (conocida como BPW, por sus siglas en inglés, "buffer peptone water"), se incubaron a $35 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 24 h. Para el enriquecimiento selectivo, se prepararon dos medios: caldo de selenito y cistina (CSC) y caldo de tetratiónato-verde brillante (CT-VB). Después de las 24 h de incubación

de la muestra en pre-enriquecimiento se tomaron 10 mL de ésta y se colocaron en cada uno de los medios de enriquecimiento selectivo CSC y CT-VB, los cuales fueron incubados por 24 h a una temperatura de $44 \pm 1^\circ\text{C}$. Se aislaron las colonias en medios de cultivo selectivos y diferenciales: agar verde brillante (VB), agar xilosa lisina desoxicolato (XLD) y agar para *Salmonella* y *Shigella* (SS). Se tomó una muestra del CSC y se inoculó en estrías en cada uno de los medios selectivos; proceso que se repitió con el CT-VB. Las cajas de Petri se incubaron durante 48 h a $35 \pm 2^\circ\text{C}$. Se realizaron pruebas bioquímicas de las colonias sospechosas de *Salmonella* que permitieron obtener su identificación, así como la siembra en agar de tres azúcares y hierro (conocido como TSI por sus siglas en inglés; "three sugars iron") y agar de hierro y lisina (conocido como LIA de sus siglas en inglés; "lysine iron agar"), por estría en la superficie inclinada y por punción en el fondo.

Estadísticamente, el trabajo incluyó análisis de varianza para determinar las diferencias entre los sistemas de producción, la época del año y su interacción. También se efectuaron análisis de regresión lineal simple para observar la relación entre la carga microbiana de: Trucha-agua del estanque y agua de entrada-agua de salida (SAS, 1996).

RESULTADOS

La Tabla 1 contiene los resultados para los indicadores microbiológicos medidos en la trucha arco iris. En este caso no se presentan datos de organismos coliformes fecales ya que sólo se encontraron en una granja y este conteo (1.51 NMP/mL) no representa ningún peligro para la salud del consumidor. En el caso de la *Salmonella* spp., tampoco se presentan datos ya que no se aisló ninguna cepa.

En el caso de los organismos coliformes totales, no se obtuvieron diferencias significativas entre los tres sistemas de producción ($P > 0.05$), tampoco se observaron diferencias por efecto de la época y los valores promedios anuales fueron: 6.61 NMP/mL para el sistema rústico, 1.78 NMP/mL para concreto y 3.31 NMP/mL para corriente rápida. Con respecto a los organismos mesófilos aerobios se encontró que la carga microbiana determinada en la trucha presentó diferencias significativas entre la época de muestreo ($P < 0.05$); se obtuvieron valores medios de 398.11 UFC/mL en invierno y 19,498.45 UFC/mL en verano; no se encontró diferencia significativa por tipo de sistema de producción.

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos del agua de entrada a la granja para organismos coliformes totales, fecales y mesófilos aerobios. Se obtuvieron los siguientes promedios para coliformes totales: De 2.69 NMP/mL en sistema rústico, de 2.00 NMP/mL en sistema de concreto y de 1.90

Tabla 1. Medias (\pm error estándar) de los indicadores microbiológicos en la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).

Sistema de Producción	Coliformes totales (NMP/mL)			Mesófilos aerobios (UFC/mL)		
	Invierno	Verano	M.S.P	Invierno	Verano	M.S.P
Rústico	6.16 \pm 0.26 n = 10	7.08 \pm 0.59 n = 2	6.61 \pm 0.31 ^a	602.56 \pm 0.44	102,329.30 \pm 0.98	7,943.28 \pm 0.48 ^a
Concreto	1.74 \pm 0.21 n = 16	1.78 \pm 0.24 n = 12	1.78 \pm 0.15 ^a	812.83 \pm 0.34	7,413.10 \pm 0.40	2,454.71 \pm 0.31 ^a
C. Rápida	2.24 \pm 0.23 n = 14	5.01 \pm 0.25 n = 12	3.31 \pm 0.17 ^a	125.89 \pm 0.37	9,772.37 \pm 0.40	1,096.48 \pm 0.21 ^a
M.E.	2.88 \pm 0.13 ^a	3.98 \pm 0.22 ^a		398.11 \pm 0.22 ^a	19,498.45 \pm 0.38 ^b	

NMP = Número Más Probable; UFC = Unidades Formadoras de Colonias; C. Rápida = Corriente Rápida; n = Tamaño de muestra por sistema de producción y época; M.S.P = Media por sistema de producción; M.E. = Media por época; ^{ab}Medias marginales con literales diferentes por tipo de microorganismo para sistema de producción y época indican diferencia estadística significativa (P < 0.05)

Tabla 2. Medias (\pm error estándar) de los indicadores microbiológicos en el agua de entrada a las granjas.

Sistema de producción	Coliformes totales (NMP/mL)			Coliformes fecales (NMP/mL)			Mesófilos aerobios (UFC/mL)		
	Invierno	Verano	M.S.P	Invierno	Verano	M.S.P	Invierno	Verano	M.S.P
Rústico	3.47 \pm 0.19 n = 6	2.09 \pm 0.19 n = 6	2.69 \pm 0.15 ^a	Ausente	1.58 \pm 0.13	1.26 \pm 0.07 ^a	95.50 \pm 0.28	436.52 \pm 0.28	204.17 \pm 0.16 ^a
Concreto	2.34 \pm 0.15 n = 10	1.66 \pm 0.14 n = 11	2.00 \pm 0.10 ^a	Ausente	1.32 \pm 0.10	1.15 \pm 0.05 ^a	72.44 \pm 0.21	316.23 \pm 0.20	151.36 \pm 0.19 ^a
C. Rápida	2.14 \pm 0.16 n = 8	1.66 \pm 0.16 n = 8	1.90 \pm 0.08 ^a	Ausente	1.66 \pm 0.11	1.29 \pm 0.06 ^a	72.44 \pm 0.24	436.52 \pm 0.28	177.83 \pm 0.11 ^a
M.E.	2.57 \pm 0.09 ^a	1.82 \pm 0.10 ^a		Ausente	1.51 \pm 0.05		79.43 \pm 0.14 ^a	389.04 \pm 0.14 ^b	

NMP = Número Más Probable; UFC = Unidades Formadoras de Colonias; C. Rápida = Corriente Rápida; n = Tamaño de muestra por sistema de producción y época; M.S.P = Media por sistema de producción; M.E. = Media por época; ^{ab}Medias marginales con literales diferentes por tipo de microorganismo para sistema de producción y época indican diferencia estadística significativa (P < 0.05)

NMP/mL para los sistemas de corriente rápida. No se encontraron diferencias significativas entre los tres sistemas. Para los coliformes fecales, todas las muestras salieron negativas en invierno, a diferencia del verano, en donde varias granjas fueron positivas.

En cuanto a la carga microbiana de organismos mesófilos aerobios hubo efecto significativo (P < 0.05) del factor época, obteniéndose en el invierno 79.43 UFC/mL y en el verano 389.04 UFC/mL. Sin embargo, al comparar la contaminación por organismos mesófilos entre los tres sistemas de producción (204.17 UFC/mL en el sistema rústico, 151.36 UFC/mL en concreto y 177.83 UFC/mL para corriente rápida) no se encontraron diferencias entre los mismos.

Los resultados obtenidos para los organismos coliformes totales, fecales y mesófilos aerobios en el agua de los estanques aparecen en la Tabla 3. En los coliformes totales no se encontraron diferencias significativas entre los sistemas de producción y tampoco por época. Los valores promedios anuales fueron 2.88 NMP/mL para el sistema rústico, 2.69 NMP/mL para el sistema de concreto y 1.66 NMP/mL para el sistema de corriente rápida. Por otra parte, tampoco se detectó efecto significativo por sistema de producción en coliformes fecales.

En cuanto a los organismos mesófilos aerobios se encontró efecto significativo del factor época (P < 0.05) con valores promedios de 323.59 UFC/mL en invierno y 1,000 UFC/mL

Tabla 3. Medias (\pm error estándar) de los indicadores microbiológicos en el agua de los estanques de las granjas.

Sistema de producción	Coliformes totales (NMP/mL)			Coliformes fecales (NMP/mL)			Mesófilos aerobios (UFC/mL)		
	Invierno	Verano	M.S.P.	Invierno	Verano	M.S.P.	Invierno	Verano	M.S.P.
Rústico	4.79 \pm 0.18 n = 9	1.78 \pm 0.18 n = 9	2.88 \pm 0.16 ^a	Ausente	1.23 \pm 0.09	1.10 \pm 0.05 ^a	213.80 \pm 0.31	758.58 \pm 0.31	398.11 \pm 0.22 ^a
Concreto	3.16 \pm 0.14 n = 24	2.34 \pm 0.26 n = 24	2.69 \pm 0.10 ^a	1.12 \pm 0.09	1.38 \pm 0.07	1.23 \pm 0.04 ^a	1,047.13 \pm 0.24	912.01 \pm 0.23	977.24 \pm 0.16 ^a
C. Rápida	1.29 \pm 0.16 n = 35	2.14 \pm 0.16 n = 35	1.66 \pm 0.07 ^a	Ausente	Ausente	Ausente	151.36 \pm 0.27	1,412.54 \pm 0.27	467.74 \pm 0.19 ^a
M.E.	2.69 \pm 0.09 ^a	2.09 \pm 0.09 ^a		1.02 \pm 0.03 ^a	1.20 \pm 0.03 ^a		323.59 \pm 0.16 ^a	1,000 \pm 0.15 ^b	

NMP = Número Más Probable; UFC = Unidades Formadoras de Colonias; C. Rápida = Corriente Rápida; n = Tamaño de muestra por sistema de producción y época; M.S.P = Media por sistema de producción; M.E. = Media por época; ^{a,b}Medias marginales con literales diferentes por tipo de microorganismo para sistema de producción y época indican diferencia estadística significativa (P<0.05)

en verano; sin embargo, entre los sistemas de producción no se detectaron diferencias apreciables, encontrándose 398.11 UFC/mL en sistema rústico, 977.24 UFC/mL en sistema de concreto y 467.74 UFC/mL para el sistema de corriente rápida.

Los resultados presentados en la Tabla 4 corresponden a las determinaciones de coliformes totales, fecales y mesófilos aerobios del agua de salida de las granjas. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas por sistema de producción para coliformes totales, fecales y mesófilos aerobios, sólo hubo diferencia significativa por época del año para los organismos mesófilos aerobios (Invierno 331.13 y verano con 1,122.02 UFC/mL).

En el Tabla 5 se describen los resultados de temperatura y saturación de oxígeno para los tres sistemas de producción estudiados. Los promedios de temperatura obtenidos por época presentaron efecto significativo (9.48°C en invierno y 20.22°C en verano). No se encontró efecto por sistema de producción. También se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas (P<0.05) entre los niveles de saturación de oxígeno del sistema rústico (83.75%), el de concreto (91.86%) y el de corriente rápida (104.38%), pero en este caso fue por sistema de producción y no por época.

Tabla 4. Medias (\pm error estándar) de los indicadores microbiológicos en el agua de salida de las granjas.

Sistema de producción	Coliformes totales (NMP/mL)			Coliformes fecales (NMP/mL)			Mesófilos aerobios (UFC/mL)		
	Invierno	Verano	M.S.P.	Invierno	Verano	M.S.P.	Invierno	Verano	M.S.P.
Rústico	4.07 \pm 0.21 n = 6	1.74 \pm 0.21 n = 6	2.63 \pm 0.16 ^a	Ausente	1.26 \pm 0.11	1.12 \pm 0.06 ^a	165.96 \pm 0.37	1,258.92 \pm 0.37	457.09 \pm 0.26 ^a
Concreto	2.14 \pm 0.16 n = 10	2.45 \pm 0.15 n = 11	2.29 \pm 0.10 ^a	1.15 \pm 0.08	1.35 \pm 0.08	1.23 \pm 0.05 ^a	1,513.56 \pm 0.29	794.33 \pm 0.28	1,096.48 \pm 0.20 ^a
C. Rápida	2.95 \pm 0.18 n = 8	3.55 \pm 0.18 n = 8	3.24 \pm 0.13 ^a	Ausente	1.58 \pm 0.11	1.29 \pm 0.06 ^a	2.15 \pm 0.32	1,445.44 \pm 0.32	446.68 \pm 0.23 ^a
M.E.	2.95 \pm 0.11 ^a	2.45 \pm 0.10 ^a		1.05 \pm 0.05 ^a	1.41 \pm 0.04 ^a		331.13 \pm 0.19 ^a	1,122.02 \pm 0.19 ^b	

NMP = Número Más Probable; UFC = Unidades Formadoras de Colonias; C. Rápida = Corriente Rápida; n = Tamaño de muestra por sistema de producción y época; M.S.P = Media por sistema de producción; M.E. = Media por época; ^{a,b}Medias marginales con literales diferentes por tipo de microorganismo para sistema de producción y época indican diferencia estadística significativa (P<0.05)

Tabla 5. Medias (\pm error estándar) de la temperatura y saturación de oxígeno del agua de los estanques.

Sistema de Producción	Temperatura (°C)			Saturación de oxígeno (%)		
	Invierno	Verano	M.S.P	Invierno	Verano	M.S.P
Rústico	8.17 \pm 1.22 n = 6	20.83 \pm 1.22 n = 6	14.50 \pm 0.86 ^a	94.17 \pm 4.72	73.33 \pm 4.72	83.75 \pm 3.64 ^a
Concreto	10.80 \pm 0.94 n = 10	20.73 \pm 0.90 n = 11	15.74 \pm 0.65 ^a	89.70 \pm 3.66	93.73 \pm 3.49	91.86 \pm 2.75 ^a
C. Rápida	9.12 \pm 1.05 n = 8	19.50 \pm 1.05 n = 8	14.31 \pm 0.74 ^a	102.38 \pm 4.09	106.38 \pm 4.09	104.38 \pm 3.15 ^b
M.E	9.48 \pm 0.61 ^a	20.22 \pm 0.60 ^b		94.37 \pm 2.60 ^a	92.29 \pm 2.56 ^a	

C. Rápida = Corriente Rápida; n = Tamaño de muestra por sistema de producción y época; M.S.P = Media por sistema de producción; M.E. = Media por época; ^a^bMedias marginales con literales diferentes por tipo de variable fisicoquímica para sistema de producción y época indican diferencia estadística significativa (P<0.05)

DISCUSIÓN

En el agua proveniente del lavado del material biológico de la trucha no se obtuvieron diferencias significativas entre los tres sistemas de producción (P<0.05) y época para organismos coliformes totales y fecales, lo que puede atribuirse a las buenas prácticas de manejo de las granjas y a la calidad del agua (Masser y Lazur, 1997). Por otra parte, la carga de organismos mesófilos aerobios presentó diferencias significativas entre época de muestreo (P<0.05), obteniéndose valores medios de 398.11 UFC/mL en invierno y 19,498.45 UFC/mL en verano. Al respecto, Maynez (1999) reportó en invierno de 1997 conteos de 407.38 y 2,951.21 UFC/mL para el verano de 1998, diferencias atribuidas a las variaciones climáticas anuales de región (Secretaría de Gobernación, 1987), específicamente a la temperatura y precipitación pluvial. Durante este muestreo microbiológico se detectó una mínima presencia de organismos coliformes fecales y no se aisló *Salmonella* en ninguna muestra.

En lo referente al agua de entrada, la contaminación por organismos coliformes totales fue detectada en invierno, debido a que en ésta época, el volumen de agua empieza a disminuir originando una mayor concentración bacteriana. En verano, se determinaron organismos coliformes fecales en varias granjas debido a que las lluvias de la época alteran la carga microbiana de la fuente de agua (Pullela *et al.*, 1998). Algunos autores reportan que el agua dulce tiene niveles de bacterias, que garantizan el desarrollo de la vida acuática (Comisión Nacional del Agua 1989) y los valores medios obtenidos en verano se encuentran dentro de estos intervalos y, aunque sí hay incremento, éste se mantiene dentro de los niveles aceptables. En cuanto a la carga de organismos mesó-

filos aerobios hubo efecto significativo (P>0.05) del factor época, obteniéndose en el invierno 79.43 UFC/mL y en el verano 389.04 UFC/mL. Otros estudios (González *et al.*, 1999), indican que el conteo de organismos mesófilos aerobios del agua de entrada (río) y el agua del estanque no difiere significativamente; sin embargo, en las granjas estudiadas el promedio anual de organismos mesófilos aerobios del agua de entrada (173.78 UFC/mL) fue inferior al obtenido en los estanques (563.34 UFC/mL), lo cual se puede traducir en que la producción de trucha arco iris sí incrementó los niveles de mesófilos aerobios aunque no de forma significativa.

La carga de microorganismos fecales detectados en el agua de estanque fue sumamente baja por lo que no puede considerarse de peligro para la salud de la trucha. En cuanto a los organismos mesófilos aerobios del agua de los estanques se encontró efecto significativo del factor época (P<0.05) con valores promedios de 323.59 UFC/mL en invierno y 1,000 UFC/mL en verano. También existió una relación positiva entre la carga microbiana de organismos mesófilos aerobios del agua de los estanques y la trucha para el sistema de corriente rápida con una $r^2 = 0.29$. Esta correlación fue muy baja; sin embargo, está corroborada por otras investigaciones en sistemas de acuicultura intensiva (González *et al.*, 1999; Nedoluha y Westhoff, 1993).

En el agua de salida de las granjas, la magnitud de organismos coliformes fecales de los tres sistemas durante el verano se encontraron por debajo del límite superior (1,000 NMP/100 mL de organismos coliformes fecales) establecido por la SEMARNAP en 1997 y por la NOM de 1997, por lo que las descargas de agua de las granjas estudiadas no tienen efectos negativos sobre el ecosistema de las fuentes natura-

les. Los resultados de este estudio registraron un marcado efecto de la época para organismos mesófilos aerobios ($P < 0.05$), cuyos valores promedio fueron 331.13 UFC/mL en invierno y 1,122.02 UFC/mL en verano. Existieron una correlación positiva entre los organismos mesófilos del agua de entrada y salida para el sistema rústico ($r^2 = 0.51$) y para el de corriente rápida ($r^2 = 0.46$).

Con respecto a la temperatura, que fue de 3°C (invierno) a 23°C (verano), se consideró que éste fue el factor principal del incremento en organismos mesófilos aerobios (efecto de época) detectados en esta caracterización microbiológica. El valor más bajo de saturación de oxígeno detectado fue de 60% en estanque rústico, lo cual corresponde a una concentración de 9 mg/L de oxígeno disuelto (Huet, 1983), nivel mínimo aceptable en truticultura. También se obtuvieron diferencias ($P < 0.05$) entre los niveles de saturación de oxígeno del sistema rústico (83.75%) y el de corriente rápida (104.38%), efecto más marcado durante el verano, lo que se atribuyó al mayor volumen de agua del sistema de corriente rápida, que le permitió más recambio, y por lo tanto, mayor oxigenación. Huet (1983), señala que el contenido de oxígeno disuelto depende también de la cantidad de materia orgánica y de vegetación acuática sumergida (algas), factores presentes en mayor magnitud dentro de los sistemas de producción rústicos, siendo ésta, otra de las razones por las cuales se registran los niveles más bajos de oxígeno disuelto.

La temperatura del agua en el verano sobrepasa en algunas granjas los niveles máximos (20°C) recomendados para la producción de trucha, sin embargo la trucha arco iris se caracteriza por soportar mejor que la trucha común las temperaturas elevadas y el menor contenido de oxígeno. Por ejemplo, en aguas profundas y con suficiente renovación este organismo puede soportar temperaturas comprendidas entre 20 y 22°C, llegando incluso momentáneamente a 24 y 26°C (Huet, 1983).

De acuerdo con los resultados obtenidos puede concluirse que la trucha arco iris producida en la región noroeste del Estado de Chihuahua es de buena calidad microbiológica ya que cumple con los estándares establecidos por la Secretaría de Salud. Al mismo tiempo, el agua utilizada por las granjas tiene niveles normales de carga microbiana, existiendo una relación positiva entre los organismos mesófilos aerobios del estanque y la trucha y entre el agua de entrada y salida, sin efectos negativos para el desarrollo de la vida acuática y el ecosistema de las fuentes de agua.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este artículo desean agradecer de manera expresa a la Fundación Produce Chihuahua, A.C., por su

apoyo económico para la realización de este proyecto, así como a la Asociación de Productores de Trucha Región Madera, A.C., por el permiso para emplear sus instalaciones para la toma de muestras.

REFERENCIAS

- BLANCO, C., 1995. *La trucha. Cría industrial*. Ediciones Mundi-Prensa. España. 503 p.
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. 1989. Criterios ecológicos de calidad del agua. Diario Oficial, 13 de diciembre. México D.F.
- GONZÁLEZ, C., T. LÓPEZ, M. GARCÍA, M. PRIETO y A. OTERO, 1999. Bacterial microflora of wild brown trout (*Salmo trutta*), wild pike (*Esox lucius*), and aquaculture rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal Food Protection* 62(11): 1270-1277.
- HUET, M., 1983. *Tratado de Piscicultura*. Ediciones Mundi-Prensa. Zaragoza, España, 753 p.
- MASSER, M. y A. LAZUR, 1997. In-pond raceways. Southern Regional Aquaculture Center. SRAC Publication (No. 170), Florida, E.U.A. 8 p.
- MAYNEZ, M., 1999. Caracterización microbiológica de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) bajo tres sistemas de producción en granjas de la región noroeste del estado de Chihuahua. Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua, México, 57 p.
- MENDOZA, M., 1994. *Manual de capacitación para productores de trucha arco iris*. FIRA-Banco de México. México D.F., México, 18 p.
- NEDOLUHA, P. y D. WESTHOFF, 1993. Microbiological flora of aquaculture hybrid striped bass. *Journal of Food Protection* 56(12): 1054-1060.
- NOM, 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-109-SSA1-1994, Bienes y servicios. Procedimientos para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. Diario Oficial.
- NOM. 1995a. Norma Oficial Mexicana NOM-027-SSA1-1993. Pescado fresco-refrigerado y congelado. Especificaciones sanitarias. Diario Oficial de la Federación, 15 de febrero. México D.F.
- NOM. 1995b. Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placas. Diario Oficial, 12 de diciembre de 1995. México D.F.
- NOM, 1995c. Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable. Diario Oficial de la Federación, 19 de octubre. México D.F.
- NOM, 1995d. Norma Oficial Mexicana NOM-114-SSA1-1994. Método para la determinación de *Salmonella* en alimentos. Diario Oficial de la Federación, 22 de septiembre. México D.F.

- NOM, 1996. Norma Oficial Mexicana NOM-143-SSA1-1995. Determinación de coliformes fecales por la técnica del Número Más Probable (Presuntiva *Escherichia coli*) y determinación de *Listeria monocytogenes*. Diario Oficial de la Federación, 19 de septiembre. México D.F.
- NOM, 1997. Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Diario Oficial de la Federación, 6 de enero. México D.F.
- PERKINS, B., 1995. *Microbiological rinse technique: Basis for a new quality control program*. Southern Regional Aquaculture Center. SRAC Publication No. 491.
- PULLELA, S., F. FERNANDEZ, G. FLICK, G. LIBEY, S. SMITH y C. COALE, 1998. Indicative and pathogenic microbiological quality of aquaculture finfish grown in different production systems. *Journal of Food Protection* 61(2): 205-210.
- SAS, 1996. Statistical Analysis Systems Institute Inc. Systems for Windows Release 6.12. Cary, NC. E.U.A.
- SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN. 1987. Los Municipios de Chihuahua. Colección: Enciclopedia de los Municipios de México. México.
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA. 1997. Norma Oficial Mexicana que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca a través de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996.
- Recibido:* 15 de mayo de 2002.
- Aceptado:* 14 de enero de 2003.