

## CONTAMINACIÓN POR FLUORUROS:

# NO CONTORNO DE ALCOA, SAN CIBRAO

Luis Díaz Cabanela\*

*Diferentes análises realizadas nos arredores da factoría de aluminio ALCOA-INESPAL de San Cibrao (Lugo) amosan unha alta contaminación por fluoruros. O fluoruro de calcio é utilizado como electrolito e o fluoruro de sodio como fundente na fabricación de aluminio'. Neste artigo amósanse os niveis da presenza deste contaminante nos diversos ecosistemas da zona.*

## FLUORUROS

Son compostos que conteñen flúor. Xeralmente son incoloros. Os diferentes fluoruros son máis ou menos solúbeis en auga e poden ser sólidos líquidos ou gasosos. Os fluoruros inorgánicos son os máis importantes pola exposición ambiental, a través da auga e os alimentos. Os máis comúns son o fluoruro de hidróxeno (HF), o fluoruro de calcio ( $\text{CaF}_2$ ), o fluoruro de sodio (NaF), o hexafluoruro de xofre ( $\text{SF}_6$ ) e os fluorosilicatos. Son compostos químicos importantes con diferentes usos, e entre estes destacan a produción de aluminio, a fluoración de auga potábel e a elaboración de pasta de dentes fluorada.

No medio ambiente os fluoruros aparecen de xeito natural (por exemplo, erosión de rochas, emisións volcánicas) e debido á actividade humana (minería e uso de fosfatos minerais, produción de aluminio, fluoración da auga potábel). Desta forma, os fluoruros poden estar presentes nos distintos medios:

- No aire, como gases ou partículas;
- Na auga, principalmente como ións flúor ou combinado con aluminio;
- En solos, principalmente combinado con calcio ou aluminio;
- Nos organismos vivos.

Os niveis de fluoruros no medio ambiente dependen da proximidade das fontes de emisión tanto naturais como antropoxénicas. Os animais acumulan fluoruros no seu esqueleto e as plantas nas súas follas<sup>2</sup>.

## INTOXICACIÓN CRÓNICA NAS PERSOAS

A intoxicación crónica, debida á exposición continuada a fontes de contaminación, pode dar lugar a diversos problemas de saúde, destacando a fluorose dental e a fluorose esquelética.

## Fluorose dental

A fluorose dental é o resultado da inxesta de demasiado fluoruro durante o período de crecemento dos dentes, xeralmente desde o nacemento ata que se cumpren 6-8 anos. Non é posíbel por tanto a aparición da fluorose dental despois desa etapa de crecemento. Os niveis demasiado altos de fluoruros poden alterar as células que forman o esmalte (odontoblastos) e polo tanto impiden que o esmalte madure normalmente.

A fluorose pode ser de leve a severa, dependendo de canto tempo se estivese exposto aos fluoruros durante o período de crecemento dos dentes. A fluorose dental leve caracterízase normalmente pola aparición de pequenas manchas brancas no esmalte, mentres que os dentes dos individuos con fluorose dental severa teñen manchas marróns e/ou buratos<sup>2</sup>.



A fluorose dental leve caracterízase normalmente pola aparición de pequenas manchas brancas no esmalte, mentres que a fluorose dental severa provoca manchas marróns e mesmo ou buratos.

## Fluorose esquelética

A fluorose esquelética é unha enfermidade producida pola acumulación excesiva de flúor nos ósos, o que provo-

ca cambios na súa estrutura, volvéndose extremadamente fráxiles e facilitándose as fracturas.

As primeiras etapas da fluorose esquelética están caracterizadas por un aumento da masa ósea que se pode detectar con raios X. Se se seguen inxerindo ou inhalando grandes cantidades de fluoruros durante varios anos, os cambios no esqueleto provocan gran rixidez e dor nas articulacións.

A forma máis grave de fluorose esquelética denomínase "fluorose invalidante". Os síntomas son a calcificación dos ligamentos, deformidade esquelética<sup>1</sup>, inmovilidade, perda de masa muscular e problemas neurolóxicos debidos á compresión da médula espinal<sup>2</sup>. Os individuos con insuficiencia renal son máis susceptibles de padecer fluorose debido á diminución da excreción de fluoruros<sup>1</sup>.

Existen amplas zonas no mundo onde os fluoruros están presentes de forma natural contaminando as augas e os alimentos, representando un serio problema de saúde pública. Nesas zonas a fluorose dental e esquelética son endémicas e están ben documentadas en áreas como a India, China e África. Existe unha relación entre o contido de fluoruros na auga potábel e a prevalenza de fluorose esquelética como se aprecia no Cadro I adxunto. Nalgúns lugares de China, o uso doméstico de carbón para cociñar con alto contido en fluoruros provoca intoxicación crónica por inhalación.

## EFFECTOS DA CONTAMINACIÓN POR FLÚOR NO MEDIO

### En plantas

O dano pode tomar a forma de clorose (follas amarelas debido á redución da clorofila) ou necrose (morte das células das follas). Ademais observouse redución do crecemento, alteracións morfolóxicas e mortalidade. Tamén a composición da vexetación pode verse moi alterada a



medida que as especies tolerantes e os xenotipos adquiren vantaxes competitivas sobre outras que son máis sensíbeis.

A acción dos fluoruros depende dunha serie de factores como a temperatura, humidade relativa, velocidade do vento, humidade do solo, nutrición da planta, estado de crecemento da planta e a especie. Con frecuencia utilizáronse os liques como bioindicadores de fluoruros<sup>3</sup>.

#### No gando

A acumulación de fluoruros no pasto e na forraxe afecta aos animais herbívoros.

Concentracións entre 20 e 40 micrg F/g de peso seco de forraxe causan efectos adversos no gando. Entre os síntomas da toxicidade por fluoruros cabe mencionar a emaciación, ou rixidez das articulacións e anomalías en dentes e ósos. Outros efectos son unha redución da produción de leite e deficiencias na capacidade reprodutiva dos animais.

#### Na auga doce

Concentracións superiores a 0,2 mg/L de fluoruros teñen efectos letais, ademais de inhibir a migración do salmón. A troita sofre retraso na incubación con 1,5 mg F/L. Tamén afecta a invertebrados como o *Musculium transversum* e a varias especies de insectos de auga doce da familia *Hydropsychidae*<sup>2</sup>.

#### No medio mariño

A auga de mar presenta de forma natural máis cantidade de fluoruros que a auga doce. Do nivel natural de fluoruro no océano, 1,2 a 1,4 mg/L, só a metade é fluoruro bioloxicamente dispoñíbel na forma de ión; o resto, está presente como un complexo insolúbel de fluoruro de magnesio (Riley and Skirrow, 1965). Por isto, os efectos nos organismos mariños nótanse para niveis ambientais

de fluoruro superiores a 0.6 ou 0.7 mg/L de fluoruro dispoñíbel<sup>3</sup>.

En peixes capturados en zonas contaminadas atopáranse niveis de fluoruros 4- 5 veces superiores que os capturados en zonas limpas. De acordo con estudos revisados pola Organización Mundial da Saúde, a especie mariña máis sensíbel sometida á proba foi a artemia (*Artemia salina*).

#### FLÚOR NO CONTORNO DE ALCOA, SAN CIBRAO

Os datos dos que dispoñemos proveñen fundamentalmente do estudo publicado en 2000 pola edafóloga Esperanza Álvarez Rodríguez<sup>5</sup>. Recolléronse 109 mostras de solo, 283 mostras de vexetación, e mostras de auga realizadas mensualmente durante o período de un ano en 23 puntos diferentes. Tamén dis-

**Cadro I.** Prevalenza de Fluorose esquelética en poboacións de Inner Mongolia, (China), en función do contido de fluoruros na auga de bebida.

Fluoruros (mg/L)	Fluorose esquelética	
	Casos	%
0.4	0	0
0.65	2	0,21
1.4	93	7,72
1.6	109	12,3
3.2	101	12,7
3.4	132	15,2
4	42	19,6
6.9	166	19,9

Fonte: Xu e col. (1997).

poñemos de análises encargadas pola veciñanza da zona de 18 mostras de follas, froitos, terra, 2 mostras de ósos de ovella das explotacións gandeiras e 4 mostras de auga dos pozos.

#### Mostras animais

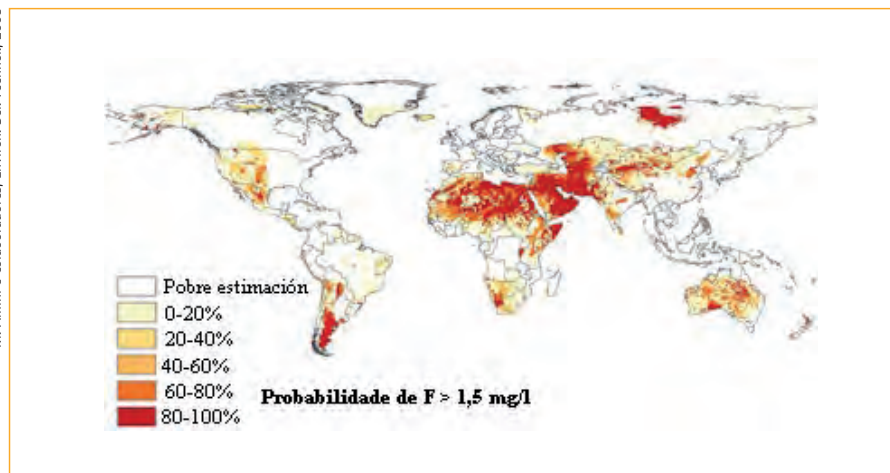
As mostras recollidas polos veciños en anos recentes foron dúas, e a súa análise deu os resultados indicados no Cadro II. Ambas superaron amplamente o límite máximo indicado para humanos. Á súa vez, no estudo de E. Álvarez analizaronse 8 mostras de osos animais, e

**Cadro II.** Mostras recollidas polos veciños en San Cibrao

Mostra	Flúor (mg/kg)	Lugar	Data
1. Mandíbula , costela e vértebras de coxis de ovella	16000	Lago-Aspera	13-3-2007
2. Mandíbula e vértebras de coxis	4370	Lago-Xove	4-5-2006

Nota: os valores de referencia en humanos están na faixa de 500 a 1.000 mg/kg (véxase a referencia 4)

M. Amiri e colaboradores, Environ. Sci. Technol., 2008



Distribución mundial da contaminación por fluoruros de orixe natural.





Follas afectadas de fluorose (Fotografías de Davison & Weinstein).

delas 4 deron niveis superiores a 1000 mg/kg. Foron as seguintes: Mandíbula de équido de 24 anos (1353 mg/kg), Mandíbula de ovella 1 (3972 mg/kg), Mandíbula de ovella 2 (3564 mg/kg). Porén, no mesmo estudo analizáronse 17 mostras de ovos que non amosaron diferenzas coas mostras control.

#### Mostras vexetais

As mostras recollidas ante notario pola Asociación de Veciños "Airiños Lago" nos lugares de Barxa e Casas Longas o 13 de xullo de 2006 e remitidas ao Laboratorio de Medio Ambiente de Galicia contiñan altos niveis de fluoruros. Catro delas superaron os 1000 mg/kg de materia seca, destacando o resultado en follas de oliveira con 2573 mg/kg m.s.

Das 283 mostras realizadas no traballo de E. Álvarez<sup>5</sup>, 96 corresponden a especies forestais fundamentalmente *Eucalyptus globulus* e o resto a diferentes especies de horta, frutais e forraxeiras. Atopáronse contidos superiores a 300 mg/kg a unha distancia da factoría comprendida entre 500 e 1000 m. As follas e a superficie dos froitos presentan valores máis altos que o interior dos froitos, o que suxire que a contaminación prodúcese por sedimentación de partículas na superficie vexetal. O límite considerado como normal é de 30 mg/kg. E a unha distancia de 3 km da fábrica os niveis foron similares ás mostras control.

#### Mostras de terra

Na zona próxima á factoría observáronse valores de 25 mg/kg nos solos forestais, apreciándose un claro descenso a medida que aumenta a distancia á factoría. Os valores medios foron superiores a 20 mg/kg. A partir de 3 km os valores son similares as mostras de control. Pero nas mostras máis próximas ao complexo industrial o contido de flúor é máis alto nas capas superficiais, o que suxire que as follas con alto contido en

flúor aportan fluoruros ao solo tras a súa caída e descomposición.

#### Mostras de auga

Analizáronse augas de escurrido (as que baixan polo tronco das árbores), augas de pluvio lavado (as que caen das follas), auga de choiva, augas superficiais e augas de pozos (estas últimas por encargo da veciñanza).

Os niveis máis altos atopáronse nas augas de escurrido e os máis baixos nas augas superficiais. Os índices máis elevados nas augas de choiva pluvio lavado e escurrido corresponden aos meses de xuño, xullo e agosto, sobre todo na zona de Barxa. O pico dos resultados foi de 9 mg/l en auga de escurrido no mes de xuño.

As augas superficiais (regatos e ríos) presentaron concentracións normais de fluoruros.

Das catro mostras de auga de pozos analizadas, só unha ofreceu niveis de flúor superiores ao permitido pola lei. En concreto, trátase dunha mostra tomada no lugar de Barxa con 1,68 mg/dL (Límites 1,5 mg/L RD 140/2003).

Nos estudos realizados en China observouse mais dun 8 % de prevalenza de fluorose esquelética en poboación que unicamente tiña acceso a ese tipo de auga con estes niveis de flúor (Cadro I).

#### CONCLUSIÓNS

Aínda que pareza incríbel, as estacións de control da Xunta están abandonadas, e hoxe é a empresa a que mide e informa sobre a súa propia contaminación. As conclusións sobre a perigosidade desta situación de contaminación son as seguintes:

- A contaminación afecta a unha zona de 3 km de radio desde o lugar onde está situada a factoría. A máis distancia, os niveis de fluoruros detectados

son similares aos habituais no medio ambiente.

- A emisión de partículas con alto contido en fluoruros por parte da factoría de ALCOA é claramente a responsable desa contaminación, máis intensa canto menor é a distancia á fábrica.
- Estas partículas sedimentan na vexetación da zona e contaminan aos animais herbívoros, fundamentalmente as ovelas que son mais sensíbeis aos fluoruros. Nos meses máis secos a contaminación das augas de chuvia, escurrido, e pluvio lavado é maior, aínda que os niveis en augas superficiais son normais.
- Non é seguro beber da auga dos pozos sen realizar análises periódicas. Deben ter especial coidado os nenos e nenas menores de 8 anos polo risco de fluorose dental e as persoas con insuficiencia renal pola súa maior tendencia a acumular flúor.

#### BIBLIOGRAFÍA

- (1) Environmental Health Criteria for Fluorides. Organización Mundial da Saúde. Xinebra 2002.
- (2) Scientific Facts on Fluoride. Greenfacts 2005 <http://www.greenfacts.org/>
- (3) Proyecto Alumysa Anexo 1. Efectos de los fluoruros en el medio ambiente. Gestión Ambiental Consultores.
- (4) Gobierno de Cantabria. Consejería de Ganadería Agricultura y Pesca. Servicio de Laboratorio y Control. Marzo de 2007.
- (5) Niveles de flúor en las inmediaciones del complejo ALCOA-INESPAL de San Ciprián (Lugo). Dra. Esperanza Álvarez Rodríguez. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Santiago de Compostela. Lugo. Mayo de 2000.

\* Luis Díaz Cabanela é médico, Máster en Toxicología e vogal de saúde ambiental de ADEGA.