

3.2.6.8 Cromo

Río Cardener

En la **figura 20** quedan reflejados los valores de cromo en el río Cardener. Los niveles menores se dan en Olius (0.5 $\mu\text{g/l}$), en ésta zona las concentraciones de cromo se puede atribuir al uso de fertilizantes fosfatados en la agricultura, que según National Research Council Canada (1986) contienen aproximadamente 184 $\mu\text{g/g}$ de cromo. Por otro lado, una parte de estas también podrían ser de origen litogénico, ya que según los estudios realizados por Turekian y Wedepohl (1961), en rocas carbonatadas han determinado una concentración de 11 $\mu\text{g/g}$ de cromo. Los máximos valores de cromo se hallan en Castellgalí (5.3 $\mu\text{g/l}$), éstos sin duda se deben a los procesos industriales de fundiciones de metales y acabados metálicos de la zona de Manresa. Cabe resaltar que la concentración de cromo se hace importante tras su paso por los núcleos urbanos e industriales de Cardona-Súria, ello podría ser atribuido, en parte, a las industrias de textiles de Valls-Palà. Se observa una correlación del cromo con los nitritos ($r=0.613$, $p<0.05$) y con los nitratos ($r=0.767$, $p<0.01$), estas correspondencias indican la relación que guardan entre ellos. Los niveles de este elemento en ninguno de los puntos de muestreo superan los límites tolerables (50 $\mu\text{g/l}$). La concentración media es de 3.0 $\mu\text{g/l}$ y oscila entre 1.1–5.0 $\mu\text{g/l}$, con una significación de $p<0.05$.

Río Llobregat

Las concentraciones de cromo en el río Llobregat se presentan en la **figura 22**. La concentración media de cromo pasa de 2.2 $\mu\text{g/l}$ en Guardiola de Berguedà a 31.3 $\mu\text{g/l}$ en Sant Joan Despí, produciéndose una relación de enriquecimiento de quince veces, entre la cabecera y la desembocadura del río. Esta magnitud de enriquecimiento es indicativa de una mezcla de vertidos industriales, domésticos y de agricultura en los sistemas acuáticos (Bentine y Goldberg, 1977; Liston y Mahar, 1986; Bubb y Lester, 1994). En la primera y segunda campaña (primavera y verano) se han hallado las concentraciones más bajas de cromo. En primavera posiblemente es atribuido al elevado caudal y en verano por la menor actividad industrial. Por su parte, en la tercera y cuarta campaña (otoño e invierno) se hallan valores ligeramente superiores a las anteriores campañas.

En otoño podría ser atribuible a las precipitaciones registradas en éste periodo del año, la escorrentía producida por las lluvias puede haber lixiviado los terrenos enriquecidos en cromo tras un largo periodo de sequía, como en el caso que nos ocupa (zonas agrícolas, carreteras adyacentes, zonas urbanas e industriales, corrosión de materiales metálicos, etc.). Por el contrario en invierno, se atribuye al descenso del caudal por la sequía registrada en ésta estación del año. La concentración de cromo se hace más importante desde Martorell-L (punto 9), tras recibir a su afluente el río Anoia con un elevado potencial contaminador de cromo procedente del curtido de pieles y textiles de Igualada y por otro lado, los vertidos de las industrias galvánicas, mecánicas, químicas y farmacéuticas de Olesa de Montserrat, Abrera y Martorell. Según Hamdy y Post (1985) efluentes de éste tipo de industrias contienen entre 4-330 $\mu\text{g/l}$ de cromo. En la parte final del río (Baix Llobregat) encontramos industrias de alimentos y de productos químicos diversos. Según Klein *et al.*, (1974) los desechos líquidos en estos dos tipos industrias fluctúan entre 150-280 $\mu\text{g/l}$ de cromo. El cromo esta fuertemente correlacionado con todos los metales pesados que se estudian ($p < 0.01$) y también lo hace con la conductividad y los nitritos ($r = 0.777$ y $r = 0.544$, $p < 0.01$, respectivamente). Las concentraciones de cromo en aguas del río Llobregat no superan los valores máximos de referencia (50 $\mu\text{g/l}$). El valor medio es de 8.3 $\mu\text{g/l}$ y oscila entre 2.8–13.9 $\mu\text{g/l}$, con un nivel de significación de $p < 0.05$.

Río Anoia

En la **figura 24** se recogen las concentraciones de cromo para el río Anoia. En ésta puede apreciarse que a partir de Vilanova del Camí la concentración de cromo disminuye a medida que baja el río. Ello podría ser atribuible a que la mayor cantidad de fuentes de contaminación de este elemento está ubicadas en el curso alto del río. Los niveles menores de cromo se hallan en Jorba (5.7 $\mu\text{g/l}$) y los mayores en Vilanova del Camí (143.5 $\mu\text{g/l}$) esto era de previsible, ya que en los márgenes de este río entre Igualada y Vilanova del Camí, están censadas más de cincuenta industrias de curtido de pieles y textiles. Klein *et al.*, (1974) han descrito que las industrias de curtido de pieles y textiles generan aproximadamente 20100 $\mu\text{g/l}$ y 820 $\mu\text{g/l}$ de cromo, respectivamente. En Capellades el río recibe el vertido de las industrias de tratamiento de superficies

ubicadas en el polígono industrial del Carne, industrias papeleras y de las aguas residuales domésticas sin saneamiento de esta población. A pesar de esto, las concentraciones de cromo descenden en un 100% respecto a Vilanova del Camí. Esta sensible recuperación del río podría ser atribuida al fenómeno de adsorción a la materia en suspensión y por procesos de precipitación en los sedimentos a consecuencia de los cambios físico-químicos del agua. El cromo presenta una correlación mayor que otros metales con el caudal ($r=0.477$, $p<0.05$). La concentración media es de $52.5 \mu\text{g/l}$ y fluctúa entre $27.0\text{--}77.8 \mu\text{g/l}$, con un nivel de significación de $p<0.05$.

Con el análisis de la varianza se ha establecido que el río Anoia tiene una concentración de cromo significativamente superior a los ríos Cardener y Llobregat ($p<0.05$), mientras que para el Cardener-Llobregat no se han hallado diferencias significativas.

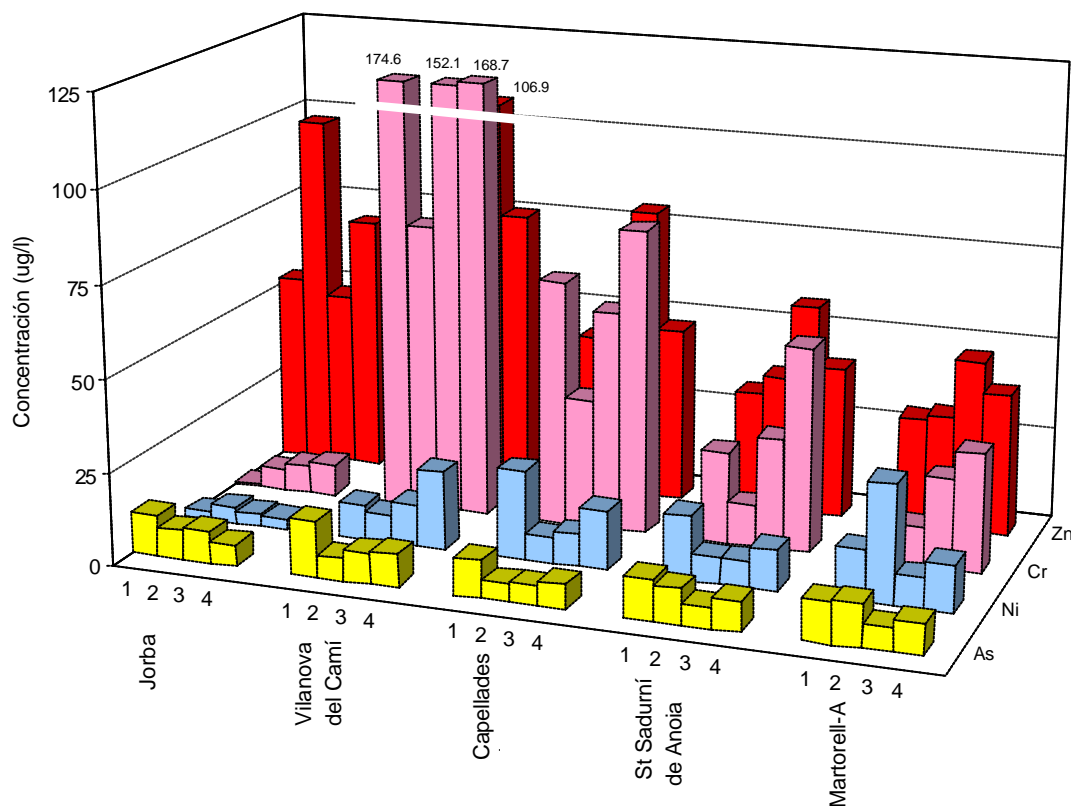


Figura 24: Evolución espacial y temporal de As, Ni, Cr y Zn a lo largo del río Anoia

3.2.6.9 Zinc

Río Cardener

Las concentraciones de zinc en el río Cardener se muestran en la **figura 20**. Este metal es el más abundante en las aguas de este río. Se presenta en niveles mínimos en Olius (9.4 $\mu\text{g/l}$) y máximos en Castellgalí (26.6 $\mu\text{g/l}$). Las concentraciones de zinc en Olius posiblemente son debidas a los efluentes de granjas. Este tipo de vertidos son fuentes importantes de zinc (Förstner y Wittmann, 1983; Usero *et al.*, 1997; Facetti *et al.*, 1998). Garlaschi *et al.*, (1985) han descrito que en las aguas residuales domésticas sin depurar los contenidos de zinc fluctúan entre 151-323 $\mu\text{g/l}$, lo cual evidencia que pueden hallarse concentraciones importantes en las corrientes fluviales, aún en ausencia de la actividad industrial. En Castellgalí los valores elevados de zinc son coherentes con la actividad industrial de la zona de Manresa, puesto que está poblada de industrias galvánicas, recubrimiento de superficies de acero que son potenciales portadores del zinc al medio acuático (Albert, 1990; Doménech, 1995). El zinc está fuertemente correlacionado con el cobre y níquel ($r=0.648$ y $r=0.836$, $p<0.01$ respectivamente) todos ellos con origen en la industria metalúrgica. Por otro lado, las elevadas concentraciones de zinc en Castellgalí, también pueden estar afectadas por las aguas residuales domésticas sin depurar de Rajadell. Los niveles de zinc en las aguas del río Cardener no superan en ningún caso el valor máximo de referencia (5000 $\mu\text{g/l}$). El valor medio es de 14.2 $\mu\text{g/l}$ y oscila entre 9.8–18.7 $\mu\text{g/l}$, con un nivel de significación de $p<0.05$.

Río Llobregat

En la **figura 22** se recogen las concentraciones de zinc en el río Llobregat, en ella se observa de forma clara que los valores de este metal se incrementan gradualmente conforme bajo el río. Las concentraciones de zinc pasan de 6.6 $\mu\text{g/l}$ en Guardiola de Berguedà a 176.1 $\mu\text{g/l}$ en Sant Joan Despí, produciéndose una relación de enriquecimiento de veintiséis veces respecto a los niveles de fondo (punto 5). Según Klein *et al.*, (1974) las aguas residuales de las industrias de alimentarias diversas, textiles, sustancias químicas diversas y la limpieza de automóviles generan concentraciones de aproximadamente 1100 $\mu\text{g/l}$, 500 $\mu\text{g/l}$, 800 $\mu\text{g/l}$ y 920 $\mu\text{g/l}$ de zinc,

respectivamente. Estos valores podrían ser una de las causas del incremento progresivo de zinc a lo largo del río. Las concentraciones de este elemento se hacen importantes, a partir Castellbell i el Vilar hasta el último punto (Sant Joan Despí), ello puede ser atribuible al incremento de urbanizaciones densamente pobladas y grandes industrias en el tramo antes indicado. Es de destacar que los niveles más importantes de zinc se hallan en Castellbell i el Vilar y en Sant Joan Despí en otoño y verano respectivamente. En Castellbell i el Vilar se halla un valor de 203.5 $\mu\text{g/l}$, pudiendo tratarse de un vertido incontrolado ocasional, este aumento también se ve afectado para el cobre y el plomo (**figura 21**). En verano en Sant Joan Despí (561.6 $\mu\text{g/l}$), también se halla una concentración significativamente elevada, esto se puede atribuir a la limpieza de los sedimentadores de la planta potabilizadora de aguas del río Llobregat que concentran metales en los lodos y por otro lado, al efecto colector (apartado 3.2.4, tabla 3.8). El zinc está significativamente correlacionado con todos los metales estudiados ($p < 0.01$) y también con la conductividad y los nitritos ($r = 0.764$ y $r = 0.518$, $p < 0.01$ respectivamente). Las concentraciones de zinc son inferiores a los valores máximos establecidos por la legislación (5000 $\mu\text{g/l}$). La concentración media es de 43.3 $\mu\text{g/l}$ y oscila entre 7.0–79.7 $\mu\text{g/l}$ ($p < 0.05$).

Río Anoia

Los valores de zinc en aguas del río Anoia quedan reflejados en la **figura 24**. En este río el zinc, a diferencia del resto de los elementos, se dan concentraciones relativamente elevadas en Jorba (67.1 $\mu\text{g/l}$), esto se puede atribuir al vertido directo de aguas residuales domésticas sin depurar de ésta población y a los efluentes de las granjas allí ubicadas y en parte de origen litogénico. Förstner y Wittmann (1983) y Thuy *et al.*, (2000) han descrito que los residuos de ésta naturaleza son fuentes importantes de zinc a las corrientes fluviales. Según estudios realizados por Adriano (1986) los contenidos de zinc en los desechos de origen vacuno, aves de corral y porcinos son de 86-115 $\mu\text{g/g}$, 36-158 $\mu\text{g/g}$ y 198 $\mu\text{g/g}$ respectivamente, estos valores justificarían también las elevadas concentraciones en Jorba. Los niveles máximos de zinc se hallan en Vilanova del Camí (73.7 $\mu\text{g/l}$), estos se atribuyen a la actividad industrial y urbana de Igualada, puesto que las aguas residuales del curtido de pieles y

textiles contienen del orden 1730 $\mu\text{g/l}$ y 500 $\mu\text{g/l}$ de zinc, respectivamente. Tras su paso por ésta zona las concentraciones de este elemento disminuyen ligeramente, a pesar de recibir los vertidos de aguas residuales de forma directa sin tratamiento de varias poblaciones, asimismo de un polígono con actividad en tratamiento de superficies y de las industrias papeleras de Capellades. Las aguas del río Anoia son muy susceptibles a presentar cambios en su composición físico-química, debido al caudal pequeño que se mide y por tanto, los metales en solución pueden precipitar en forma de carbonatos, óxidos y hidróxidos o a través de procesos de adsorción cuyo destino final son los sedimentos. En el río Anoia, el zinc está significativamente correlacionado con el antimonio y el plomo ($r=0.581$ y $r=0.748$, $p<0.01$ respectivamente). Los niveles del zinc se encuentran muy por debajo de los valores máximos de referencia (5000 $\mu\text{g/l}$). El valor medio es de 54.1 $\mu\text{g/l}$ y oscila entre 43.9–64.4 $\mu\text{g/l}$, con un nivel de significación de $p<0.05$.

Del análisis de la varianza de las concentraciones medias de zinc se deduce que para el río Cardener-Anoia se han hallado diferencias significativas ($p<0.05$). Mientras para los ríos Cardener-Llobregat y Llobregat-Anoia no encontramos estadísticamente diferencia alguna, esto posiblemente se debe a la elevada desviación estándar que presenta el río Llobregat (**tabla 3.2**).