
Influencia del peso corporal sobre la acumulación de cromo y potasio en carpines dorados (*Carassius auratus*)

R. Flos (1)
M.C. Riva (2)
J. Balasch (3)

RESUMEN

Sabiendo que las vías de excreción de cromo (bránquias y bilis) permiten regular los niveles corporales de metal y habiéndose sugerido un posible período de latencia de sus mecanismos reguladores, se investiga la influencia del tiempo y de la edad.

Las concentraciones de cromo fueron analizadas en "pools" cuyos especímenes tuvieron aproximadamente el mismo peso, y los niveles de metal se determinaron por AAS en bránquias, bilis, músculo e hígado de 26 grupos de carpines dorados separados por tamaños tras distintos períodos de tratamiento con dicromato potásico (20 ppm Cromo VI).

Nuestros resultados muestran que no hay correlación entre los niveles de cromo en esos órganos y el peso del cuerpo dentro de un margen de pesos comprendidos entre 2-12 gr.

Publicado en: Bulletin of Environmental Contamination Toxicology
30, pp. 331-336 (1983).

© 1983 Springer-Verlag New York Inc.

RESUME

En sachant que les voies d'excrétion de chrome (branchies et bile) permettent de régler les niveaux corporeux de métal et ayant été suggéré une possible période de latence de leurs mécanismes régulateurs, on recherche l'influence du temps et de l'âge.

Les concentrations en chrome ont été analysées en "pools" dont les spécimens ont eu, à peu près, le même poids, tandis que les niveaux de métal ont été détermi-

- (1) Dra. en Ciencias Biológicas. Rosa Flos Bessols. Catedrático de Fisiología Animal en la UAB.
- (2) Lcda. C. Biológicas. M^a del Carmen Riva Juan. Laboratorio de Control de la Contaminación Ambiental del Instituto.
- (3) Dr. en C. Biológicas. Jorge Balash. Catedrático de Fisiología Animal en la UAB.

nés par AAS dans les branchies, la bile, le muscle et le foie de 26 groupes de "carassius auratus" séparés suivant les tailles, après différentes périodes de traitement avec du dichromate de potassium (20 ppm Chrome VI).

Nos résultats montrent qu'il n'existe pas de corrélation entre les niveaux de chrome dans ces organes et le poids du corps dans une marge de poids comprise entre 2-12 g.

SUMMARY

Because the excretion passage of chrome (gills and bile) can regulate the body levels of metal and because of a possible period of latency of these regulating mechanisms, this paper studies the influence of time and age on Goldfish.

The chrome concentrations were analysed in pools with specimens of the same weight while the levels of metal were determined by AAS in gills, bile, muscle and liver to groups of 26 goldfish separated according to their size and after different periods of treatment with potassium dichromate (20 ppm Chrome VI).

Results show not to exist correlation between the chrome levels in those organs and the body weight the range of weight 2-12 g.

INTRODUCCION

Desde hace tiempo se sabe que el cromo es tóxico y aún no siéndolo tanto como otros metales traza como por ejemplo el Hg y el Cd, el valor límite para algunos compuestos de cromo se reduce cada vez más en la medida que se conocen mejor sus efectos (LANGARD 1980). El Cr VI es considerado más tóxico que el Cr III, pero estas formas son rápidamente interconvertibles en la naturaleza (SCHROEDER-LEE 1975). La mayoría de los residuos de usos industriales que contienen cromo son vertidos en las aguas continentales, por lo que ha crecido el interés acerca de los efectos que puedan tener sobre la vida acuática.

Al igual que para otros metales traza, los niveles de cromo en los peces de aguas no contaminadas han mostrado estar correlacionados con el peso del cuerpo en algunas especies, pero no en otras.

Cuando los peces se hallan en aguas contaminadas por Cr, acumulan el metal; resultados no publicados obtenidos en nuestro laboratorio sugieren que el tamaño del animal tenga una influencia en el nivel de acumulación. Un propósito de este trabajo es publicar esos datos sobre los niveles de cromo cuando las muestras de peces son tomadas de aguas contaminadas. Investigamos la influencia del peso del cuerpo sobre los niveles de cromo en algunos órganos de carpines dorados (**Carassius auratus**) sujetos a un tratamiento subagudo con dicromato potásico. En la mayoría de los estudios sobre efectos tóxicos del cromo VI donde es empleado el dicromato potásico, solamente se presta atención a los niveles de cromo. El potasio a bajas concentraciones normalmente no es tóxico pero puede serlo si son elevadas. Por lo tanto, es útil conocer tanto los niveles de cromo como los de potasio para comprender mejor los mecanismos de toxicidad del dicromato potásico. Por ello también medimos los niveles de potasio.

MATERIAL Y METODOS

Los experimentos fueron llevados a cabo con carpines dorados (**Carassius auratus**) con pesos comprendidos entre 2 y 12 gramos.

Los peces fueron mantenidos y ambientados en el laboratorio durante dos semanas antes de ser utilizados en los ensayos (SPRAGUE 1973) en una agua con la

siguiente composición: pH 7,3 cloro libre 0 cloro combinado 0, dureza 155,6 mg/l, oxígeno disuelto a nivel de saturación haciendo pasar aire constantemente en los acuarios, temperatura 22°C.

Los ensayos se realizaron añadiendo la sal dicromato potásico $K_2Cr_2O_7$. Habiendo determinado que la TL 50 para 25 ppm Cr (VI) es de 82 días, se usó una concentración de 20 ppm de cromo (VI) como dicromato potásico, concentración suficientemente elevada como para ser considerada subaguda pero suficientemente baja como para permitir los análisis de peces tratados vivos. Los peces moribundos no pueden ser usados en estudios de concentraciones de metal (RIVA et al 1981). Un grupo de especímenes de diferentes tamaños fueron considerados como control y los otros estuvieron sometidos a 20 ppm de Cr (VI). El agua de los acuarios fue cambiada semanalmente y los animales fueron alimentados solamente una vez por semana. Se tomaron las muestras después de 4, 6, 8, 11, 13, 15, 18, 20, 22, 27, 29 y 32 días de tratamiento, y los peces más pequeños también después de 42 días.

El grupo de peces grandes fue el único que presentó mortalidad durante el tratamiento. Cada día fueron analizados peces vivos separadamente en tamaños. Las concentraciones de cromo y potasio fueron determinadas mediante métodos Espectrofotométricos descritos en ROUSSELET (1971). Los resultados fueron analizados usando el Test de la "t" de Student para muestras independientes y el test de Correlación (BAILEY 1976). En todos los casos fue considerado un nivel de significación de 0,05.

RESULTADOS

En la tabla I se muestran los niveles de cromo en bránquias, hígado, bilis y músculo, para el grupo control, para el grupo de peces grandes tratados y para el de peces pequeños tratados.

Los niveles de cromo fueron analizados en "pools" en los que los especímenes tenían aproximadamente el mismo peso (margen de 2 a 12 grs.). Estudiando la relación entre niveles de cromo en bránquias, hígado, bilis y músculo y el peso del cuerpo, se encontró que no había una correlación entre los niveles de metal en los órganos de animales control y el peso de los peces en este margen y condiciones.

La influencia del tiempo en los niveles de cromo en peces tratados fue clara solamente en el hígado, donde se encontró un pico antes de los 11 días de tratamiento para ambos grupos de peces tratados (grandes y pequeños). Así, analizamos los resultados sin considerar el tiempo excepto para el hígado.

Los niveles de cromo en las bránquias de peces tratados tanto en grandes como en pequeños, fue significativamente mayor que en los peces control, y en los pequeños significativamente mayor que en los grandes. Los niveles en el hígado manifestaron un gran incremento en ambos grupos de carpines. El grupo de peces grandes presentó unos niveles en hígado de 773 $\mu\text{g/g}$ peso seco a los 8 días de tratamiento, y el grupo de peces pequeños presentó niveles de 1315 $\mu\text{g/g}$ de peso seco a los 11 días de tratamiento. Después de estos cambios iniciales, los niveles decrecieron pero permanecieron significativamente mayores que los niveles de los animales control, tanto en peces grandes como en pequeños, pero no se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos tratados.

Los niveles de cromo en la bilis del grupo de peces tratados pequeños fue significativamente mayor que en los grandes y que en el grupo control.

En el músculo, los niveles de cromo en ambos grupos tratados fueron significativamente mayores que en el grupo control, pero no habían diferencias significativas entre los grupos tratados.

Peces	Nº de peces en pool	Bránquias	Hígado	Bilis	Músculo
control (2-12g)	22	42 ± 15 (a, b)	55 ± 26 (d, e)	143 ± 83 (n)	11 ± 4 (p, q)
tratados (6-12g)	36 (24 para hígado) (1)	93 ± 22 (a, c)	143 ± 68 (d)	192 ± 94 (m)	40 ± 14 (p)
tratados (2-4g)	39 (27 para hígado) (1)	163 ± 75 (b, c)	214 ± 99 (e)	345 ± 152 (m, n)	47 ± 24 (q)

(1) valores para los peces tratados después de 11 días de tratamiento. Véase el texto.

Tabla 1 Niveles de cromo ($\mu\text{g/g}$ peso seco) en bránquias, hígado, bilis y músculo en peces control y tratados. Media \pm desviación estandar a, b,...q: diferencias significativas. Student "t" test (0.05).

Peces	Nº de peces en pool	Bránquias	Hígado	Bilis	Músculo
control (2-12g)	22	6,5 ± 1,6	15,3 ± 2,7	8,9 ± 3,3	10,4 ± 1,6 (b, c)
tratados (6-12g)	36	5,2 ± 1,3 (a)	13,4 ± 4,0	6,2 ± 1,1	14,2 ± 2,2 (b)
tratados (2-4g)	39	6,9 ± 1,1 (a)	14,4 ± 4,9	10 ± 7,1	15,7 ± 3,5 (c)

Tabla 2 Niveles de potasio (mg/g peso seco) en bránquias, hígado, bilis y músculo en peces control y tratados. Media \pm desviación estandar a, b, c: diferencias significativas. Student "t" test (0.05).

En la tabla 2 se presentan los niveles de potasio (mg/g peso seco) en bránquias, hígado, bilis y músculo para el grupo control y para los dos grupos tratados de peces: grandes y pequeños.

Los niveles de potasio en estos órganos de animales control no mostraron ninguna correlación con respecto al peso corporal para este margen de pesos y condiciones.

En los grupos tratados, no se apreció influencia del tiempo en los niveles de potasio desde los días 4 al 42 de tratamiento, por lo que se analizaron conjuntamente separando los individuos grandes de los pequeños. Los niveles de potasio en bránquias de ambos grupos tratados no fueron significativamente diferentes de los del grupo control pero sí existió una influencia significativa entre ambos grupos.

En hígado y bilis de los distintos grupos, los niveles de potasio no presentaron diferencias significativas. En el músculo se incrementaron significativamente los niveles de potasio en ambos grupos de peces tratados comparados con los valores para el grupo control pero sin diferencias entre ellos.

Relación entre los niveles de Cromo y Potasio

Se ha estudiado si existe correlación entre los niveles de cromo y potasio en estos órganos. En los controles no se ha encontrado ninguna correlación. En los pe-

ces tratados, los niveles de cromo y potasio están positivamente correlacionados en bránquias y bilis.

DISCUSION

Nuestros resultados muestran que no hay correlación entre los niveles de cromo en bránquias, hígado, bilis y músculo y el peso del cuerpo en **Carassius auratus** dentro de un margen de pesos comprendidos entre 2 y 12 gramos, aunque el peso del cuerpo sea uno de los factores que pueden influir en los niveles de ciertos metales en peces.

Los resultados de los estudios sobre el cromo no muestran una relación clara entre las concentraciones de cromo y el tamaño del pez.

En la bibliografía han aparecido diversos estudios con especies distintas en los que se puede observar que existe una correlación positiva, una relación inversa o que no hay correlación entre el tamaño del cuerpo y los niveles de cromo en el cuerpo y/o en órganos (TONG et al. 1974; GIESY - WIENER 1977; MEARS - EISLER 1977; ELWOOD et al. 1980). Estas discrepancias pudieran estar relacionadas, en parte, tanto con el pequeño tamaño de la muestra como con el estrecho margen de pesos usado en varios de estos estudios. Algo similar podemos decir para el potasio en peces donde no se ha establecido una relación consistente (GOLDBERG 1962; EISLER-LAROCHE 1972).

Durante el período de tratamiento con dicromato potásico, todos los órganos (excepto la bilis de los peces grandes) mostraron acumulación de cromo. Durante estos 32 y 42 días solamente los niveles de cromo en hígado mostraron una clara influencia del tiempo, habiendo un pico antes del onceavo día de tratamiento en los dos grupos de peces tratados (grandes y pequeños) para luego descender pero siendo siempre mayores que en los animales control. Excepto para estos niveles iniciales, altos en el hígado, la acumulación en los órganos fue constante. Para la trucha arco iris expuesta a 0,05-0,15 mg/l o mantenida mediante una dieta que contenía cromo en baja concentración, se ha observado que acumulaba cromo pero no se alcanzaba rápidamente el equilibrio (FROMM - STOKES 1962; SINGH - FERNS 1978), el cual era alcanzado en aproximadamente en 1 día cuando las truchas estaban sujetas a 2,5 mg/l de Cr VI (BUHLER et al. 1977). Así, nuestros resultados parecen corroborar que se necesitan elevados niveles de cromo disuelto en las aguas para alcanzar el equilibrio rápidamente, lo cual podría implicar más una tasa de incremento de pérdida que una tasa de reducción de entrada (SINGH - FERNS 1978).

La excreción del metal podría estar relacionada con los niveles en el cuerpo al exceder ciertos límites, los cuales se alcanzarían rápidamente cuanto mayores fueran las concentraciones de cromo en el agua.

Nuestros resultados pueden sugerir también que la capacidad reguladora para el potasio, difiere considerablemente de la capacidad para el cromo. Los niveles de potasio en el músculo aumentaron significativamente en ambos grupos de peces. En cambio bránquias, hígado y bilis no mostraron una diferencia significativa entre controles y peces tratados. En la Tenca (**Tinca tinca L**) expuesta a 8,5 mg/l de K^+ (Nitrato potásico), el potasio en plasma se incrementó a los tres días pero volvió a los niveles normales después, y el tejido hepático acumuló cantidades relativamente grandes de K^+ durante la primera semana, pero los niveles volvieron a valores normales lentamente (DEMAEL et al. 1980).

Los dos metales no siguen un modelo similar de acumulación, pero en peces tratados, los niveles de cromo y potasio están correlacionados positivamente en bránquias y bilis, dos órganos relacionados con la entrada (bránquias) y la excreción (bránquias y bilis) de cromo.

El peso del cuerpo afectó en peces tratados a los niveles de cromo en bránquias y bilis, teniendo los animales pequeños niveles mayores que los animales grandes.

Es notable que en el caso de la bilis, solamente los peces pequeños mostraron niveles significativamente mayores que los control.

En órganos excretores, se ha postulado que la acumulación estaría relacionada con esta función (KNOLL - FROMM 1960). Esto, junto con diferencias en acumulación entre los peces grandes y pequeños registradas en bránquias y bilis, podría reflejar que estos órganos juegan un papel diferente en la excreción de cromo en animales pequeños y grandes, siendo la vía biliar más importante en peces pequeños que en los grandes. Como que los niveles de cromo y potasio en bránquias y bilis están correlacionados, podría existir alguna relación entre la excreción de dichos metales. En bránquias e hígado de trucha (BUHLER et al. 1977) (la bilis no fue estudiada) el cromo se acumulaba preferentemente en el citosol de las células proporcionando una posible prueba de la presencia de elevadas concentraciones del anión soluble Cr VI en estos tejidos, y un posible pool de turnover rápido que podría ser importante en la entrada y excreción del metal. En pools de turnover lento, el cromo podría estar ligado a proteínas tisulares. Quizás la capacidad relativa de estos dos pools podría cambiar con la edad.

BIBLIOGRAFIA

- BAILEY, N.T.J.: *Statistical Methods in Biology*. Ed. Hodder and Stoughton (1976).
- BUHLER, D.R., R.M. STOKES, R.S. CADWELL: *J. Fish. Res. Board Can.* 34, 9 (1977).
- DEMAEL, A., D. GARIN, G. PERES: *J. Fish Biol.* 16, 15 (1980).
- EISLER, R. and G. LAROCHE: *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 9, 29 (1972).
- ELWOOD, J.W., J.J. BEAUCHAMP, C.P. ALLEN: *Inter. J. Environ. Studies* 14, 289 (1980).
- FROMM, P.O. and R.M. STOKES: *J. Wat. Pollut. Control Fedn.* 34, 1151 (1962).
- GIESY, J.P. and J.G. WIENER: *Trans. Fish Soc.* 106, 393 (1977).
- GOLDBERG, E.D.: *Limnol. Oceanogr. Suppl.* 7, 72 (1962).
- KNOLL, J. and P.O. FROMM: *Physiol. Zool.* 33, 1 (1960).
- LANGARD, S.: In "Metals in the Environment" Waldron, H.A. Ed. Ac. Press (1980).
- MEARS, M.C. and R. EISLER: *Chesapeake Sci.* 18, 315 (1977).
- RIVA, M.C., R. FLOS, M. CRESPI, J. BALASCH: *Comp. Biochem. Physiol.* 68C, 161 (1981).
- ROUSSELET, F.: In *Spectrometrie D'Absorption Atómique*. PINTA, M. (1971).
- SCHROEDER, D.C. and G.F. LEE: *Water Air Soil Pollut.* 4, 355 (1975).
- SINGH, S.M. and P.N. FERNS: *J. Fish. Biol.* 13, 277 (1978).
- SPRAGUE, J.B.: In *Biological Methods for the assesment of Water Quality* (ed. Cairns, J. and K.L. Dickson, American Soc. for Testing and Materials, Philadelphia P.A. ASTM STP 528 (1973).
- TONG, S.S.C., W.D. YOUNGS, W.H. GUTENMANN, D.J. LISK: *J. Fish. Res. Board. Can.* 31, 238 (1974).