

INTOXICACION POR FLUOR EN ANIMALES DOMESTICOS

El flúor, aunque se encuentra raramente libre en la naturaleza, posee facilidad de combinarse formando multitud de compuestos, muchos de los cuales, generalmente inorgánicos producen frecuentemente intoxicaciones en nuestros animales domésticos.

El problema que se presenta con el flúor, tiene que ver con su carácter «esencial» al igual que ocurre con otros metales y metales pesados. Los animales pueden ingerir pequeñas cantidades de flúor sin demostrar efectos adversos, incluso pueden mostrar efectos beneficiosos. Pero esta acción se puede volver dañina cuando se absorben en cantidades mayores. Así parece que pequeñas cantidades de este elemento pueden ser beneficiosas para el desarrollo de los dientes sin que aparezcan caries y también para prevenir una excesiva mineralización del hueso en las personas mayores (osteoporosis) e incluso una calcificación aterosclerótica. Debemos aclarar entonces que esta «esencialidad» la referimos a que este elemento sí que es requerido normalmente para la salud y bienestar del individuo, y no a que sea requerido en la dieta de un animal para permitir su supervivencia.

ORIGEN DE LA INTOXICACION POR FLUOR

Es interesante considerar qué caminos puede tener el flúor por los cuales va a ser ingerido por los animales y potencialmente ser causa de intoxicaciones.

Una de las causas más habituales de intoxicación por flúor la constituyen los forrajes contaminados con las partículas de polvo contenidas en los humos de emanación de determinadas industrias, como por ejemplo, centrales térmicas, fosforeras, industrias cerveceras, plantas de bauxita, de producción de aluminio, fábricas de ladrillos, de vidrios, esmaltes, alfarerías, procesos de calcinación del hierro, plantas que procesan amoníaco, las que producen fertilizantes comerciales, etc. Aunque en nuestra fotografía todas estas industrias se encuentran representadas y extendidas, algunas más que otras han venido siendo las responsables de la aparición de procesos de intoxicación por flúor.

A este respecto, debemos decir que las fábricas de esmaltes y cerámicas, las plantas

productoras de fluoruro sódico como aditivo conservador en industrias azucareras y las fábricas de cemento han tenido más incidencia en esta problemática, en provincias como Santander, Bilbao, Madrid y Barcelona.

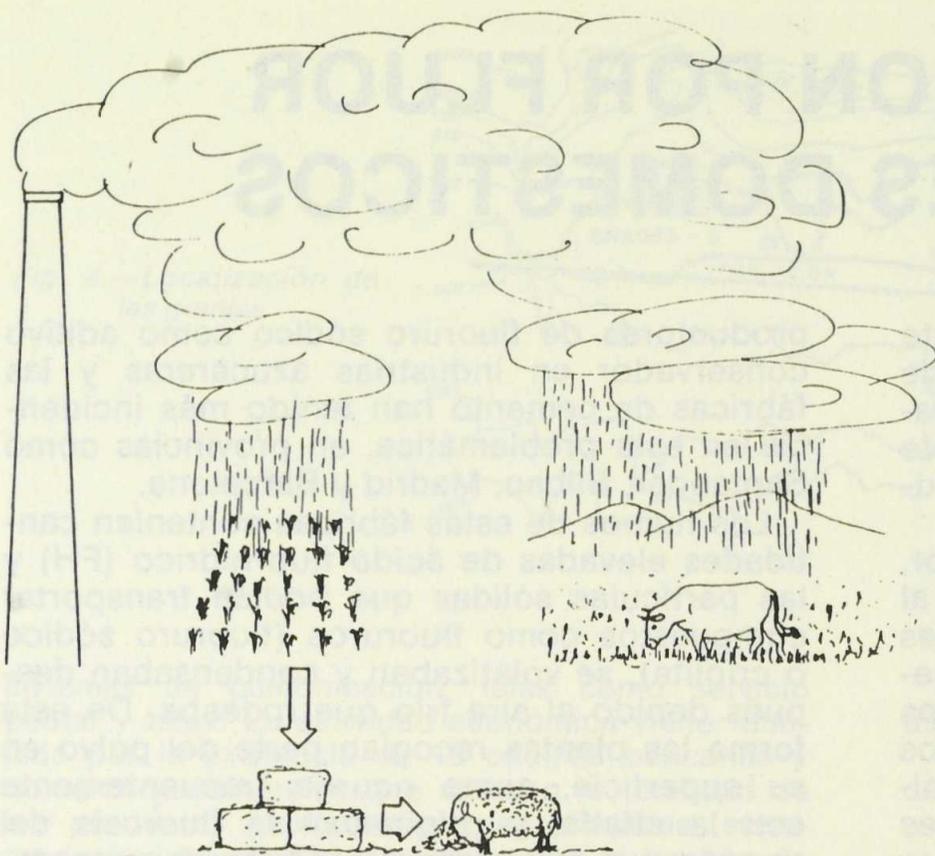
Los humos de estas fábricas contenían cantidades elevadas de ácido fluorhídrico (FH) y las partículas sólidas que podían transportar compuestos como fluoruros (fluoruro sódico o criolita), se volatizaban y condensaban después debido al aire frío que rodeaba. De esta forma las plantas recogían parte del polvo en su superficie, como ocurría frecuentemente con la alfalfa, y originaban la fluorosis del ganado que las consumía. El factor meteorológico contribuía notoriamente a aumentar esta incidencia en los lugares próximos a las fábricas, pues la lluvia favorecía ligeramente la contaminación del suelo al disolver los gases fluorados de la atmósfera y depositar la solución restante en el suelo.

Este efecto, aunque pudiera parecer de importancia, no lo es tanto. El contenido en flúor de la mayoría de las plantas, con excepción de las raíces, no se ve afectado con facilidad por la presencia de ciertas cantidades de flúor en el suelo, aunque existen casos de excepción como la camelia y té con gran poder de concentración de este elemento.

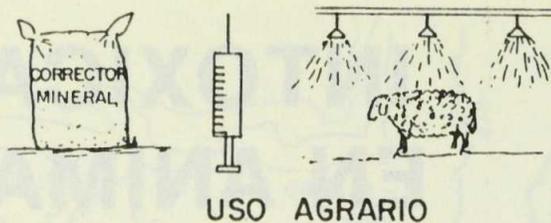
También las hojas de los vegetales expuestos podrían absorber el gas por sus estomas, pero este efecto necesita la presencia de determinadas concentraciones, variable según la especie que se trate, para mostrar la toxicidad en el vegetal; toxicidad que cuando se muestra queda patentizada por la presencia de zonas necróticas en determinadas partes del vegetal.

Deberemos destacar en las intoxicaciones que tienen por origen la exposición de los forrajes consumidos por los animales a alguna fuente industrial, la importancia que tienen los períodos alternativos de alta y baja ingestión por parte de los animales, pudiendo ser más perjudiciales que las exposiciones a niveles constantes, como a continuación explicaremos.

Otras veces el origen de la intoxicación por flúor lo han constituido los complementos alimenticios que contenían cantidades altas de este elemento, como las rocas de fosfatos empleadas en la elaboración de suplementos minerales como fuentes de calcio y fósforo e

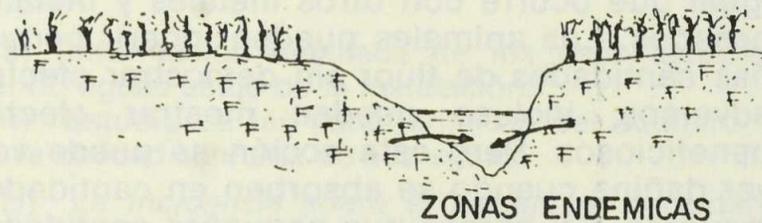


CONTAMINACION INDUSTRIAL



USO AGRARIO

INTOXICACION



ZONAS ENDEMICAS

Origen de la intoxicación por flúor.

incluso algunos compuestos como el fluoruro sódico y la criolita o el fluosilicato sódico que se han venido utilizando para el control de vermes y ácaros; de los cuales aunque de forma esporádica se efectuaba algún control acerca de la significación que representan estos casos en nuestro país, no se obtuvieron resultados concluyentes por falta de datos que permitieran un diagnóstico de la intoxicación.

Otras veces la fluorosis se puede presentar de forma endémica en determinadas áreas geográficas por la presencia de fosfatos, suelos volcánicos o por la existencia de minerales como la fluorita, el fluorapatito y las rocas sedimentarias con flúor, o en menor grado con la calcita y el aragonito que favorezcan la

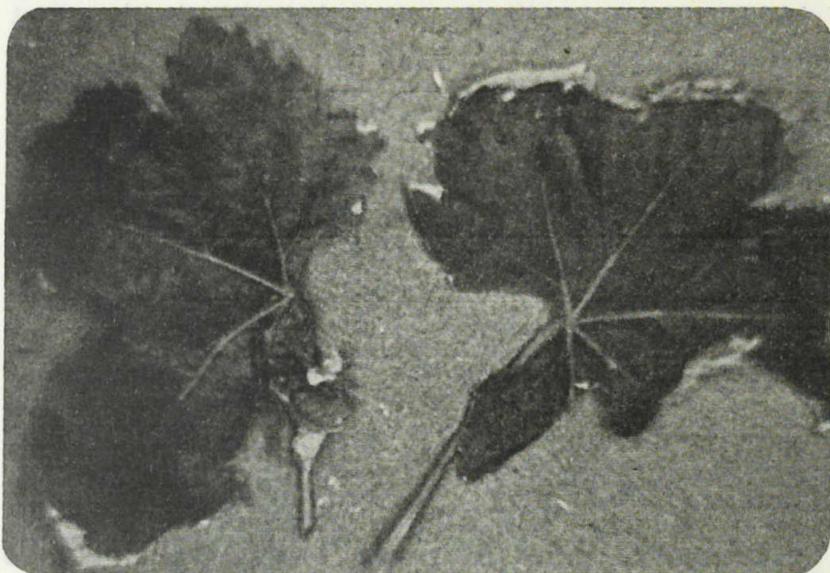
aparición de suelos con cantidades más o menos importantes de flúor, y como consecuencia de cantidades apreciables de este elemento en el agua superficial o en los manantiales subterráneos.

Muchas de las referencias que tenemos de este tipo de intoxicaciones corresponden a zonas de fuera de nuestra geografía, pero debido a las características geológicas similares de nuestras regiones bien pudiéramos pensar que pudieran darse en España.

Ante esta posibilidad, se impone la necesidad de controlar la calidad de dichas aguas y de estimar la ingestión diaria que dichas aguas pueden suponer para los animales. Aunque en general el contenido de flúor en estas circunstancias puede variar ampliamente de unas zonas a otras, es menos importante en regiones calcáreas.

Otro de los orígenes que puede tener la intoxicación por flúor se refiere a la aplicación de pesticidas que contienen flúor en varias formas y que han sido utilizados en otras épocas, como fue el caso del fluoracetato sódico y las fluoracetaminas utilizados como rodenticidas, que si bien no contenían fluoruros inorgánicos, otros como el insecticida fluosilicato sódico y el ascaricida fluoruro sódico si los contenían.

En base a la importancia que estos compuestos representaban en cuanto a su posible depósito en los huesos, las toxicidad seguiría de mayor a menor como sigue: fluosilicato sódico y potásico, fluoruro sódico, roca fosfato, criolita natural y sintética, fluosilicato sódico y magnesio y fluosilicato cálcico.



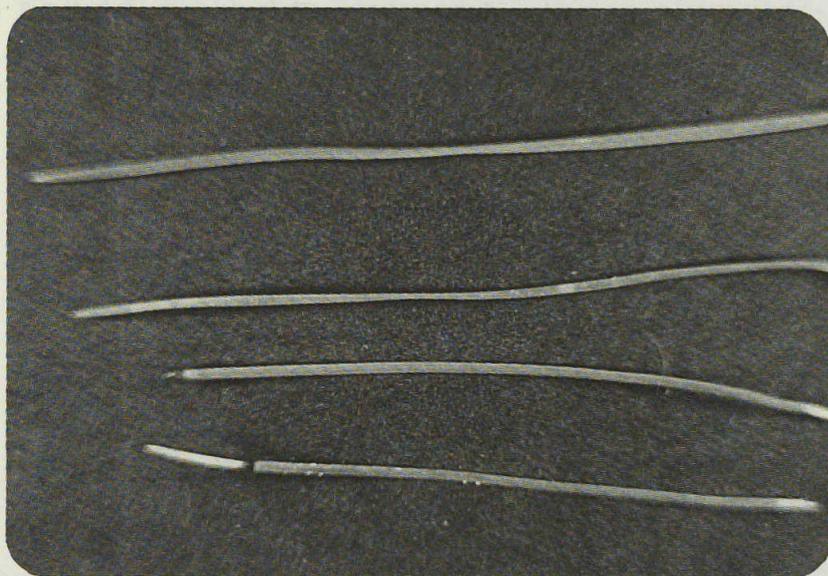
Necrosis periférica en hojas originadas por flúor.

TOXICIDAD Y MODO DE ACCION DEL FLUOR

La ingestión excesiva de flúor puede inducir bien a una toxicosis aguda o a un debilitamiento crónico por flúor (fluorosis).

En el envenenamiento agudo, la acción principal se ejerce sobre el sistema nervioso central, aunque existan efectos locales sobre el tracto digestivo; mientras que en el envenenamiento crónico la principal acción se refiere a la afección sobre los huesos y los dientes.

La absorción gastrointestinal que sufren estos compuestos parece ser debida a un transporte pasivo que tiene lugar en el estómago de forma rápida y que se ve influida por la solubilidad del compuesto y por la presencia de iones calcio. Después se fijan en el esqueleto de forma selectiva, comenzando por los tejidos calcificados como esqueleto y dientes, no presentando una acumulación significativa en los tejidos blandos y en los fluidos corporales.



En las acículas de los pinos, la necrosis originada por el flúor comienza en la punta, separándose de la parte sana por una zona de color marrón rojizo.

Al ser los riñones la vía principal de eliminación del flúor, el contenido de éste en la orina se va incrementando, tanto en la intoxicación aguda como en la crónica, y aunque no existen cifras concluyentes del nivel de flúor en la orina que ofrece cierto grado de fluorosis, se suelen dar valores de 10 mg/l. Es importante saber que pueden persistir en orina concentraciones importantes de flúor después de detenerse la ingestión de éste, por lo cual la aparición de cantidades de flúor en la orina será de valiosa ayuda para basar nuestro diagnóstico en animales sospechosos de padecerla o que se vieron expuestos a una fuente de flúor hasta hace poco tiempo. No obstante, debemos considerar que

la intoxicación por flúor puede presentar variabilidad en las diferentes especies animales resultando ser más sensible la vaca que la oveja, y ésta más que el cerdo y caballo.

Y en cuanto a lo que puedan representar las concentraciones de flúor en la orina, tendremos que tener en cuenta que nos variará con la edad del animal, esperando más contenido en los animales más viejos.

Podemos encontrar contenidos altos en tendón, aorta, y placenta, pero sobre todo en el tiroides donde se pueden alcanzar valores de 200 veces su concentración normal.

La placenta se presenta como una barrera en el transporte de flúor de la circulación materna al feto, aunque pequeñas concentraciones sí que serán capaces de atravesarla, y lo mismo ocurre con la glándula mamaria y la leche.

Si la ingestión de flúor es progresiva, el hueso y los dientes pueden ir almacenándolo, resultando éstas muestras ser de un valor extraordinario en base al establecimiento de un diagnóstico, aunque hay que tener en cuenta que los dientes sólo en su estado inicial de desarrollo resultan afectados, y el esmalte no cambia significativamente en su concentración de flúor, excepto en su superficie. Sólo en la dentina se incrementan los niveles con el tiempo.

En los huesos, una ingestión excesiva de flúor induce una serie de alteraciones como densidad mayor, calcificación en los puntos donde los músculos se fijan a los huesos, exostosis del hueso, etc.; fijándose más rápidamente en las áreas activas de crecimiento del hueso que en las corticales (compactas) y en las regiones superficiales (periósteo y endósteo) de la columna de los adultos más que en las regiones intermedias.

No hay cambios en la relación Ca:P en el hueso fluorótico; el grupo fosfato de las sales del hueso no es reemplazado por el ión flúor, sin embargo, el contenido en CO_3^{2-} del hueso está disminuido y el contenido en magnesio aumentado, lo que sugiere que existe un reemplazo del grupo CO_3^{2-} por el flúor y posiblemente algo de MgF_2 precipitado.

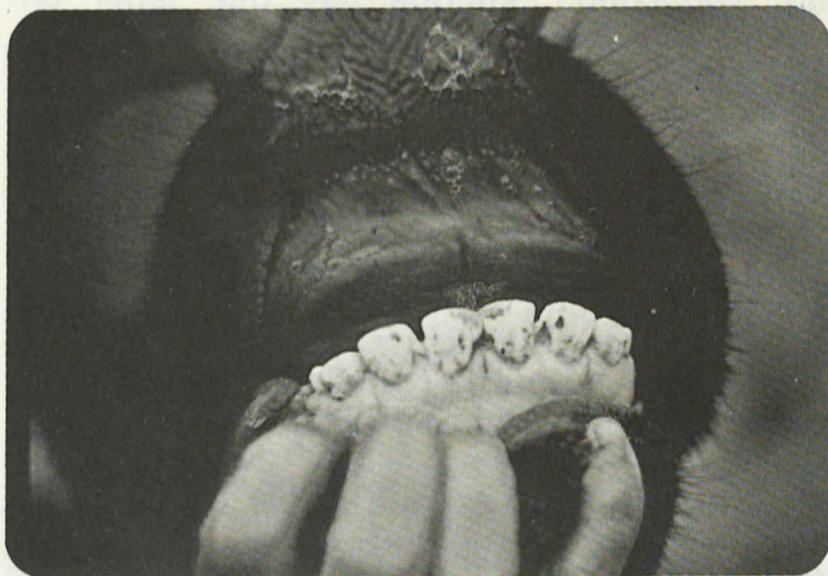
Diversos autores han señalado varios efectos en las células sanguíneas tras la ingestión de flúor: cambios en el contenido de la hemoglobina y en la población de distintos tipos de células, además de alteraciones enzimáticas, produciendo complejos con muchos metales presentes como hierro, calcio y magnesio.

SINTOMAS Y LESIONES

La intoxicación aguda por flúor debido al carácter accidental del proceso, casi siempre

ligado a exposiciones cortas, no está muy bien estudiada. Incluso su incidencia real queda enmascarada con la brevedad del proceso y muchas veces con una falta de acierto sobre un correcto diagnóstico, al desconocer las posibles fuentes origen de tal intoxicación. En estos casos, no obstante, se han venido observando una serie de signos clínicos que se refieren a contenido elevado de flúor en orina y sangre, inquietud, rigidez, anorexia, disminución de la producción de leche, salivación excesiva, náuseas, vómitos, incontinencia de orina y heces, convulsiones clónicas, debilidad, depresión y fallo cardíaco; algunas veces se observaron movimientos exagerados en la masticación e hiperemia y en cuanto a las lesiones, fue un signo común la necrosis de la mucosa del tracto digestivo.

Otros signos sintomatológicos que pueden ser añadidos en la intoxicación crónica son: descarga acuosa de los ojos, respiración acelerada, tremor muscular y fibrilar y diarrea.



En el ganado bovino la primera lesión aparece en los dientes.

Debemos de tener en cuenta que la distinción entre la intoxicación aguda y crónica no siempre es posible, si bien, como ha ocurrido en todos los casos estudiados por nosotros y que se referían a procesos crónicos originados como consecuencia de proximidad a núcleos industriales, los síntomas se mostraban sólo después de exposiciones prolongadas, y su ocurrencia era local, en las proximidades de las plantas industriales cuyos desechos contenían compuestos de flúor, decantándonos hacia una posible intoxicación crónica.

Los primeros síntomas casi siempre hacían referencia a problemas articulares, disminución del apetito y producción de leche menor, si bien algunos de ellos podían ser confundidos con los que presentan otros elementos «traza», con determinadas deficiencias, con

enfermedades crónicas debilitantes o con osteoartritis, la sospecha de su origen contaminante nos hizo dirigirnos al estudio de una fluorosis.

Varios son los factores a tener en cuenta en estos casos:

- La cantidad de flúor ingerido.
- La duración de la ingestión.
- Las fluctuaciones en la ingestión de flúor en el tiempo.
- La solubilidad del compuesto de flúor ingerido.
- La especie animal considerada.
- Edad en la época de ingestión del flúor.
- Niveles generales de nutrición.
- Factores de stress.
- Respuesta biológica individual, etc.

La mejor evidencia de que los animales han ingerido F en mayores proporciones lo constituyen los elevados niveles en su dieta, huesos y orina. Pero este último está afectado por un número importante de variables como la duración de la ingestión de F⁻, hora del día en que se efectúa el muestreo y volumen de orina expulsada. Además, como ya hemos dejado dicho, la concentración de F podrá permanecer elevada algún tiempo después de eliminar esa dieta alta en flúor, por lo que todo esto debe ser considerado sino se quiere limitar la validez del muestreo.

En cuanto a la cantidad de flúor retenida por el esqueleto, sí que es proporcional a la cantidad ingerida, pero decrece con el tiempo. Además, no todos los huesos retienen con la misma intensidad. Huesos como el frontal, costillas, vértebras y pelvis tienen mayor contenido de F⁻ que los huesos más compactos como los metatarsianos y metacarpianos, donde existe una marcada variación en sus diferentes áreas anatómicas. Por ejemplo: en la diáfisis el contenido en flúor es menor que en las metáfisis.

Sin embargo, una de las muestras elegidas para la determinación analítica del flúor suele ser la vértebra coxígea, debido a la facilidad de su extracción, obtenida por biopsia y cuyo contenido en flúor guarda una correlación con los huesos metacarpianos y metatarsianos.

Una de las características comunes que padecen los animales enfermos se refiere a los movimientos embarados que se deben más a problemas de rigidez que a cojera, tendiendo los animales a estar postrados descansando sobre sus rodillas. Esto parece estar asociado a lesiones osteofluoróticas y calcificación de estructuras periarticulares y de los tendones de inserción, que parece que afecta la habilidad de los animales para pastar produciéndoles una alteración en su des-

arrollo y que parece ser la causa de la disminución de la producción lechera observada, limitando el tiempo de toma de alimento, además de la posible abrasión molar que dificulta la masticación y del deterioro metabólico en el que se encuentre.

Como hemos comentado anteriormente, las alteraciones dentales sólo se producen en los animales expuestos a una fuente de contaminación en sus etapas de desarrollo, con lo cual las lesiones definitivas que puedan aparecer después serán los síntomas más obvios de que se produjo una ingestión excesiva de F durante el período de formación de los dientes, que en bóvidos sabemos que es desde los seis meses a los tres años de edad, pero que esta exposición pudo ser resultado o bien de una ingestión continuada o bien de exposiciones breves.

Tales lesiones han sido debida y gradualmente estandarizadas en el esmalte del incisivo, por lo que el grado de afección que se nos presenta aquí nos dará una base muy fiel para diagnosticar el grado de fluorosis.

Otros órganos no nos ofrecen las mismas posibilidades que los comentados hasta ahora, de todas formas debemos de conocer que la ingestión de cantidades excesivas de flúor producirá concentraciones poco incrementadas de flúor en la sangre y tejidos blandos, pero que éstas aparecerán una vez se haya procedido a la saturación del hueso.

En cuanto a los hallazgos post-mortem se observan daños en las mucosas del tracto digestivo y degeneración del parénquima hepático. Inflamación y necrosis en riñones, y si la dieta de flúor ingerido ha sido suficiente por encima de la normal durante un período

de tiempo, las alteraciones en la estructura de los huesos se vuelve evidente.

Los cambios histológicos característicos de la osteofluorosis recuerdan las lesiones de los huesos y alteraciones asociadas con otras enfermedades de los huesos. Así, los hallazgos radiográficos se refieren a irregularidades en la superficie de las diáfisis y a la aparición de exóstosis, además de porosidad patológica. Algunas veces esta osteoporosis puede acabar en osteosclerosis.

Las costillas pueden también aparecer fracturadas como consecuencia de su facilidad de fracturarse al levantarse o tumbarse el animal.

Las alteraciones en la superficie de los dientes es también un signo común de envenenamiento crónico por flúor.

DIAGNOSTICO DE LA INTOXICACION POR FLUOR

No existe un criterio único que podamos seguir a la hora de efectuar un diagnóstico de la intoxicación por flúor, muy al contrario necesitamos la mayor información posible acerca de la sintomatología, hallazgos en la necropsia, estudios histopatológicos, radiográficos y químicos; pero de sumo interés resultan ser: el grado de fluorosis dental, el grado de osteofluorosis, la presencia de cojera intermitente y las cantidades de flúor en el hueso, orina y alimento.

La correlación entre los síntomas, lesiones y análisis químicos de los tejidos, junto con el contenido de flúor medido en el agua y forraje, nos es definitivo en la emisión de nuestro diagnóstico.

En muchas ocasiones no se percibe la fluorosis hasta que comienza la cojera.



NIVELES DE FLUOR EN TEJIDOS BLANDOS DE ANIMALES

Tejido	Normal	2 mg F/día, durante 76 días	Normal	10 ppmE agua 2 años	Normal	50 ppm en ración 5 años y medio
Hígado	0,21	0,28	3,5	2,4	2,3	3,6
Riñón	0,62	1,50	4,2	20,0	3,5	19,3
Tiroides	—	—	3,0	7,6	2,1	7,3
Corazón	2,6	5,4	3,0	2,3	2,3	4,6
Páncreas	—	—	2,8	3,2	2,8	4,2
Músculo	0,53	1,60	—	—	—	—

Expresado en partes por millón (ppm), de peso fresco.
Cifras recopiladas por Underwood de diferentes autores.

PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO

No existen remedios efectivos para la neutralización de estos efectos nocivos, por lo que todavía resulta más importante el sistema de prevención que podemos utilizar. No obstante, se han venido recomendando lavados gástricos con agua caliza al 1 por 100 o cloruro cálcico en el caso de envenenamiento agudo por flúor. También la fluorosis dental ha sido menos severa en los casos en los que se les administró a los animales un suplemento de CO_3Ca , pero en contrapunto a esto, la mandíbula y los huesos metacarpianos no experimentaban modificación. Otros compuestos como el cloruro y el sulfato de aluminio han resultado relativamente eficaces en distintos casos, así como el cloruro sódico añadido en la dieta puede disminuir el flúor del esqueleto al competir los iones Cl^- y F^- en el transporte gástrico intestinal limitando la absorción de flúor.

Pero lo más importante de todo es que sepamos conocer en todo momento la cantidad de flúor que puede estar ingiriendo el animal tanto en el alimento como en el agua, y si estamos ante un caso de fluorosis industrial, transportar a los animales fuera de las áreas contaminadas.

En países como el nuestro donde exista un riesgo potencial de este tipo de intoxicación, sería de gran interés práctico situar estos territorios y definir los límites de las áreas que están sometidas a concentraciones peligrosas de flúor, tanto en el suelo como en la vegetación, lo que ayudaría a orientar adecuadamente las explotaciones situadas en estas áreas hacia fines que solventaran este riesgo como, por ejemplo, el engorde, tomándose medidas en cualquier caso de suministrar forrajes de zonas no expuestas, y en el caso de tener que sacrificar los animales debido al estado avanzado de fluorosis, mantener los animales más viejos, renovándolos cada dos años.

De cualquier forma se impone la necesidad de persuadir o forzar a tales industrias para que utilicen mecanismos que reduzcan al mínimo la emisión de estos compuestos.

Sólo se podrá lograr un correcto control de las toxicosis por flúor en nuestros animales cuando se reconozca la naturaleza de la enfermedad, cuando en base a nuestras observaciones y estudio se pueda diagnosticar y evaluar de forma apropiada, pero sobre todo, cuando la fuente de este exceso de flúor haya sido eliminado.

CONTENIDO MÁXIMO DE FLUOR EN mg/kg (ppm) EN ALIMENTOS ANIMALES (Official Journal of the European Communities. 11-2-74)

Materias primas	150
Materias primas de origen animal	500
Fosfatos	2.000
Piensos completos	150
Piensos completos para vacas, ovejas y cabras en:	
— Leche	30
— Otros	50
Piensos completos para cerdos	100
Piensos completos para aves	350
Piensos completos para pollitos	250
Mezclas minerales para vacas, ovejas y cabras	2.000

CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE FLUOR EN DIFERENTES MUESTRAS ESTUDIADAS, SOSPECHOSAS DE INTOXICACIÓN POR FLUOR

Pastos (materia seca)	360-830
Huesos (cenizas)	3.450
Fosfato bicálcico	1.985

Cifras expresadas en partes por millón (ppm).
Resultados obtenidos por el equipo de toxicología del INIA.

M.^a Jesús Muñoz Reoyo
Jefe de Equipo de Toxicología. I.N.I.A.