

Excelentísimo Sr. Director,

Excmos. Sres. Académicos,

Sras. y señores:

Llego con retraso a vuestra amable invitación, señores Académicos, y por ello os ruego que exageréis la magnanimidad que ejercisteis al llamarme, para que alcance también vuestra indulgencia y me pueda sentir perdonado de mi descortesía. Sabed -eso sí- que es el retraso de la prisa, una paradójica ecuación de nuestros tiempos, una deformación humana ante el vivir apresurado e infecundo, la que me ha impedido acudir con la rapidez que me dictaba mi impaciencia por sentarme a vuestro lado.

Contando, pues, con vuestra indulgencia, vaya empezar este discurso, reiterándoos mi agradecimiento por haber votado, y de forma unánime, mi elección. Cuando meditaba, emocionado, este acontecimiento de mi vida, tan inesperado como inmerecido e importante, me decía ¿ qué habrá hecho el hijo de Elpidio y de María para llegar hasta aquí? Aún no lo sé; acaso nada. Sólo vivir honestamente, corresponder a vuestro afecto y compartir una preocupación por la cultura de la que me empapé en la cuna. Entre las cosas que aspiraba a merecer por ello no estaba, ciertamente, ocupar un sillón en la Real Academia de Farmacia, pero como vuestras excelencias lo han querido y yo también, heme aquí dispuesto a aportar mi perspectiva químico-metalúrgica a vuestras preocupaciones.

Vengo a ocupar en esta Real Academia la vacante que dejara el profesor Ipiens Lacasa. Difícil sucesión. Cuando un talentado aragonés, de Biesca, renuncia al mayorazgo para entregarse a la Ciencia -a su creación y a su enseñanza- y ello lo hace durante cincuenta años consecutivos, acaba dejando una huella imposible de moldear con una sola colada. Ocuparé su sillón por vuestra voluntad y para honor mío, pero no vaciaré su hueco de personalidad científica, des-

tacada en el orden, el método, la reflexión, hasta el extremo de que el profesor Lora Tamayo la calificaba, cariñosamente, al recibirle en esta Academia, de exasperante, porque en sus rigurosas apreciaciones solía tener razón con «excesiva» frecuencia.

Si su saber químico y químico-físico quedó magistralmente plasmado en sus libros, su sentido del orden, su meticulosidad, trascendió a sus alumnos a través de sus pulcros laboratorios; y el de su responsabilidad le llevó a desempeñar, con singular acierto, diversos cargos en todas las Universidades por las que pasó (Murcia, Valencia, Madrid), y en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Sus ejemplares modestia y probidad impregnaban su acción pública como contrapunto de las dilapidantes estructuras que, como nos decía brillantemente el doctor Villanueva Vadillo hace unos días, están ahora haciendo galopar la inflación por menosprecio, entre otras cosas, de la energía. Y es notable cómo a don Antonio Ipiens le preocupó de forma especial el problema de lo que pudiéramos llamar economía energética a nivel celular. En su discurso de ingreso en esta Corporación glosaba el aprovechamiento energético hasta sus últimas consecuencias (Lora Tamayo), destacando la fosforilización como una de los más finos y sutiles mecanismos que poseen las células para retener la energía que queda libre durante su actividad funcional. Subrayando este aspecto citaba a Szent-Györgi quien, al recibir el Premio Nobel, había dicho que la célula gastaba calderilla para atender a sus necesidades. «Lástima -añadía don Antonio- que este comportamiento no sirva en todo tiempo de norma a los hombres». El de la célula y el de usted, don Antonio, cuyos innumerables alumnos asienten y nos acompañan hoy en este cariñoso y respetuoso recuerdo.

Para empezar, he compuesto mi discurso sobre el mercurio. Este singular metal está, como ningún otro, asociado a la Farmacia y a la Medicina y, además, entre sus muchas singularidades, tiene la de ofrecerse en España en un yacimiento que se ha calificado de monstruosidad mineralogenética.

Sin embargo, está en entredicho. Se habla mal de él. Pero es su sino ser el más mercurial de todos los elementos, y lo que desde España debemos desearle -por tan nuestro- es una larga vida, la que él no pudo conceder a los que no le comprendieron, a los que

tropezaron con su toxicidad-por accidente, o a los que le buscaron precisamente así, como veneno. Y esta es su cruz.

Su cara es, por el contrario, limpia, útil, especular, de tan sensible pureza que se empaña y ruboriza ante cualquier extraño ambiente. Así está ahora, ruborizado en bermellón. Deseando recuperar su justo sitio. Ni dios romano de elocuencia, astucia y diligencia, ni asesino ruin. Sencillamente tóxico. ¿ Acaso es el único? Único sí fue, durante siglos, con nombre de planeta y hechos de líquido metal amalgaman te que digiere al rey de los metales y, sin embargo, divierte a un niño dejándose atusar para que sienta el frío de su denso contacto y escapa a su avaricia multiplicándose en pequeñas gotas.

La cara y la cruz que quisiera desarrollar de forma ponderada. No es razonable que ante demento tan noble, ante metal tan singular, ante líquido tan puro y tan hermoso, debamos sólo temblar; también cabe gozar con su servicio inteligente.

LOS METALES A CAPÍTULO

El hombre, se dice, está expuesto cada vez a mayores cantidades de metales en alimentos, agua y aire, desde que aprendió a utilizar el fuego; y se asegura que, durante los últimos cien años, ha estado contaminando el ambiente con grandes cantidades de metales, como con secuencia de la industrialización desatada, de la obtención y afino de metales por fusión, y del empleo de combustibles fósiles; pero se acaba reconociendo que trazas de estos metales pesados son tan vitales para la buena salud como perjudiciales en mayores cantidades. Estamos, en parte, de acuerdo en cuanto a los posibles perjuicios asociados al empleo de metales en grandes cantidades si se refieren a los recientes acontecimientos geopolítico-sociológicos en los que intervienen metales por toneladas en forma de tanques y acorazados, pero preciso es reconocer su decisiva participación en quehaceres más civilizados, nombrando Edades históricas, hasta la era nuclear con el uranio.

Estos metales pesados -incluido el mercurio- constituyen, sin duda, un grupo de agentes tóxicos específicos, que en los seres vivos se ven solicitados por gran número de sustancias reactivas que los

fijan en cantidades a las que, para dar una idea de su pequeñez, hemos llamado trazas.

El Cr, Cd, Ba, Ca, Ni, Be, Cu, Sb, As, e incluso el Fe figuran en la lista de los científicos ambientales como posibles villanos. Aunque están presentes en cantidades muy pequeñas en las aguas, los científicos temen que esos elementos puedan ser extraídos de su estado natural incorporados a la cadena alimenticia alga-pescado-animal aumentando así, sucesivamente, su concentración, y tendiendo a acumularse en la especie humana como último eslabón. Algo así como la forma científica de decir que lo que no mata engorda.

Recientemente el profesor A. Davinson del Institute of Neurology de Londres, ha reclamado para el plomo incluso una mayor atención de la que se viene prestando al mercurio como riesgo potencial llegando al extremo de, para dar fuerza a sus argumentos, atribuir el declinar del Imperio Romano -personificado en la singular conducta de Tiberio, Calígula y Nerón-, a la intoxicación crónica saturnina por beber vino guardado en recipientes recubiertos de plomo. En cuanto a la contaminación actual por Pb se justifica, al menos en parte, porque de las 54.000 Tm. empleadas en 1973 en el Reino Unido para la fabricación de aditivos para la gasolina, 10.000 Tm. terminaron eventualmente en la atmósfera.

Pero volvamos al mercurio.

ANTECEDENTES DEL MERCURIO

Hace dos mil años -centenar más o menos- alguien escarbó en la Bética, y en un rincón de ella, acaso frondoso de encinas y jaras; encontró la piedra que, molida, cedía bermellón, el mineral que, llevado a Roma (10.000 libras en bruto se llevaban anualmente), era molido y lavado por manipuladores de asentistas en las fábricas de los templos de Flora y de Quirino. Este lavado del molido para separar el bermellón, es, acaso, el primer proceso conocido de concentración por flotación. El cinábaris hindú -mezcla, al decir de las crónicas, de la sangre de dragones reventados por elefantes que sobre ellos caían muertos- era inmejorable para dar color a las pinturas, y ya conoció la adulteración con sangre de bestias menores y hierbas

trituras e, incluso, con bermellón mineral (cinabrio) que se incorporaba a las pócimas.

No es nueva la cruz en la larga y asendereada historia del mercurio. En escritos de Aristóteles, que vivió cuatrocientos años antes de Cristo, se encuentra la primera referencia a este metal, e Hipócrates, el distinguido médico de la antigua Grecia (que vivió, aproximadamente, por la misma época), empleó el bermellón en algunas de sus prescripciones o unguentos por no considerarle venenoso en uso externo. Cinco siglos después, Dioscórides descubrió las primeras manifestaciones tóxicas, que interpretó por que atravesaba, por su peso, las tripas. Galeno, acaso inspirado en ello (siglo II de nuestra Era) lo declaraba tóxico en todas sus formas y ponía todo su prestigio en recomendar que no se emplease en medicina. La proscripción del mercurio duró así mil quinientos años, pero no fue absolutamente aceptada por los médicos árabes de la Edad Media. Rhazes (siglo IX) por ejemplo, después de experimentar con un mono, sostuvo que el mercurio ingerido, pasaba inalterado a través del intestino, y sólo causaba una mínima molestia. Otras pruebas deben haberse acumulado con los siglos para que, recientemente, Goldwater, haya escrito que si un paciente mordiese un termómetro clínico serían más peligrosos los fragmentos de vidrio que los pocos gramos de mercurio que pudiera tragar.

Quienes, ya antiguamente, perfeccionaban el bermellón, cubrían su rostro con vejigas para librarse del polvo mientras le manipulaban; y Plinio atribuye al *argentum vivum* ser veneno para todas las cosas, corroyendo y rompiendo los propios recipientes « a los que penetra: con putrefacción funesta». Dado que se le tiene comúnmente como veneno, consideraba temerario que se le usase en medicina, exceptuando su aplicación a la cabeza y al vientre, «con tal de no penetrar en las vísceras ni tocar heridas», porque contenía la sangre.

Pasado el tiempo, y el lugar, otros perjuicios -y no siempre por tóxico-, llegaron de la mano del mercurio. La Orden de Calatrava, administradora de las minas de Almadén durante muchos años, hubo de enfrentarse a muertes, fuerzas, injurias y tuertos, que el alguacil Pedro Andrés escuchó y recogió puntualmente: el alamín de los pozos que abusa de Doña Judía; Miguel Manzana que mexa las barbas de Mofarey ... daños y menoscabos para la Orden que ve ausen-

tarse a los vecinos, cuadrilleros y peones, hasta reducirse a una cuarta parte la población del establecimiento.

En el contrato de asiento que los Reyes Católicos firmaron con la Orden para acabar con disensiones, querellas y motines, figura una clausula que revela la permanente preocupación que siempre acompañó a nuestro metal: «Se hará nueva casa -decía- para fabricar bermellón en lugar donde no hubiere ninguna vecindad, pues la casa actual está rodeada de vecinos y, si en ella se hiciese el bermellón, se ocasionaría enfermedades, y perjuicio para el bermellón». Asimismo se mandaba cercar de buenas tapias el corral donde se cuece el azogue. De esta manera se anticipaban a posibles querellas como la planteada en 1700 por un vecino de Finale, cerca de Modena, contra una fábrica de sublimado que había contaminado la vecindad y producido numerosas muertes.

A estos notables antecedentes de higiene y seguridad, podría agregarse el referido en relación con el incendio del pozo en Almadén el 19 de noviembre de 1550, cuando Alonso Garzón, obligado a sacar la piedra, al oír repicar las campanas a fuego «acababa de vestirse del hábito especial de entrar en la mina».

El trabajo a destajo llevaba en la explotación de Almadén un riesgo de intoxicación que pronto se manifestó. El entibador Martín Paredes (1554) tomó a destajo poner en la caña real veinticuatro asnados; a los veinte se encontró azogado. Se trataba de sanear el pozo dándole tiro de aire por comunicación con el exterior; la atmósfera debía estar particularmente concentrada en vapor de mercurio, ya que algunos individuos entraban en el pozo y del suelo, paredes y maderas, recogían mezcla de tierra y azogue «sudado por la roca debido a la acción del fuego». En la carretería Real de la mina se empleó a un almacadén por ser el más diestro y práctico y para que, a la vez que ganaba su sustento, recobrase la salud, pues estaba azogado porque entraba en la mina dos veces al día.

El resolladero era elemento esencial para la ventilación de la mina, ventilación que se sabía necesaria para evitar el mal de azogue. Por eso era obsesiva su preocupación por establecer nuevo contacto con él o con la contramina, a través de hundimientos, después del fuego.

La volatilidad del azogue era, por lo menos, intuida, ya que, conocida la merma que experimentaba la piedra dejada al sol, se procuraba cocer los minerales tan pronto como se sacaban, y, si

habían de esperar, se colocaban bajo tejado, en la almiar, desde donde los arrieros le llevaban al corral de las jabecas.

Era sabido que a los cocedores que servían estos hornos se les «dañaban las bocas» y no podían permanecer mucho tiempo en su labor. Este mayor riesgo les valía librarse de impuestos y otras obligaciones.

La evidente insalubridad del ambiente de trabajo, determinó que se dotaran las plazas de médico y de boticario, a cien ducados por barba y año, de cuyos ducados tenían que salir las medicinas para los pobres. Cuando Ambrosio Rótulo, Gobernador de las minas, tuvo que defenderse -como cualquier Gobernador- escribía: « ... decir que nunca se ha visto médico para curar los azogados si lo necesitan, está fuera de razón, porque no hay en el mundo gente tan cascada ni tan sujeta a enfermedades como los azogados; antes convendría aver un hospital donde se curaran los pobres y tuvieran refrigerio». ¡ Si lo sabría él que estuvo tan azogado que no podía ni firmar! Ninguno antes que Rótulo -dijo el visitador don Francisco de Mendoza en 1557-, tuvo tanto cuidado en la reedificación del pozo después del incendio, pero, a pesar de ello, se le recriminó por haber tenido algún ganado y un huerto que, por cierto, trabajaba por sí para desazogarse. En verdad que este del gobierno de las minas de Almadén es asunto que ha mejorado mucho, al menos en cuanto al riesgo de azogarse los gobernadores.

La sugerencia de Rótulo para la creación de un hospital no debió caer mal ya que, siete años más tarde, bajo el asiento de los Fúcar, se dispuso su creación dotándole con el producto de las condenas por hurto de azogue y mineral, pero no con el valor del azogue hurtado que seguía aplicándose a la Real Cámara y al Fisco. Se creó «porque muchas veces diz que suelen enfermar los trabajadores que andan en el dicho pozo y fábrica, y, para curarlos, porque muchos dellos son pobres y no naturales de allí, ay necesidad de tener alguna casa y camas, médico, barbero y medicinas, y lo más menester». Sin duda que habría más menester que recursos, aunque el Rey, al renunciar a las dichas penas -que no a lo hurtado- y disponer que se gastasen en lo sobredicho, por si acaso, añadía : «sobre lo cual les encargamos la conciencia». Bien hecho.

La mala y tardía paga, la falta de pan, el riesgo de azogarse, y la realidad de los azogados, redujeron la población laboral de Alma-

dén en servidores heroicos y hubo que acudir a esclavos. Por eso Rótulo solicitó el envío de treinta condenados a galeras. El monarca contestó -sospechando que no serían, útiles, «dada la calidad de la obra»- que se enviarían algunos para hacer la experiencia y recomendando que procurase que no faltasen los de la tierra. Oportuna observación; el Rey debía saber que los nativos y libres preferían enrolarse en la tropa. Era tan importante atraer operarios que a los moriscos que allí se llevaron se les pagaba como a cristianos viejos, y no precisamente como anticipo de la iglesia universal y tolerante. A los galeotes, que sirvieran en la mina se les contaría el tiempo como servido en galeras «porque no es nuestra intención -decía el Rey- que reciban agravio, aunque el trabajo de las dichas galeras sea mayor que el de la dicha fábrica». ¡Qué se crecía el Rey eso! La verdad es que debieron abundar las defunciones. Juan López de Ximela murió «enfermo de una enfermedad que los médicos llaman disentería, que son cámaras de sangre y mezcla de otros humores; por razón della se deshacen las tripas». Algunos forzados llegaron a suicidarse provocando la dolencia.

De la tierra o no, picadores, porteadores, zafreros, achicadores y asneros, andaban tan juntos en el trabajo que multiplicaban el riesgo. dificultando la ventilación y aumentando la temperatura, con lo cual a ninguno le faltaba su ración de azogue en el ambiente.

Alrededor de los hornos, la atmósfera debía de ser especialmente tóxica porque durante las cochuras se exhalaba azogue en humo por entre las ollas y coberteras, al tiempo de cocerse los metales, y caía después, muy menudo, sobre andenes y alhajas de los jabeacas. Por si esto fuera poco, un 27 de julio, un incendio consumió treinta y siete quintales y cincuenta y dos libras de azogue... y uno piensa cómo quedaría alguien vivo para contárnoslo.

Sin contar con accidentes, el proceso normal ya era arriesgado. El cocedor comprobaba, levantando la cobertura, si el azogue se hallaba o no sobre el hormigo. El demijador le sacaba con una cuchara grande y llana de hierro; salía algo envuelto con hormigo y mineral, y la mezcla se llevaba a una alberca donde se lavaba en unos dornillos de fresno. Vale la pena recoger cómo explicaba el proceso un cocedor experimentado: «Como el azogue es espíritu fugitivo, va huyendo del calor en humo, y como, entre la olla y la cobertura, halla en el hormigo algún frescor, reposa allí».

Mateo Alemán -el del pícaro Guzmán de Alfarache- fue encargado por S. M. de pedir cuentas a los Fúcar sobre el trato al personal incluidos los forzados. Preocupaba ya, entre otras cosas, si la jornada de trabajo era o no excesiva, o de tal rigor que fuese causa de muerte o de enfermedad grave. Interrogó Alemán, secretamente, a los propios forzados, y con sus declaraciones llenó 189 folios. Miguel de Aldea fue uno de los interrogados y, a pesar de las cuatro purgas, jarabes y medicinas prescritas por el médico, y de, por su estado, comer ave o carnero, en lugar de macho u otra cosa perjudicial, no -pudo firmar la declaración por azogado. Aun sin firmar, lo declarado fue importante a nuestro objeto: «El cocimiento de los metales -decía- es de mucho peligro pues, con la ordinaria asistencia, el humo a muchos hace perder el juicio y a otros los deja azogados. Es el trabajo de mayor peligro para la salud. Buen número de personas han muerto de esto y de llevar los cubos de azogue desde donde se lava al almacén en que se guarda; así como de cerner las cenizas, tarea en que se les abrasan los pies, además de entrarles por boca, narices y oídos. Algunos murieron sin confesión ni sacramentos, sin juicio, haciendo bascas como hombres rabiosos». No lejos de allí, y por aquel entonces, también temblaría Sancho, como azogado, pero -por razones menos heroicas.

El mejor jornal para estos trabajadores hacía acudir a los libres -a mayores peligros de los que salían enfermos y azogados. Pero se curaban con mucha facilidad porque no solían asistir más de dos meses. Lo corriente era que, a los veinte o treinta días de trabajo, si se notaban indispuestos, se iban a sus casas para volver, si querían, una vez desazogados. Por el contrario la continua asistencia de los forzados, les hacía enfermar o morir. El remedio, según Miguel de Aldea, sería mudarles de trabajo enviándoles a galeras. ¿Qué pensaría al Rey de este remedio? Cuando los azogados tenían dolores en brazos, en piernas o en otras partes en donde «se les cargaba el azogue», se les daba aguardiente que - ¡vaya usted a saber por qué! -, les mitigaba el dolor.

El censo laboral llegó a alcanzar un total de 1.200 personas (450 en el pozo; 300, en la contramina; 150, repartidas entre buitrones, trituración y ollería; 250, carreteros para transporte de leña; 20, carreteros propios) y, además, 40 forzados que daba S. M. y 88 esclavos por la munificencia de los Fúcar.

La enfermería era un cuarto arrimado a la cárcel -curioso emplazamiento-. En ella, se cumplía puntualmente, eso sí, todo lo recetado por el médico o el cirujano que, según las crónicas, acudían tantas veces fuera menester. Una libra de pan, media de carnero, y dos huevos o cuatro onzas de pasas, era la ración diaria normal; pero, el médico podía recetar ave, almendrada u otras chucherías. Estaban previstas sangrías a 25 maravedies y sanguijuelas a 8. Las medicinas de la botica importaban 200 ducados al año; o sea, el precio de 6 quintales de los 2.0.00 que, aproximadamente, se producían.

El rendimiento de la cochura mejoró notablemente con la introducción de los hornos de buitrones, en los que el fuego estaba en el mismo recinto que las ollas. También disminuyó el número de cocedores azogados. Las cosas se iban arreglando.

La cuestión de las pérdidas de mercurio en fase vapor en Almadén, ha sido, y sigue siendo, la más debatida en relación con aquel establecimiento. La Comisión que, presidida por don Luis de La Escosura, actuó en 1872, reconocía que la operación de levante, aunque sencilla, era arriesgada para los obreros «porque el polvo de los hollines contiene mucho azogue dividido que infecciona -el aire haciéndole irrespirable» (¡Y eso que, se trataba ya de hornos de aludeles!). Recogió datos que permitían llegar a cifrar las pérdidas hasta en un ¡cincuenta por ciento! El señor Sabau, en una memoria inédita, calculó que la pérdida en los hornos de aludeles -con los que se trabajó hasta hace relativamente pocos años- no bajaba del 28 por 100, y en el modelo Idria del 34 por 100. El equipo del señor de La Escosura, trabajando con cuidado, logró reducirles en algunos experimentos, al 4,4 y al 6,2 por 100 respectivamente.

¿Qué puede haber supuesto para la contaminación ambiental de Almadén y su entorno esta incalificable metalurgia secular? Pues estimando que desde 1500 Almadén ha producido 260.000 Tm. de Hg. y aceptando unas pérdidas medias de sólo un 10 por 100, de las que el 50 por 100 fuesen en fase vapor, que sólo reprecipitase en un 5 por 100 en un círculo de 10 Km. de radio, resultaría que, desde el descubrimiento de América a estas fechas, habrían caído, aproximadamente, 20 Tm. de mercurio por Km², equivalente a 20 g/m². La energía entrópica repartiría, por continentes y océanos, el que se resistió el arrastre por la lluvia o a la sedimentación, del que poco quedará en la atmósfera si se acepta un tiempo de residencia de dos años

como se ha propuesto. ¿ Y del depositado en el suelo? Eso es precisamente algo que valdría la pena investigar aunque no parece haber afectado demasiado a la saludable población de Almadén.

Siguiendo la pista del limpe, la sustancia del tatuaje indio, Amador Cabrera encontró en 1563, el Almadén del Perú, el fabuloso cerro de Guancavélica, «un peñasco de piedra durísima empapada toda de azogue», donde más de dos mil indios llegaron a trabajar y, como sus colegas de la madre patria, muchos a morir. Garcilaso, en sus Comentarios Reales, dice que ... «los Reyes Incas alcanzaron el azogue y se admiraron de su viveza y movimiento, más no supieron qué hacer dél ni con él: porque para el servicio dellos no le hallaron de provecho para cosa alguna; antes sintieron que era dañoso para la vida de los que lo sacan y tratan; porque vieron que les causaba el temblar y perder los sentidos. Por lo cual, como Reyes a que tanto cuidaban de la salud de sus vasallos, conforme el apellido Amador de Pobres, vedaron por Ley que no sacasen ni acordasen dél».

Según las referencias históricas, hasta el siglo XIII no se utilizó cinabrio de Almadén para la obtención de azogue. Si ello, fuese así, todo lo que en la culta Cordoba, tan próxima, se pudo hacer en medicina, química y farmacia, durante los siglos VIII al XII, en relación con el mercurio, debió de ser utilizando el procedente de China, por ejemplo, donde en aquella época se sabe existían explotaciones de este metal. Y tampoco, según esto, procedía de Almadén el mercurio que pudiéramos decir para la esquisitez, el de la fuente de pórfido de Medida-Zahara, en el que el Gran Califa Abderrahaman III «contemplar solía la imagen pura de la noble esclava». Precisamente natural de Medina-Zahara fue Abularis (Abunkasan o Alzamoravius), célebre por sus conocimientos en la preparación de los remedios. Sabido es que se atribuye a los árabes el establecimiento de la farmacia como diferenciada de la medicina, diferenciación a la que, sin duda, contribuyeron sus conocimientos en la preparación de medicamentos. En Córdoba y en Toledo se vigilaban, bajo la dominación árabe, las actividades de las oficinas de farmacia, y sus ordenanzas fueron prácticamente copiadas por el emperador Fernando II en 1233.

Son, pues, muchos y muy tempranos los hechos que denunciaron el peligro potencial de la contaminación ambiental por el mercurio. A esta concisa referencia de los antecedentes tóxicos, detrás de la cual cabría contemplar a miles de innominados afectados, se podría

agregar una larga lista de ilustres suicidas o envenenados cuya personalidad ha contribuido a acentuar el halo siniestro que rodea al mercurio.

Antes de iniciarse la química de los organometálicos, y más concretamente de los organomercuriales, la intoxicación por mercurio inorgánico no sólo en forma elemental (principalmente gaseosa) como alguno de sus compuestos, era ya bien conocida. De ello nos podrían hablar por experiencia Ivan el Terrible que murió en 1584, y sobre cuya muerte investiga la Academia de Ciencias de la URSS por haberse encontrado grandes cantidades de mercurio en sus restos; o Carlos II de Inglaterra, gran aficionado a la experimentación, que también se sospecha murió por intoxicación con Hg; o Benvenuto Cellini que salvó de una dosis de sublimado que le fue administrada con la comida; o Sir Thomas Overbury, intrigante de la corte de Jaime I de Inglaterra que, sentenciado a ser eliminado, se obstinó en no morir con sublimado por vía oral y hubo que administrársele en un enema; o Wolfgang Amadeus Mozart que murió en día de 1791, a los 35 años, y en cuya controvertida muerte aparece complicado el mercurio de la mano de su compositor rival el vienés Salieri; o Napoleón que, en Santa Helena, pudiera no haberse librado de morir también envenenado.

Recientemente se viene, además, especulando con una posible víctima que, de confirmarse la sospecha, pondría muy difíciles las cosas para el movimiento reivindicativo del buen nombre de nuestro metal. Se trata nada menos que de Sir Isaac Newton. Según parece Sir Isaac trabajó con grandes cantidades de mercurio. Uno de los experimentos que describe en su *Optica* requería destilar repetidamente varios kilogramos de mercurio, y esto lo hizo en una habitación cerrada. Si así fueron las cosas, lo que cabría preguntarse, no es cómo se intoxicó, sino cómo sobrevivió al experimento. Sus biógrafos advierten que a los cuarenta y cinco años su rendimiento disminuyó mucho rápidamente. Seis años después su estado preocupaba a sus amigos íntimos, quienes lograron persuadirle de que descansase durante seis meses. Tres años después había vuelto a recuperar no sólo su genio sino su compostura que, por lo visto, estuvieron muy afectados durante la presunta intoxicación. El profesor Lettvin y Mr. Seitz, que comunicaron esta sospecha a la American Physical Society en diciembre de 1971, presentaron cartas de esa época de tan ilustre mercurial

donde con trazo de mano temblorosa acusa con ira a sus amigos más íntimos, y sabido es que el mercurio afecta al sistema nervioso central. La última palabra parece que la va a decir la micras onda con la que se va a analizar algún cabello del genio, de los que celosamente custodia la Royal Society.

Veneno tan universal y eficaz, tan aristocrático y tan ruin, aunque doloroso, es natural que no escapase a inquisidoras aproximaciones para interpretar sus efectos. Al exponer lo encontrado en las averiguaciones, se hace con fruición malsana, como queriendo recabar para los venenos mercuriales un algo distinto que les hacía dignos de tan distinguidos clientes. He aquí cómo John Quinay lo describía en 1730: «Cuando el mercurio se transforma en sublimado, se llena de sales agudas del agua fortis, de tal manera que cada partícula se transforma en una esfera erizada de agujas ... Estas bolas armadas hieren y apuñalan, como dagas, el estómago y las tripas y todas las partes por las que pasa, destrozando el mucus natural, para, rompiendo los extremos de los vasos, hacer sangran» ... «Cuando estos glóbulos se introducen en la sangre por su movimiento y su peso, deben necesariamente disolver las naturales cohesiones de todos los humores, particularmente de aquellos que circulan a través de los conductos más estrechos y son más viscosos y tenaces, haciéndoles más fluidos y finos o de más difícil secreción, por lo que todas las glándulas del cuerpo se ponen a funcionar vaciándose de su contenido, especialmente las salivares».

No pasemos de esbozar una sonrisa ante esta interpretación de hace doscientos cincuenta años. ¿No serán nuestras enzimas, humores del mañana; y nuestros orbitales y ligandos las agujas que erizan nuestros átomos?

La posibilidad de intoxicación por mercurio orgánico fue reconocida desde el mismo momento en que se sintetizó el primer organomercurial en 1865. Los dos jóvenes químicos que preparaban dietilmercurio se intoxicaron por inhalación de sus vapores; uno de ellos moría a los once días, el otro al cabo de un año que vivió ciego, sordo y loco.

EPISODIOS RECIENTES

Sin embargo, han sido acontecimientos relativamente recientes las que han dado una dimensión universal y catastrófica a la toxicidad de los compuestos orgánicos de mercurio.

En 1953 -hace poco más de veinte años- apareció entre los habitantes ribereños de la bahía de Minamata (Japón) una misteriosa enfermedad cuyos síntomas eran: ceguera progresiva, sordera, ataxia locomotriz, pérdida de inteligencia. Hasta 1960 habían enfermado 121 personas, entre ellas 23 niños; 43 murieron víctimas de la encefalopatía que ya ha pasado a la historia como enfermedad de Minamata.

Apenas se había resuelto el problema de Minamata, y controlado sus causas, aparece en 1965 un episodio similar en el delta del río Agano, cerca de Niigata, en la costa noroeste de la isla de Horishu. De 47 casos registrados, 6 murieron.

Movilizados los científicos de las Universidades de Kumamoto y Niigata, descubrieron que la enfermedad se producía en quienes consumían gran cantidad de pescado. En este alimento se encontró el metal pesado responsable, el mercurio, en forma de su derivado metilado. Llamó la atención que los niños que contrajeron la enfermedad en forma de parálisis cerebral, no habían comido pescado, pero sí sus madres que, por cierto, no habían presentado síntomas, durante el embarazo.

El origen de la contaminación de la bahía de Minamata y de la desembocadura del Agano, se localizó en las aguas residuales de las fábricas que empleaban mercurio como catalizador en la fabricación de cloruro de vinilo y de acetaldehído, productos intermedios, como se sabe, en la producción de ciertos materiales plásticos.

Los estudios realizados permitieron llegar a la conclusión de que el agente causante de la intoxicación era un compuesto alquil-mercurio, producido a partir del mercurio contenido en el catalizador empleado, y que, descargado en las aguas residuales, se concentraban en la cadena alimenticia y por ella pasaba a la población que consumía pescado y marisco de la bahía.

La gran toxicidad del mercurio metilado, mejor conocida ahora, preocupa de forma especial. En el hombre, todo el ingerido se absorbe por el tracto intestinal; es neurotóxico y se elimina con mucha

lentitud. Por eso interesó tanto el descubrimiento de Jensen y Jernelov (1969) en relación con la metilación del mercurio inorgánico por un microorganismo, no identificado, de los sedimentos de lagos. Experimentos más recientes de Kaars-Sijpesteijn (1972) amplían a otros microorganismos la posibilidad de metilar mercurio inorgánico en condiciones aerobias, lo cual tiene un gran significado ecológico puesto que plantea la posibilidad de movilizar, en forma de metil-mercurio, la gran reserva, prácticamente inagotable, acumulada en los sedimentos de ríos, lagos y océanos, procedentes de los residuos descargados. Otro descubrimiento en la misma línea es el de Bertilsson y Neujahr (1971) sobre el mecanismo por el cual la metilcobalamina puede transferir con gran facilidad el grupo metilo al ión mercurio, hecho que, de confirmarse, añadiría una nueva dimensión al problema, puesto que supondría que la metilación del mercurio inorgánico podría también realizarse en el propio organismo humano.

En 1956, 100 iraquíes presentaron síntomas de tener afectados el sistema nervioso central, además de pérdida de peso, proteinuria grave, y dolor, no localizado, en los músculos del esqueleto. Murieron 14. El causante fue el fungicida Granosan-M que contiene un 7,7 por 100 de etilmercurio p-toluensulfonilida, con el que se había tratado el 'grano que ingirieron.

Por análoga ingestión indebida de grano tratado, se intoxicaron 45 personas en Guatemala entre 1963 y 1965. Murieron aproximadamente la mitad. La dolencia se diagnosticó, en un principio, como encefalitis virásica, pero el pretendido virus era el metil-mercurio-dician-diamida, un componente del pesticida Panogén con el que se había tratado la semilla de trigo que comieron las víctimas.

Más reciente, y de caracteres realmente dramáticos, es otro episodio en Iraq que, iniciado en 1971, exigió la hospitalización de 6.530 personas, registrándose 450 defunciones. Se produjo por consumo no autorizado de trigo y cebada tratados con fungicidas alquil-mercuriales. El grano había llegado, poco oportuno, después de una sequía devastadora, y tarde para ser sembrado. Los campesinos desoyeron lo advertido y transformaron el grano coloreado para no ser confundido en harina para cocer en casa. El gobierno iraquí, actuando con la mayor rapidez, sólo logró confiscar y recuperar 5.000 Tm. de las 77.000 que se habían importado,

Tampoco a Norteamérica la falta su caso famoso, el de la familia

Hucklebys, de Alamogordo, New México. Siete miembros de esta familia se intoxicaron durante el invierno de 1969-70 comiendo carne de cerdo alimentado con barreduras de granos tratados con Panogén. El padre estaba advertido de que el grano era para siembra, y que tampoco se debía alimentar ganado con él. Tres miembros de la familia -dos niños de ocho y trece años, y una hermana de veinte- manifestaron los conocidos síntomas del metil-mercurio que evolucionaron rápidamente a estados de coma. Todos siguen muy afectados.

El mercurio asimilado, se fijará, tanto en sitios sensibles, como en menos sensibles o en insensibles y, por ello, la acción tóxica sólo, podrá producirla una pequeña proporción del metal total fijado. Puesto que la membrana celular actúa como barrera de difusión para: proteger el interior de la célula de cualquier agente tóxico, la toxicidad del mercurio estará muy asociada a su comportamiento frente a la membrana. La mayor parte de los metales pesados inhiben la acción de las enzimas con radicales sulfhidrilos, y la de otras proteínas con significado funcional (energético, de síntesis, de división, etc...). Este es el fundamento químico de la especial sensibilidad de las células cerebrales a los compuestos alquil-mercúricos: la gran afinidad del Hg por el S en las proteínas. Fijado en la membrana celular interfiere, de alguna forma, el movimiento de fluidos a su través. Se tienen indicios de que también perturba el normal funcionamiento de estructuras celulares como mitocondrias y lisosomas. Los alquil-mercuriales son especialmente peligrosos por la fuerza del enlace Hg-C que, al ser difícil de romper, puede mantener su acción destructiva durante largo tiempo, dando lugar a lesiones permanentes.

LA REACCIÓN

La reacción ante estos lamentables hechos no se hizo esperar y vino arropada, pero no siempre justificada, por miles y miles de trabajos de investigación en los que se busca al mercurio como en una operación policial a escala internacional se pudiera buscar a un asesino. Se investiga, con resentimiento, desde los fondos marinos hasta la alta atmósfera; las vísceras de aves; los músculos de peces y, mariscos; las neuronas y los ácidos nucleicos. Pero convendría-

no olvidar que nuestra gran víctima, siempre salió hacia su destino peligroso, inspirado por el hombre y de su mano.

La preocupación se acrecienta por el hecho de que, a diferencia de lo que ocurre con metales como el hierro, el cobre, el cobalto y el magnesio, no se conoce organismo vivo, desde las bacterias al hombre, pasando por las plantas, que utilice mercurio directamente para asegurar o para estimular sus procesos vitales.

La DOW Chemical, ha publicado con el *título Environmetal aspects of mercury usage* un índice bibliográfico en el que se recogen 1.650 trabajos sobre el tema, que aparecieron hasta 1971. Se trata únicamente de estudios toxicológicos y aspectos médicos, métodos de análisis y efectos observados en varios organismos incluido el hombre.

Los países más sensibilizados frente al mercurio, han tornado enérgicas medidas que se pueden resumir así:

Japón

1. Prohíbe el uso de todos los fungicidas organomercuriales en: la industria de pinturas, y de los pesticidas mercuriales en la agricultura, a la vez que cancela el registro de nuevos pesticidas en los que intervenga el mercurio, cualquiera que sea su uso ,excepto cuando sean destinados al tratamiento de semillas.

2. Prohíbe la fabricación y venta de anticonceptivos que contengan mercurio.

3. Publica una Ley en la que aparecen los niveles de mercurio permisibles en aguas cen gases residuales, lo que determinó el cierre voluntario de un considerable número de industrias que operaban con mercurio porque, por su capacidad técnica o económica; no podían cumplir lo legislado.

4. Se restringe la captura, venta y consumo de pescado.

Suecia

1. Restringe el uso de órgano-mercuriales en el tratamiento de semillas, y prohíbe, específicamente el de compuestos de alquil-mercurio.

2. Prohíbe el uso de cualquier compuesto órgano-mercurial en las fábricas de pulpa y de papel.

3. Prohíbe la venta de pescado capturado en ciertos distritos.

4. Impone reducciones obligatorias en el contenido de mercurio en los residuos arrojados a la atmósfera o a los cursos de los ríos por industrias que emplean mercurio, particularmente las de cloro-álcali.

Canadá

1. Retira de la venta todos los compuestos de mercurio destinados al tratamiento de semillas de cereales.

2. Se veda, total o parcialmente, la pesca comercial en catorce grandes cursos de agua, confiscando y destruyéndolo que se incaute.

3. Se persigue judicialmente a las compañías que arrojen mercurio en cualquier forma, en aguas o gases residuales.

4. Se exige una reducción en el mercurio vertido por las industrias cloro-álcali,

Estados Unidos

1. Por disposición de la FDA (Food and Drug Administration), los papeles o cartones en contacto con alimentos no deben contener mercurio.

2. Cancela el posible uso de una serie de compuestos órgano-mercuriales utilizados como fungicidas en agricultura,

3. Suspende el empleo de todos los alquil-mercuriales en el tratamiento de semillas.

4. Cancela el uso de todos los compuestos de mercurio empleados como algicidas, o en el tratamiento de lodos, o en lavanderías.

5. El 22 de marzo de 1972 se ponen en marcha las siguientes acciones previstas en la enmienda al Acta Federal para el uso de Insecticidas, Fungicidas y Rodenticidas (FTFRA):

a) Suspensión del empleo de todos los pesticidas alquimercuriales cualquiera que sea su propósito; de todos los pesticidas mercuriales para el tratamiento de la semilla de arroz; de todos los compuestos de mercurio empleados en lavanderías; de todos los compuestos de mercurio empleados en pinturas antiincrustantes.

b) Cancelación de cualquier otro uso de mercurio, entre los que

figuran: todos sus compuestos empleados en fungicidas que no hubieran sido previamente cancelados o suspendidos; todos los empleados como preservadores o agentes anti-mildew en pinturas, en adhesivos, en almidones, en gomas, en emulsiones y en materiales similares. Compuestos para ser usados en o sobre superficies expuestas a los agentes del medio: telas, fibras textiles; para tratar maderas nuevas o viejas; en papeles y escayolas como antimoho; en la industria del curtido; en recipientes para alimentos y piensos; en cultivos -de hortalizas, forrajes, piensos y tabacos; en árboles, arbustos y flores; en productos para la inmersión de bulbos y granos y para tratar fibras vegetales, esponjas de celulosa y materiales similares.

6, Recursos federales y procedimientos judiciales contra empresas industriales que contaminan el ambiente.

7. Cercado de lugares con pescado o marisco contaminado.

8, Sustitución de los cierres de mercurio en las instalaciones de tratamiento de aguas residuales.

9, Vedado y restricciones de pesca en varios Estados.

10. Recursos administrativos para fijar niveles de emisión en gases residuales.

Como consecuencia de las experiencias acumuladas, Canadá, Japón, Suecia y Estados Unidos, creen que deben tenerse en cuenta los siguientes valores estandar y ciertos principios en el empleo del mercurio y en su posible emisión al medio ambiente, así como para -el control de estos aspectos, Los valores estándar promulgados, se han recogido en la siguiente tabla (OCDE, agosto de 1972), Las cantidades representan valores máximos tolerables, expresados en miligramos de Hg total por kilogramo (ppm). Un guión quiere decir que no se ha establecido aún. Un asterisco significa que lo dispuesto no puede expresarse numéricamente.

Estandar	Productos	Japón	Suecia	Canadá	U. S. A.
De calidad ambiental	Pescados para venta (en fresco).....	1,0	1,0	0,5	0,5
	Pescados de aguas naturales.....	—	—	—	0,5
	Otros alimentos.. . . .	—	0,05	0,02	—
	Agua potable.....	nd	—	—	0,005
	Sedimentos (en seco) .	—	—	—	1,0
De emisión	Aguas residuales.....	nd	*	—	*
	Gases residuales,.....	—	*	—	—

Observaciones a estos valores:

a) En Japón, la concentración de 1,0 mg. Hg/Kg. en un solo pescado, se toma como indicación de que hay que ampliar la muestra. Si, después, cinco piezas de un total de veinticinco contienen más de 1,0 mg/kg. se da una alerta de Hg para las aguas afectadas.

b) En Estados Unidos, la cantidad de 0,5 mg/kg. en pescado de agua dulce es un valor que, cuando se supera, ha de interpretarse que existe una contaminación importante. Cuando los valores se sitúan, entre 0,2 y 0,5 mg/kg., aunque su consumo no tiene riesgo, se considera que existe contaminación y hay que buscar su origen.

c) Para el agua potable, la OMS (Organización Mundial para la Salud) ha propuesto un límite al mercurio total de 0,001 mg/kg. En la legislación japonesa el límite nd (no detectable) se refiere a un determinado método de análisis, que ahora corresponde a un máximo de 0,02 mg/kg. de mercurio total y 0,001 mg. de alquil-mercurio/kg.

d) En relación con las aguas residuales, en Japón se especifica el límite máximo permisible, mientras Suecia no fija límites pero exige a las empresas industriales que instalen la mejor tecnología de que se disponga para reducir la contaminación por mercurio, también en gases industriales. Estados Unidos prohíbe cualquier descarga de mercurio en aguas públicas. Canadá ha puesto como límite al contenido en mercurio en residuales procedentes de industrias cloro-

álcali, 0,005 lb/día. Tm. de cloro, equivalente a 2,27 g/día Tm. de cloro.

En cuanto al control de estos aspectos, los cuatro países se han pronunciado en los siguientes términos:

1. Reconociendo que es inevitable que el hombre incorpore algo de mercurio debido a la amplia dispersión de este elemento, es importante limitarlo todo lo posible, particularmente en forma de alquil-mercuriales.

2. También deben tenerse en cuenta los efectos que sobre estas especies animales puedan tener niveles superiores a los naturales, ya que alguna de estas especies son muy sensibles a la contaminación mercurial, que puede, así, interferir con procesos ecológicos toda vía no muy bien comprendidos.

3. El mercurio en productos residuales debe ser, siempre, mínimo.

4. Las prohibiciones, restricciones y prevenciones en relación con la contaminación del medio por mercurio deben disponerse antes de que se produzca el daño. Los antecedentes que se conocen, advierten de que la vigilancia y la investigación no han sido adecuadas para señalar los peligros del mercurio en el medio ambiente. Además, las medidas restrictivas se han tomado después de que el mercurio se ha dispersado en el medio, ha producido sus efectos, y éstos se han manifestado.

5. La obligación de restringir las actividades perturbadoras o contaminantes del ambiente, debe vincularse a la persona o empresas responsables.

6. Debe ponerse especial énfasis en la naturaleza y magnitud del riesgo previsible como consecuencia del empleo de una determinada sustancia, y la naturaleza y magnitud del beneficio directo o indirecto que se obtenga por su empleo.

7. Desde el punto de vista práctico, debe procederse así:

a) Localizar todas las emisiones o descargas, y averiguar cantidades, naturaleza química y concentración.

b) Reunir toda la información técnica, económica y administrativa importante, en relación con la sustancia y sus usos.

c) Informar al público, hasta donde sea posible, de la contaminación y su evolución.

d) Dar a las empresas implicadas una oportunidad razonable para exponer su punto de vista.

e) Poner bajo control las causas de la contaminación.

Por su parte, el Consejo de la Organización para el Desarrollo y la Cooperación Económica, en su reunión de 18 de septiembre de 1973, teniendo en cuenta el uso y los riesgos del mercurio, así como las posibilidades de controlar su emisión o descarga al medio, y las implicaciones económicas, y a propuesta de su Comité del Medio Ambiente:

RECOMIENDA a los Gobiernos de los países miembros que adopten las siguientes medidas:

a) Reducir toda emisión de mercurio al medio ambiente al nivel más bajo posible, prestando particular atención a:

1) la eliminación de compuestos de alquil-mercurio de todos los usos que permitan a este producto alcanzar, de alguna forma, el ambiente, y

2) la máxima reducción posible del nivel de mercurio en los residuos de todas las instalaciones industriales que utilicen o fabriquen productos conteniendo compuestos de mercurio.

b) Fijarse los siguientes objetivos inmediatos:

1) la eliminación de los compuestos de alquil-mercurio de su aplicación en la agricultura;

2) la eliminación de todos los compuestos de mercurio de su uso en las industrias de pulpa y papelera, y

3) la reducción al máximo posible del mercurio en las aguas residuales de las industrias cloro-álcali que utilicen células de mercurio.

INVITA a los Gobiernos de los países miembros:

a) a informar a la Organización sobre las medidas tomadas siguiendo estas recomendaciones, y

b) a, desde 1.º de enero de 1974, intercambiar anualmente información, siempre que sea posible, en el seno del Comité del Medio Ambiente sobre los siguientes puntos:

1) la cantidad de alquil-mercuriales utilizados en agrícola y en horticultura;

2) la cantidad de mercurio utilizado por la industria de pulpa y papel;

3) la cantidad de mercurio descargado o emitido por la industria cloro-álcali a la atmósfera o a las aguas residuales, y del remanente en los residuos sólidos rechazados por esta misma industria, y

4) el consumo neto, total, de mercurio.

DE DÓNDE Y ADÓNDE

Aparte de otras razones, la regulación del uso y eliminación del mercurio se puede hacer cada vez más necesaria porque, como las reservas son muy grandes y los precios se han reducido, si esta situación no cambia, podría estimular el uso del mercurio, despreocupándose de su posible recuperación.

La producción mundial es, aproximadamente, de 10.000 Tm/año, y se estima que de 1/3 a 1/2, se ceden al medio ambiente.

Pero ¿de dónde procede y adónde va el mercurio en el ambiente que tanto preocupa?

Los principales productos mercuriales que el hombre envía al medio son:

1) *Mercurio metálico*, desde las fábricas de cloro y álcalis, chimeneas de hornos industriales y de incineración, instrumentos desechados.

2) *Compuestos inorgánicos de mercurio*, procedentes de baterías, catalizadores agotados y fábricas de cloro y álcalis.

3) *Compuestos orgánicos de mercurio*. Derivados de alquilar desde las aplicaciones en agricultura, pinturas, y en la obtención de otros productos químicos; derivados de alcoxi, también desde sus aplicaciones en agricultura; derivados de arilo aplicados en pinturas, agricultura y en las fábricas de pulpa y papel.

Entre los usos del mercurio y sus compuestos, hay que distinguir dos tipos desde el punto de vista de su acción sobre el medio ambiente: 1) los que se pueden llamar disipantes, en los que la recuperación directa es imposible; 2) aquellos otros en los que el mercurio puede y debe recuperarse y reciclarse al máximo, al menos potencialmente.

Aunque los mayores usuarios no son, necesariamente, los más contaminadores, para tener una idea de la importancia del problema, pueden valer estos ejemplos:

1) En los Estados Unidos, las pérdidas de mercurio en la industria, en los quince años comprendidos entre 1944 y 1959, alcanzaron un total de 10.850 Tm., que representan la producción mundial anual en 1971, y también lo que pudiera haberse disipado sólo desde Almadén en los últimos quinientos años. En el primer caso, nunca se supo dónde fueron a parar; en el segundo, ya se ha indicado la ración que pudiera haber correspondido a cada metro cuadrado del área próxima a la mina.

2) La FWQA (Federal Water Quality Administration) de Estados Unidos, alega que, en 1970, sólo una empresa química estuvo arrojando al río Mississippi quince kilos de mercurio diarios.

3) El mercurio reciclado en ese mismo país, supone menos del 20 por 100 del total consumido:

Es de suponer que, con las correspondientes correcciones de escala, análogos ejemplos podrían darse para otros países industrializados, en las que no se haya regulado el uso del mercurio. He aquí algunas cifras relativas a ciertos tipos de industria:

La industria electroquímica de producción de cloro y álcalis, es el mejor cliente unitario del mercurio (cada célula puede requerir una carga inicial de mercurio de 450 Kg. por Tm. diaria de cloro producido). Todo el utilizado debería ser, en teoría, reciclado. Sin embargo, la FWQA ha estimado en 590 Tm. el consumido por esa industria en 1968, sólo para reponer pérdidas.

No se sabe prácticamente nada sobre la amenaza que para el medio ambiente puede suponer el mercurio utilizado en las industrias de aparatos, eléctricos y de instrumentos de control, pero en Canadá se ha estimado que la rotura de termómetros clínicos en sus hospitales puede suponer cada año 6 Tm. de mercurio arrojadas al medio ambiente de forma irrecuperable.

Se ha calculado, a partir del consumo de pintura en Europa, que, aproximadamente, 2.000 Tm. de mercurio se depositan anualmente en paredes y otras superficies al pintarlas. Este mercurio -evidentemente, no recuperable- debe, eventualmente, dispersarse aún más en el medio.

Las clínicas dentales son otro ejemplo de aplicaciones disipantes y causa potencial de contaminación. Las pérdidas por este concepto - preparación de amalgamas dentales- se han estimado en Suecia en 8 Tm/año.

Los principales catalizadores empleados en la conversión del acetileno en cloruro y acetato de vinilo son cloruro y sulfato mercúrico, respectivamente. Cada tonelada de catalizador produce, aproximadamente, 500 Tm. de monómero antes de tener que regenerarle. También se cataliza con compuestos mercuriales la conversión acetileno-acetaldehído. No obstante, no se han calculado, ni estimado, las pérdidas por consumo ni en el propio proceso, ni durante la regeneración, ni por agotamiento y desecho del catalizador. Pero las tragedias de Minamata y Niigata excusan cualquier cálculo y hacen innecesario comentar su carácter disipante.

El éxito de los compuestos de mercurio en la agricultura se explica por su amplio espectro fungicida, por su eficacia en pequeñas concentraciones, y por su bajo precio comparado con sus sustitutos. Se trata, sin embargo, del más claro ejemplo de empleo disipante del mercurio, que así se le pone directamente en contacto con el medio ambiente.

Todo el mercurio empleado en antisépticos, cosméticos, jabones, anticonceptivos, diuréticos, etc ... , es disipado e irrecuperable.

Aunque los compuestos de mercurio están siendo rápidamente reemplazados por otros bactericidas y fungicidas en las industrias de pulpa y papel, y, por tanto, sus aguas residuales no disipan mercurio, aún queda la posibilidad de que la celulosa fije el mercurio de la sosa cáustica contaminada, cuyo mercurio se disipe por combustión de los productos celulósicos.

El mercurio es un constituyente menor en muchas menas de Sn, Zn y Cu, y se pierde en gran cantidad en los gases de chimenea de los hornos de tostación o fusión. Estas pérdidas o emisiones unidas a las que, por análogas razones, se producen en fábricas de cemento, se han estimado en 5.000 Tm/año. Una industria finlandesa recupera mercurio como subproducto de los gases de tostación de una mena de Zn, en cantidad suficiente -aproximadamente 20 Tm/año- para atender las necesidades del país.

Como también algunas piritas contienen mercurio, y se tuestan anualmente muchos miles de toneladas para producir ácido sulfúrico,

cabe pensar en la gran cantidad de mercurio que se disipará entre la multitud de productos en cuya fabricación interviene este ácido.

Aunque el contenido de mercurio en los combustibles fósiles es, bajo, como el consumo de aquéllos es tan grande, su combustión es, un origen de contaminación que no se debe ignorar. Los carbones, norteamericanos contienen 0,5-3,3 mg/kg., y como el consumo es de 550 millones de Tm. por año, pueden contribuir a cargar el medio ambiente con 275-1.800 Tm. de mercurio/año.

Por último, la meteorización de las rocas ígneas de la corteza cuyo contenido en mercurio se ha estimado en 0,07 mg/Kg. libera, aproximadamente, 250 Tm/año.

Estas estimadas emisiones como consecuencia de actividades humanas o naturales suponen, a pesar de todo, una cantidad anual pequeña -aproximadamente el 0,03 por 100- de la ya existente en mares y océanos, que se ha estimado en 3×10^{18} Tm. ; de éstas, 10^6 lo estarían en los primeros 100 m. de profundidad en una concentración de 0,01 a 0,03 mg/Kg. En conjunto no parece que estas emisiones representen un aumento notable con respecto a la concentración media.

Una cuestión surge inmediata después de lo expuesto: ¿ Qué ocurre con el mercurio una vez en el ambiente?

Este mercurio o sus compuestos, ya en el ambiente, pueden experimentar diversas transformaciones. El metálico, incluido el procedente de bioreducciones, pasará a la atmósfera con gran rapidez. debido a su elevada tensión de vapor; en ella se le supone un tiempo, medio de residencia de dos años.

Tomando como base los datos de que se dispone en cuanto a: concentración de mercurio en el aire (entre 0 y 10 mg/m³ en la parte baja de la atmósfera), Weiss ha estimado una evaporación de mercurio de la corteza (suelo) a la atmósfera de 25.000 a 150.000 Tm/año. Esta evaporación se ha relacionado con tres procesos: a) la reducción química o biológica a mercurio elemental; b) la biotransformación a compuestos órgano-mercuriales volátiles; c) la evaporación desde superficies acuosas en cuya película superficial pueden concentrarse compuestos órgano-metálicos.

Sin embargo, la emisión o descarga de Hg a la atmósfera abierta como vapor o como mercurio disperso, no parece constituir, en principio, un riesgo serio. Díganlo si no los habitantes de Almadén, o la

propia cigüeña del pueblo que anida cada año a pocos metros de hornos y condensadores.

La solubilidad en agua del mercurio, varía mucho según la concentración de oxígeno en ella, pudiendo medirse diferencias de hasta mil veces mayor en agua aireada que en no aireada. Por esta diferencia de solubilidad, podría esquematizarse un mecanismo en virtud del cual se enriquecerían en este elemento los sedimentos en contacto con aguas de fondo, menos aireadas.

El mercurio inorgánico en forma soluble puede precipitarse por iones S^{2-} , en condiciones anaerobias, como sulfuro y acumularse en los sedimentos. En condiciones oxidantes este sulfuro puede transformarse en sulfato, que es soluble. Estos procesos naturales son, generalmente, muy lentos, estimándose que la eliminación del mercurio acumulado en sedimentos contaminados puede durar de diez a cien años.

Los descubrimientos más importantes en este campo son muy recientes (1969, 1971 y 1972) Y ya nos hemos referido a ello. Están en relación con la transformación del mercurio inorgánico en mercurio orgánico, concretamente en metil y dimetil-mercurio, por la acción de microorganismos en condiciones aerobias. Este proceso no sólo se ha observado en sedimentos, sino en suelos. Un medio alcalino favorece la formación de dimetil-mercurio que, como es neutro (no, tiene carga) y volátil, pasa a la atmósfera, cerrando así el ciclo atmósfera-suelo-atmósfera, de las transformaciones del mercurio inorgánico. El significado toxicológico de este hecho radica en que el metil-mercurio le metabolizan lentamente organismos animales pero, casi específicamente, el hombre le absorbe con gran rapidez, siéndole extraordinariamente tóxico, atacando, como ya se ha dicho, a nuestro sistema nervioso central.

POSIBLES SOLUCIONES

Para abordar el problema de la contaminación ambiental por el que pudiéramos decir mercurio humano, caben dos posibilidades: 1) evitar su empleo desarrollando procesos sin mercurio para llegar al mismo, producto, o disminuyendo la producción y consumo de éste; 2) mejorando el rendimiento del mercurio haciendo los procesos en que interviene más limpios, y reciclando los materiales.

En relación con la primera posibilidad, el caso de los catalizadores puede servir de ejemplo: a los monómeros vinílicos y al acetaldehído se puede llegar desde el acetileno y desde etileno. La vía acetileno que pudiéramos llamar tradicional, utiliza paladio u otros catalizadores y parece imponerse, pero aún están en competencia ambos procesos.

Otro ejemplo puede ser el de la célula de mercurio en la industria cloro-álcali, industria que está en incuestionable desarrollo. Este tipo de célula no es insustituible, y una alternativa interesante la ofrece la célula de diafragma, que no emplea mercurio. Ambos procesos son electroquímicos y emplean la misma materia prima, llegando, naturalmente, a cloro y sosa en las mismas proporciones. La célula de mercurio tiene la ventaja de proporcionar una sosa más concentrada y más pura, pero consume un 15 por 100 más de energía. La competencia, en este caso, es aún más próxima, pero la tendencia general parece inclinarse por la célula de mercurio porque, además, las consecuencias del cambio para los productores, desde el punto de vista económico, son muy interesantes.

La alternativa al proceso clásico en la fabricación de pulpa y papel sobre el que pesa la prohibición del uso de bactericidas y fungicidas mercuriales, pudiera estar en la fabricación de papeles artificiales a partir de poliolefinas. Aunque no se conocen los requerimientos de este tipo de papeles en cuanto a su preservación, se puede suponer, con bastante certeza, que serán nulos o muy pequeños. No hay que olvidar, sin embargo, que la propia industria de plásticos es muy contaminante. Por otra parte parece preferible el producto natural.

En cuanto a la posible disminución de la fabricación y consumo de productos que contienen mercurio, he aquí algunas tendencias.

Las resinas acrílicas y epoxi pueden emplearse en empastes dentales sustituyendo a las amalgamas; pero su duración, por ahora, es menor.

Se están experimentando termómetros desechables, sin vidrio ni mercurio, y se emplean ya, para medir temperaturas, dispositivos sensibles a la radiación infrarroja.

La batería de mercurio, está amenazada por la competencia de nuevos tipos de baterías de gran rendimiento y capacidad.

En Japón se están sustituyendo por compuestos de cinc los mercuriales que se empleaban en las pinturas marinas antiincrustantes, y también en pinturas normales. El problema del control de microorganismos en pinturas pudiera solucionarse sin más riesgo -por ahora- acudiendo al empleo de antibióticos; esta solución parece especialmente indicada en pinturas destinadas a locales de industrias de la alimentación. El antibiótico *cumirina* ha sido particularmente efectivo -tanto como un fungicida mercurial- a igualdad de peso. Pero la *cumirina* no puede competir, en precio, con otros fungicidas.

Tratando de sustituir a los fungicidas mercuriales en sus usos agrícolas, se están registrando varios productos químicos (thiram, polyran, captan, maneb, etc ...) a los que más adelante nos referiremos, que presentan, en muchos casos, un paradójico problema de especificidad. Las consecuencias económicas de la prohibición de empleo de mercuriales en agricultura, son muy grandes; tanto, que parece haber cierto interés en ocultarles. No está clara la necesidad de esta sustitución, ya que los fenil-mercuriales que pueden, y acaso deben, reemplazar a los alquil-mercuriales, son más eficaces que otros fungicidas no mercuriales, no suponen riesgo alguno para el hombre ni para el medio -debidamente empleados- e, incluso, según parece, mejoran el rendimiento de la planta en fruto y fibra.

FRUTOS DE UN ESFUERZO

Las razones químicas o físico-químicas que permiten separar mercurio de sus soluciones, son bien conocidas desde hace mucho tiempo (insolubilidad del sulfuro, intercambio iónico, reducción a mercurio metal y filtración a través de carbón activo, etc ...). Basados en ellos van apareciendo procedimientos con grandes posibilidades industriales para el tratamiento de productos residuales. Recientemente, por ejemplo, una empresa americana ha desarrollado un procedimiento, basado en el poder reductor del borohidruro sódico; mediante su empleo se dice recuperar el mercurio de sus soluciones diluidas con un coste de dos dólares por kilogramo de mercurio recuperado (el precio actual del mercurio primario es, aproximadamente, 9 dólares/kg).

Esta preocupación por la *limpieza industrial* referida al mercurio,

ha multiplicado las patentes para recuperarle, o para reducir la cantidad a emplear (recuperación de mercurio de la salmuera; disminución de la carga necesaria por célula en la industria cloro-álcali, etcétera ...), con lo cual se reducen también las pérdidas. Combinando una precipitación y un filtrado a través de carbón activo, un procedimiento japonés elimina mercurio de aguas residuales, hasta no ser' detectable, a un coste de 0,75 dólares por tonelada de sosa cáustica producida.

En los Estados Unidos, la sola aparición de los niveles estándar exigibles y de las penas en ,que se incurría de no alcanzarlos, determinó que los valores en aguas residuales se redujeran a la centésima parte. Hay compañías que dedican hasta un 10 por 100 de los gastos de capital en equipo para controlar la contaminación que puedan producir.

En 1965 el gobierno japonés, preocupado, por razones obvias, por el contenido en mercurio de las aguas residuales que vertían las fábricas de cloro y sosa, propuso como objetivo reducir este contenido, hasta el 0,01 mg/kg. La Ley que se promulgó en 1970, fijó el nivel permisible en «no detectable», que equivale a 0,02 mg. de mercurio, total por kilogramo; con ello se consiguió que las sólo cinco fábricas -entre veintitrés examinadas- que en 1967 cumplían este requisito, pasaran a ser *la totalidad* de las cuarenta y una investigadas en 1971, que, por cierto, dieron valores inferiores al 0,02 mg/kg. (la máxima concentración encontrada fue de 0,014).

En Suecia, las pérdidas de mercurio en este mismo tipo de industria pasaron, en aguas residuales, de 30-40 g. de Hg por Tm. De claro producido, a 0,55; y de 15-25 a 1,0, por pérdidas en fase de vapor. Ello supone haber reducido las pérdidas totales de mercurio en aguas residuales de 45 kg/año, en 1969, a 7 kg/año en 1972.

Por lo que se refiere a la industria papelera y de pulpa celulósica, las pérdidas anuales que en Suecia se calcularon en 18 Tm. en 1960, se habían reducido a menos de 1 Tm. en 1969, como consecuencia de la correspondiente prohibición de empleo de compuestos mercuriales.

Está claro, pues, que cuando se legisla -aunque sea de forma, desorbitada- para abordar un problema real de interés general, y los afectados, conscientes de la realidad del mismo -aunque no del todo conformes con los términos de su planteamiento- deciden colaborar a su solución, no faltan recursos ni científicos, ni técnicos, ni eco-

mómicos, ni políticos, para resolverle con éxito, aunque sea por -etapas,

Pero esta solución cuesta, naturalmente, un dinero que puede distribuir se en los siguientes capítulos:

1) Costes a la industria por control de los vertidos; por instalación de nuevos procesos o fabricación de nuevos productos; por investigación; por compensación de posibles daños, etc ...

2) Costes al gobierno por vigilancia o inspección para que se cumpla lo legislado; por ayuda financiera a la industria afectada; por ayuda a ciudadanos perjudicados; por investigación, etc ...

3) Costes sociales por redistribución de trabajadores; por perjuicios al bienestar; por pérdidas de medios de recreo, etc ...

4) Costes derivados de cambios en aspectos competitivos; por necesidades de importación, etc ...

Por la cualificada persona afectada, voy a desarrollar brevemente un ejemplo relacionado con lo que hemos llamado pérdidas de medios de recreo: El profesor Goldwater es, por lo visto, un gran aficionado al golf, deporte que cree muy adecuado -casi vital- para personas de su edad y temperamento, y no está dispuesto a tolerar que una mal entendida protección del medio ambiente acabe con los campos de golf. El problema es que la forma más eficaz de proteger el césped contra la multitud de enfermedades que pueden malograrse es tratarlo con derivados de fenil-mercurio, precisamente el agente cuyo uso tratan de prohibir los organismos oficiales correspondientes. Como los estudios que conoce bien el profesor Golwater, demuestran que, debidamente usados, estos mercuriales no son peligrosos para los deportistas, ni suponen un riesgo de contaminación de aguas por drenaje, está dispuesto a empuñar su stick y ha gritado ya ¡no pasarán!

En realidad, en ningún caso conocido de contaminación mercurial ya controlada, se ha podido hacer un análisis fiable de las implicaciones de tipo económico que haya supuesto.

BASE CIENTÍFICA

A parte de la nada nueva toxicidad del mercurio y sus compuestos; ¿ en qué base científica se apoya la enérgica actitud que, de forma, oficial y casi solemne, han adoptado varios países frente al mercurio? Porque una cosa es que estemos en condiciones de encontrarle en cualquier parte, que nos preocupe conocer de dónde procede y a dónde va, que nos esforcemos por interpretar su acción sobre los organismos -todo lo cual es muy loable- y otra, muy distinta, que lo encontrado sirva exclusivamente para anatematizar su empleo. ¿ Estamos seguros que tan vibrante decisión no va a traer peores consecuencias que el empleo racional del metal? ¿Se deben seguir cerrando minas, limitando sus aplicaciones, cediendo a lo que el profesor Goldwater ha calificado de efectos psicológicos del mercurio ambiental? La Tesis de este notable investigadores tan breve como contundente: «Las reacciones psicológicas ante la falta de información, ante la distorsión y ante la exageración, han producido más daño que el propio mercurio, y amenazan con producir serias perturbaciones ecológicas».

Para que se pueda apreciar el valor de estas palabras, creernos necesario dedicar unas líneas a la personalidad de quien las ha escrito, que sean a la vez un homenaje a quien frente al histérico clamor de condena, se ha expresado valiente desde su bien ganado prestigio. en el Congreso Internacional del Mercurio, celebrado en Barcelona. el pasado mes de marzo.

El profesor Goldwater, de la Duke University, es, sin duda, la primera autoridad mundial en la materia. Hace ya cuarenta años estudiaba problemas de toxicología industrial en relación con el mercurio. Intuyó que llegaría algún día en que interesase conocer bien a este fascinante metal. Ese día tardó diez años en llegar; un tiempo que él dedicó a investigar, en la Universidad de Columbia, el fondo de los procesos de absorción y excreción del Hg en el hombre, porque sabe que sólo a través de este conocimiento se puede lograr que este metal sea -son sus palabras- «una medicina preciosa y no un veneno, mortal, un amigo que ni adula ni engaña».

EL CASO DE LOS FUNGICIDAS

Nos hemos referido repetidamente a la aplicación de compuestos de mercurio en la agricultura, compuestos que, además, se han asociado a los episodios más catastróficos. Pero acaso convenga recordar que estos fungicidas, insecticidas, pesticidas, rodenticidas, etcétera, llegaron de la mano de catástrofes aún mayores que, por científicamente vencidas, corremos el riesgo de olvidar.

En 1845 y 1846, Irlanda perdió más de la cuarta parte de sus habitantes por la muerte de un millón de personas, y la emigración. de millón y medio, como consecuencia de sucesivas y devastadas otras epidemias del *mildew* o *peronóspora* de la patata.

La roya de la hoja del café era desconocida en las plantaciones de café de Ceilán hasta principios del siglo XVIII. En quince años, las pérdidas que hay que apuntar en su haber fueron tales que hubo que abandonar por completo el cultivo del café, siendo sustituido por el té. Acaso habría que buscar en este cambio de cultivo la instauración de la dictadura del té en Gran Bretaña.

No se trata sólo de acontecimientos desempolvados y sin valor actual. Otro hongo, el *Colletotrichum Collearum*, está en estos momentos amenazando la industria del café en Kenia, La enfermedad que produce en el grano, una antracnosis, y que era en otro tiempo un problema leve y local de África Oriental, se ha extendido mucho en los últimos quince años y resulta muy difícil combatirla. En 1967 se perdió, aproximadamente, un tercio de la cosecha.

Los daños producidos en las cosechas por las enfermedades fúngicas son enormes y representan la mayor parte de las pérdidas causadas por todas las plagas vegetales, que una prudente estimación valora en 25.000 millones de dólares anuales, es decir, el 18 por 100 del valor de toda la producción agrícola actual.

El hombre lucha contra esto desde todos los frentes. Produce variedades resistentes, pero su científico esfuerzo suele verse malogrado al cabo de cierto tiempo porque algunos parásitos, como royas y oidios de los cereales, mutan a nuevas razas que atacan a las variedades resistentes, lo cual obliga a introducir nuevas variedades a intervalos frecuentes; rota cultivos, poda y destruye con fuego la maleza afectada, que, a veces, beneficia a la planta cultivada; con-

trola con rigor el comercio internacional de semillas, etc. Pero el peso de la lucha lo llevan, y así será en el futuro previsible, los fungicidas, insecticidas, etc ...

Con el caldo bordelés, los viticultores europeos protegieron sus vides contra la pronóspera o mildew americano. Este producto, como el más reciente oxiclورو de cobre, actúa depositado sobre las partes tratadas de la planta, inhibiendo el crecimiento de esporas y hongos que se posan sobre ellas. No penetran en la planta ni atajan las infecciones ya desarrolladas. Para reponer la sustancia perdida por arrastre debido a agentes atmosféricos, y proteger a los órganos tiernos que van formándose, hay que aplicarlo repetidas veces y a intervalos cortos (10 a 12 rociadas al año).

La introducción de los fungicidas orgánicos ha hecho que disminuyera mucho el empleo de aquellos fungicidas inorgánicos clásicos. De estos fungicidas orgánicos, los organomercúricos son, a su vez, los más antiguos. Se introdujeron en Alemania durante la primera guerra mundial, a raíz de los trabajos de Ehrlich sobre fármacos órgano-arsenicales. Las sales complejas de mercurio y fenoles sustituidos, desplazaron a los derivados de cobre de su función desinfectante y protectora de semillas contra sus hongos y los del suelo, principalmente contra el tizón, la roya, el pie de oveja, etc ... Fueron hasta 1969 los más utilizados. Se usaban -y se usan en algunos países- en dosis muy pequeñas, equivalentes a 5 g. de mercurio por hectárea. Gracias al tratamiento de las semillas con mercuriales, desaparecieron de los campos de cereales el tizón y el añublo, antes tan abundantes. Con rociados de mercuriales se lucha también contra la caries del arroz y la costra del manzano.

Estos compuestos penetran ya algo en los tejidos de las plantas, y por eso son efectivos contra infecciones ya en marcha.

Una forma de reaccionar frente al peligro de contaminar, sin renunciar a tan eficaces colaboradores, ha sido reducir la cantidad aplicada. Así, las rociadas, que se hicieron durante muchos años a razón de 1.100-2.800 l/ha. para humedecer por completo los cultivos, se han reducido hasta 3 l /ha. conservando su eficacia.

En los últimos treinta años se están utilizando ciertos fungicidas orgánicos, a los que ya nos hemos referido, en cuya molécula hay otros metales distintos del mercurio. Son ditiocarbamatos que se

conocen con los nombres de Zineb (con Zn), Maneb (con Mn), Thiram, etc ... , que son, en general, muy específicos.

Algunos fitopatólogos opinan que no vale la pena seguir buscando o perfeccionando fungicidas de superficie. Aunque ello sea discutible, lo que parece evidente es que en los próximos años se buscarán fungicidas de acción general interna (sistémicos), que penetren en la planta y se desplacen desde el lugar de aplicación a otras partes. Lo que con ello se pretende es combatir infecciones desarrolladas y proteger los nuevos brotes de la planta desde el interior, sin sufrir pérdidas por deterioro o arrastre atmosféricos. Sin embargo, con la sustitución de los fungicidas de superficie, no específicos, que son, generalmente, inhibidores de enzimas, por los compuestos de acción interna, que, probablemente, actúan según mecanismos más sutiles, cualquier tipo de resistencia que se desarrolle hacia ellos puede resultar más grave. La aparición de nuevas razas de hongos que vencen las defensas de las variedades de plantas «resistentes» es frecuente, y demuestra que los hongos están naturalmente capacitados para rápidos cambios en sus características fisiológicas.

El éxito de los fungicidas órgano-mercuriales está, además de en su energética acción, en la amplia gama de microorganismos contra los que son efectivos. Al desarrollar sustitutos más selectivos ocurre que, cuanto más específicos en su acción bioquímica, mayor es la probabilidad de que se produzca una mutación genética en el microorganismo que le lleve a la tolerancia. Además, el coste de la investigación para encontrar otros fungicidas es verdaderamente escalofriante: la puesta en mercado de un nuevo agente protector de cultivos se ha estimado en tres millones de dólares, excluidos los gastos del proceso de descubrimiento y de su fabricación experimental.

CONSIDERACIONES OBJETIVAS

Frente a este panorama realmente preocupante es preciso hacer unas consideraciones objetivas que ayuden a dejar el problema en sus justos términos, a que el mercurio dé su cara.

Sin duda el metil-mercurio jugó un papel importante en la tragedia de Minamata, pero también se ha sugerido que, además de mercurio, había algún otro agente responsable en el pescado. Sin embargo,

esta posibilidad no se ha investigado. Se acepta que las aguas de la bahía de Minamata estaban contaminadas no sólo con mercurio, sino con arsénico, talio, manganeso, selenio, etc... , pero no sabemos que se haya estudiado su efecto sinérgico. A este respecto, acaso convenga, recordar que las manifestaciones más graves de hidrargirismo se presentaban, hace años, en la industria del fieltro, en la que estaban asociadas las sales mercurícas y el trióxido de arsénico.

El mercurio biometilado puede o puede no tener la misma toxicidad que el obtenido por síntesis química. Hay pruebas que apoyan tanto una como otra posibilidad, pero no bastantes como para dejar el asunto zanjado. Además, junto a microorganismos metilantes del mercurio se han encontrado otros que pueden destoxificar algunos compuestos mercuriales, Con todo ello no se quiere atenuar los efectos del que es sin duda el mercurial tóxico más activo, el verdadero villano cuyo empleo en fungicidas acaso hubiera que haber suprimido, hace años.

Por otra parte, no faltan investigadores que opinan que los episodios de Minamata y Niigata pudieran haber sido el resultado de coincidir una dieta casi exclusiva de pescado y, por tanto, deficitaria en algunos nutrientes esenciales. Sabido es que ciertas deficiencias en la dieta pueden agravar los efectos de los agentes tóxicos. En circunstancias de consumo normal -que en el propio Japón supone aproximadamente, 30 Kg. de pescado por persona y año, y en Estados Unidos sólo 5 Kg.- el riesgo de intoxicación, ni siquiera ligera, hubiese sido muy remoto. Por ello, probablemente, el Dr. Kolbye actuando ante el juzgado del Condado de Lucas, Ohio, el 18 de abril de 1972, no pudo citar o recordar ni una sola persona que hubiera sufrido daños de ninguna clase en los Estados Unidos por comer pescado conteniendo mercurio a ningún nivel; ni incluso en 1970, cuando el pescado tomado del lago y del río St. Claire se encontró, contaminado con mercurio por encima del nivel fijado.

Al margen de toda actividad humana, sólo como consecuencia de los procesos naturales de lixiviación de rocas ígneas a que nos hemos referido, y a la emisión de mercurio por volcanes y fumarolas, es evidente que el nivel de mercurio natural nunca fue cero. Ya se ha aludido al contenido actual total en el agua de mares y océanos (10^{18} Tm.) que es la única fase que puede llamarse homogénea (prescindiendo de la atmósfera) en nuestro medio; ello suponiendo un

contenido de 0,1 mg/m³, y un tiempo de residencia de 1.104 años. Esta cantidad es cien veces mayor que la estimada como descargada o emitida por el hombre desde que se inició la industrialización. Por supuesto, no importa tanto, a efectos toxicológicos, la cantidad total como la concentración, el nivel, por eso la mayoría de los problemas de contaminación son locales.

La cantidad de Hg que el hombre arroja al medio marino -unos miles de Tm/año a 1030 Tm. de agua- no podrían detectarse hasta transcurridos cien años, y se ha estimado aproximadamente igual a la que llega por vía natural. Lo que pasa es que el hombre lo aporta en forma concentrada y mucho más tóxica y en puntos localizados (bahías, estuarios, deltas, fiords, etc ...) y allí tiende a fijarse en las proteínas a su alcance. Sólo una pequeña cantidad del mercurio descargado se encuentra libre, en solución, como no sea cerca del punto de descarga; los análisis de lodos de fondo demuestran que el contenido en Hg desciende progresiva y rápidamente al aumentar la distancia al origen de la contaminación. En este limitado recinto de descarga es donde es ingerido por los organismos marinos más deprisa de lo que pueden eliminarle y por eso se concentra en ellos. Así, pues, el mercurio que pueda encontrarse en el pescado marino de gran radio no procede, en principio, de contaminación humana. Efectivamente, según Wilmsen, conservador del Museo de Antropología de la Universidad de Michigan, muestras de pescados encontradas en expediciones arqueológicas - datadas entre 300-2.000 años- contenían mercurio en concentraciones comparables a las que se encuentran en el pescado vivo de hoy. Lo mismo puede decirse de piezas de museo de 62-93 años. Las cifras en relación con este punto, figuran en la tabla siguiente.

Concentraciones de mercurio en la biosfera

(Wallace, Fulkerson, Shults y Lyon, 1971)

($\mu\text{g}/\text{m}^3 \simeq \text{mg}/\text{kg}$; $\text{mg}/\text{kg} < > \text{p p m}$)

	Fase	Naturaleza y localización de la muestra	Concentración encontrada	Clase de valor
Reino Mineral	Aire	Áreas no mineralizadas ciudad (New York)	0,003 – 0,009 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	medio
		Interior de industrias cloro-álcali	100 »	máximo
		Interior de instalación para beneficio de minerales	20.000 »	máximo
	Agua	Aguas, mares y océanos	0,03 – 2,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	medio
		» de lluvia	0,2 »	medio
		» superficiales	0,15 »	medio
	» residuales	50.700 »	máximo	
Rocas	Corteza terrestre (global)	0,07 mg/kg	medio	
	Carbón	0,001 – 33 »	medio	
		Sedimentos (aguas abajo de una descarga residual)	0,2 – 2.800 »	medio
Seres Vivos	Plantas	Nivel básico	0,04 mg/kg	medio
		Semilla tratada con fungicidas	23 – 34 »	medio
	Pescado	Pelágico (nivel basal)	0,1 mg/kg	medio
		Atún (enlatado, procedente museo en USA)	0,3 – 0,44 »	medio
		Atún natural	1,2 »	máximo
		Nivel letal en agua ambiental (variable s/especie)	5,0 »	—
	Aves	Nivel básico	0,02 mg/kg	medio
Patos salvajes		0,5 »	—	
	Hígado de aves muertas por envenenamiento	4,0 – 200 »	—	

Según esto, la especie humana lleva comiendo pescado con su dosis de mercurio hace muchos años. La presencia de Hg en el mar -donde la vida empezó- fue tan pristina como la del propio agua condensada, y, probablemente, todas las plantas y animales llevan trazas de mercurio, como herencia de sus antecesores primarios. Cada hombre, en el extremo de la cadena alimenticia, agrega algo a ese

enriquecimiento hereditario, comiendo pescado y otros alimentos en los que se ha concentrado, de forma particular, el mercurio, desarrollando, a lo largo de millones de años, una mayor tolerancia este metal.

Una concentración de 0,3 mg/Kg (ppm) en el cuerpo de un atún, es 10.000 veces mayor que la concentración en aguas oceánicas. Para el pez espada, más voraz y de vida media más larga, su concentración natural debe ser aún mayor; por eso, a pesar de su agresividad, hubo de sucumbir ante la ofensiva de los «gourmets científicos», envainarse su espada y aceptar resignado la recomendación de que no fuera consumido por la población, y ello a pesar de que tanto el atún -también condenado- como el pez espada, son predadores de océano, abierto que raramente se encuentran en áreas costeras que pudieran estar contaminadas.

Cabe preguntarse, por qué esa tolerancia de los peces a relativamente elevadas concentraciones de mercurio. Se han apuntado tres razones: 1) Son poiquilotérmicos (sangre fría). Su metabolismo es mucho más lento, y el efecto de medicamentos, tóxicos o no, se reduce a temperaturas bajas hasta una relación de 10: 1; 2) El metil-mercurio afecta principalmente al sistema nervioso central que, en los peces, es mucho más primitivo que en el hombre; pudiera ser, por ello, que en los peces tenga menos efectos patológicos, y 3) Habiendo estado expuestos desde hace tantos miles o millones de años al mercurio del medio acuático, pueden haber desarrollado mecanismos de adaptación, e incluso haberle incorporado como esencial a funciones aún desconocidas.

En los seres humanos (homeotérmicos) el 90 por 100 del metil-mercurio en sangre se fija en los glóbulos rojos; el 10 por 100 restante se queda en el plasma. El 50 por 100 de todo el ingerido se localiza en el hígado, y el 10 por 100 en la cabeza; parece eliminarse por la bilis a intestinos, pero el 90 por 100 de éste puede reabsorberse. Precisamente este mecanismo de absorción interna, entero-hepática, ayuda a explicar el relativamente elevado tiempo de residencia en el hombre, y de ahí la aplicación de resinas de cambio iónico u otros agentes equivalentes, para interrumpir el ciclo de reabsorción. La vida media biológica del Hg en el hombre se ha valorado entre 70 y 120 días para el localizado en los glóbulos rojos. Más del 90 por 100 del Hg incorporado por el hombre se elimina con las heces

al cabo de un año. Esta vía de eliminación puede haber prevenido intoxicaciones más frecuentes, como proceso opuesto a su posible acumulación.

Stock y Gibbs encontraron ya Hg en otros alimentos hace muchos años (entre 1930 y 1940), antes de que se introdujera el uso de derivados mercuriales en gran escala como fungicidas y pesticidas; no cabe, por tanto, atribuir tampoco su presencia al uso de éstos en agricultura. Las cantidades que encontraron coinciden bastante con las halladas por otros investigadores, lo cual significa que, durante las pasadas décadas, no ha habido aumento sustancial en el contenido de mercurio en alimentos. Pero sí han aparecido otros agentes contaminantes que pueden hasta ser desconocidos, en este aspecto, por los usuarios: fenil-mercuriales en pinturas, en ceras para muebles y suelos, en lavanderías industriales; antisépticos como el mercurocromo, el merthiolato y el metaphen; anticonceptivos; filtros de acondicionadores de atmósfera; cepillos de dientes, etc... No debe sorprendernos, por tanto, que el 20-25 por 100 de la población, en principio no contaminada, dé reacción positiva al mercurio.

El problema, pues, está planteado no con el consumidor medio normal, sino con aquellos que, por diversas razones, consumen grandes cantidades de pescado, por ejemplo, capturado en aguas contaminadas, o, indebidamente, semillas tratadas con fungicidas mercuriales, y también con aquellos que son más sensibles a los efectos tóxicos del mercurio. Porque, es un hecho que los individuos reaccionan de forma diferente frente a idénticas condiciones de exposición y así se reconoce, aunque aún no se entienda del todo, en toxicología industrial. Una determinada dosis de agente tóxico ingerida con alimentos contaminados, o asimilada directamente del ambiente, que haga aparecer concentraciones en sangre, orina, o cabellos elevada, puede producir evidentes manifestaciones de intoxicación en unos individuos, y no producir el menor síntoma, ni ostensible ni oculto, en otros. El Dr. Clarkson asocia este fenómeno a diferentes velocidades de absorción, proceso influido por otros componentes de la dieta, y a la individualidad metabólica de la persona. La dieta, el sexo, la edad, otras enfermedades, el ambiente, la herencia, su peculiaridad endocrina, etc., son factores no relacionados con el tóxico que pueden alterar los resultados experimentales. Además de éstos, es seguro que puede haber otros, conocidos o no. Todos ellos sé

integran en el individuo en algo trascendente y global que llamamos idiosincrasia y que, a efectos de toxicología, se queda en susceptibilidad individual, individualidad bioquímica o factores del huésped. En -el caso del mercurio se tiene evidencia de que estos factores pueden ser más importantes que los propios del tóxico en cuanto a la respuesta del organismo.

El Dr. Wright, que investigó durante cuarenta años en compuestos de mercurio, subraya la importancia de este aspecto citando una serie de hechos y circunstancias personales: En 1931, por rotura del frasco que calentaba a reflujo, estuvo respirando durante tres horas en una atmósfera que contenía dibutil-mercurio, sin más consecuencia que una pequeña afección bucal. En 1934 estuvo expuesto durante dos días, sin consecuencias, a dimetil-mercurio antes de darse cuenta de la naturaleza del subproducto de la destilación que realizaba a presión atmosférica. Cuando en 1940 se comisionó a científicos canadienses ciertos estudios sobre gases letales, decidió estudiar dimetil-mercurio -que producía por reacción de carburo de aluminio con solución acuosa de cloruro mercúrico-, sometiendo a los efectos del gas a 25 ratas a dosis de 25 g/día en un recinto de 3m³; la atmósfera se cambiaba sólo una vez al día. Lo observado fue que las ratas se agolpaban alrededor del orificio de entrada del gas, disputándose el gustar las primeras su ración diaria. El experimento hubo de suspenderse cuando, después de consumidos 500 g., no quedó ni una rata ... afectada. Entre 1968 y 1970 su laborante -alérgico a muchos productos- estuvo determinando la función momento dieléctrico del dimetil-mercurio-temperatura en unas condiciones que era imposible evitar la inhalación de su vapor, sin experimentar daño alguno, después de doscientos días de exposición.

El afán de buscar hechos que reiteren una toxicidad que ya se conoce, hace a veces ignorar aquellos otros que no responden a esta idea preconcebida, y ello puede haber producido generalizaciones equivocadas o deformadas sobre nuestro metal. Una indebida preocupación por el tóxico o por el ambiente, hasta llegar a desinteresarse -del individuo, del huésped, puede retrasar el descubrimiento de los aún misteriosos efectos del mercurio sobre el hombre.

Como quienes hacen los estudios básicos son científicos conscientes de lo difícil y complejo que es el problema, la decisión a tomar, en vista de los resultados obtenidos, suele quedar a otro nivel con

menos base en las ciencias biomédicas y, por ello, más susceptibles, a la tentación de simplificarle haciendo, por ejemplo, los supuestos siguientes: 1) que las relaciones dosis-respuesta son funciones lineales; 2) que cuando no hay valores experimentales suficientes, no se comete grave error extrapolando; 3) que se puede prescindir de los, factores asignables al huésped; 4) que se puede ignorar la gran capacidad de los seres vivos para oponerse a adaptarse a tensiones, incluso de origen químico.

LOS VALORES LÍMITE

Para reglamentar su función, las autoridades responsables de la salubridad ambiental han fijado unos niveles a los agentes contaminantes. Estos niveles son unos números; son los MAC (Maximun Allowed Concentration), los TLV (Threshold Limit Valué), etC ..., que ya se han incorporado a las leyes de algunos países, lo cual ha planteado, al cabo de algunos años, situaciones tan curiosas como la siguiente: el nivel permisible para el mercurio como residuo de pesticidas se fijó en cero, en 1938, en los Estados Unidos. Este nivel sigue siendo oficialmente válido, aunque los métodos analíticos han pasado de la sensibilidad del miligramo a la del micro o nano-gramos; es decir, han desplazado el cero a varios órdenes de magnitud por debajo del de aquellos años. En el contenido en sangre, orina, tejidos y plantas, significa haber pasado de niveles perjudiciales-incluso letales-, a niveles que se hubieran dado *nil* entonces, pero, como las cantidades mínimas detectables estaban asociadas a efectos perjudiciales, cualquier concentración ha seguido suponiéndose peligrosa.

Los números que quisieran los higienistas, los que nos dijeran si hay demasiado mercurio en el ambiente o en el cuerpo, o en los alimentos, no se pueden dar, con rigor, todavía.

He aquí un ejemplo: Al valor 300 $\mu\text{gHg/l}$. en orina (equivalente a 0,3 ppm), se le dio el especial significado de valor límite. Sin embargo, los resultados de los análisis efectuados en seis caballeros que trabajaban en las misma habitación y en las mismas condiciones ambientales (expuestos a benzoato de fenil-mercurio) fueron los siguientes, en valores medios semanales: 186, 805, 91, 130, 34 y 5, $\mu\text{gHg/l}$. de orina. ¿Qué significado tiene, pues, aquel número?

Otro ejemplo: En una fábrica de termómetros con 120 trabajadores se dio un caso de hidrargirismo, y varios sospechosos, en un ambiente de $100 \mu\text{gHg}/\text{m}^3$ de aire. Sin embargo, en una industria, cloro-álcali se dieron siete casos entre 91 trabajadores cuando consta que el nivel de mercurio en el ambiente se había mantenido inferior a $100 \mu\text{gHg}/\text{m}^3$.

Por otra parte, aún no se ha establecido -que nosotros sepamos una relación clara entre duración de la exposición y contenido de Hg en sangre u orina.

En la fijación de niveles permisibles tendrían también mucho que decir los sociólogos y economistas porque, evidentemente, hay aspectos importantes que escapan a la estimación química, o médica, o bioquímica. He aquí algunos ejemplos:

1) Cualquier proceso o actividad arriesgada se hace -con la excepción de las deportivas o heroicas- en virtud de que produce; en el sentido más amplio, un beneficio. ¿Cómo pueden combinarse riesgos y beneficios en problemas de contaminación?

2) ¿Cómo influyen en el ánimo, seguro o amenazado, de una población las afirmaciones sensacionalistas difundidas por medios de comunicación tan poderosos como los actuales, y cómo afectan al valor de los números?

3) ¿Cómo se pueden rebatir opiniones dogmáticas declamadas por prolíficos expertos en osadía?

Todo parece indicar que esos números, tan enfáticamente aprobados y puestos en circulación, tienen más valor político-administrativo que rigor científico. Aplicados con demasiado celo y entusiasmo; aunque con la buena intención de encontrar fácil solución a un problema muy complejo, pueden introducir en éste todos los indeseables, equívocos que lleva la falta de base.

Quienquiera que leyere la tajante sentencia del Comité de Expertos conjunto de BAO y WHO sobre aditivos en alimentos, en virtud de la cual, cualquier uso del mercurio o de sus compuestos que aumente el nivel de este elemento en alimentos debe ser enérgicamente suprimido, podría pensar que el nivel fijado como máximo, tolerable lo habría sido con especial precisión y cuidado; sin embargo, para llegar a algunos valores se aplican coeficientes de seguridad

¡de hasta 100! La propia OCDE, en un informe publicado en este mismo año de 1974, declara que hay riesgos de hipérbole, cuando aún falta atar muchos cabos en relación con el daño que realmente puede ocasionar el mercurio.

Estos discutidos niveles en aguas y en gases residuales se están fijando, por ejemplo, bajo el supuesto de que todo el mercurio contenido en los residuos puede, eventualmente, convertirse en metil-mercurio que, a su vez, puede pasar totalmente a la cadena alimenticia. Con análogo supuesto de que iodo el mercurio en el pescado está en forma metilada, se están dando los valores de niveles permisibles en Suecia y en Estados Unidos.

Puestos a pedir cuentas, también se las puede pedir el mercurio al pescado. Hace pocos meses la Unión Chemical Co. comunicaba que una partida de 325 Tm. de mercurio ultra puro, destinado a la industria petroquímica, quedó inutilizada por haberse contaminado con el atún de un sandwich. La concentración de atún en mercurio alcanzó a 0,5 ppm, que es, según parece, un nivel intolerable para que el mercurio pueda cumplir su función, que también la tiene.

La recomendación de niveles máximos para el mercurio en alimentos, plantea una situación crítica tanto desde el punto de vista económico como nutricional y de la salud pública. La prohibición de consumo de ciertas especies de pescado es una medida seria incluso para países que disponen de otras proteínas, pero plantea una situación realmente crítica a países en desarrollo en los que el pescado es un constituyente principal de la dieta humana.

Los estudios realizados a raíz del episodio de Minamata, que es un hecho prácticamente irreplicable, sirvieron de base para fijar los niveles de metil-mercurio en alimentos. Reconociendo la falta de rigor y el exceso de las medidas, se sigue investigando para fijar valores realistas y objetivos. El último episodio del Irak ha ofrecido, dentro de su carácter catastrófico, una serie de circunstancias ideales -ojalá que también únicas- para llegar a conclusiones ponderadas.

Efectivamente. Por primera vez se ha asistido a un proceso de intoxicación masiva en la especie humana desde su iniciación, y se ha podido, por lo tanto, seguir con el detalle necesario su evolución.

El grano tratado empezó a distribuirse en septiembre de 1971. Las hospitalizaciones aumentaron rápidamente en los primeros días de enero de 1972, llegando a varios centenares diarios. En febrero se

redujeron a unas unidades diarias y, desde finales de marzo, no se registraron más ingresos.

Lo hasta ahora averiguado, se debe a un notable y emocionante ejemplo de solidaridad ante la tragedia, ya que, aunque por aquella época Irak y Estados Unidos no tenían relaciones diplomáticas, las Universidades de Bagdad y Rochester trabajaron a una con equipos dirigidos por los profesores Bakir y Clarkson, respectivamente. Así, se ha obtenido valiosísima información sobre: a) toxicidad de los compuestos de metil-mercurio en seres humanos; b) metabolismo del metil-mercurio en el cuerpo humano; c) efecto de ciertos agentes mercurófilos frente a la intoxicación.

Las concentraciones de mercurio total y de metil-mercurio, se determinaron analizando segmentos consecutivos de cabello recogido de pacientes hembras, en mayo de 1972. La concentración de Hg cabello puede ser 300 veces mayor que lo encontrado en sangre total, aunque suele haber, como siempre, variaciones de unos individuos a otros. Con longitudes de 40 cm., conociendo la velocidad de crecimiento del cabello, se puede estudiar la evolución de los niveles de mercurio, observándose el dramático aumento durante la «epidemia». En estos momentos se sigue la respuesta de los pacientes a tratamiento con los mercurófilos aludidos que incluyen D-penicilamina, N-acetil-D-I-penicilinamina y una resina de intercambio iónico que tiene grupos sulfhídricos fijados a un copolímero macroporoso, de estireno-divinilbenceno, y que se ensaya por primera vez en seres humanos. Como ya se ha indicado, esta resina fija el compuesto segregado al tracto intestinal por la bilis y otras secreciones, evitando así su reabsorción.

MICRONUTRIENTES Y TOLERANCIA

Los factores más importantes de los que controlan el efecto tóxico de una sustancia son a) el tipo de sustancia; b) la dosis; c) el medio de administración o vía de absorción; d) la duración de la exposición; e) el sinergismo o antagonismo de otros agentes; f) la individualidad bioquímica del paciente. En relación con el sinergismo o antagonismo de otros agentes nos vamos a referir a un descubrimiento que puede

arrojar nueva luz tanto sobre el origen del problema como sobre su tratamiento ,

Entre los componentes asociados, como micronutrientes, a la dieta, y que modifican la toxicidad del mercurio y sus compuestos, figura el selenio. Su extraordinario efecto fue descubierto por Pasizek y sus colaboradores en el Instituto de Fisiología de la Academia Checoslovaca de Ciencias, en 1968. Pequeñas cantidades de compuestos de Se, administradas antes, o incluso unas horas después, de la intoxicación con compuestos de mercurio divalente, podían proteger por completo el organismo contra los efectos tóxicos del mercurio; también inhibe el paso de éste y de otros metales pesados, del organismo materno al feto y a la leche de los lactantes.

Según esto, pudiera ser que la sensibilidad humana a la toxicidad del mercurio, estuviera relacionada con una deficiencia de selenio--aparte de otros factores- que predispusiera a trastornos psicóticos por cantidades de alquil-mercurio que son perfectamente tolerables por individuos con niveles normales de selenio.

La tolerancia hacia una sustancia suele derivar a dependencia, y se puede suponer que el hombre, como otras formas de vida, depende ahora del mercurio como micronutriente, como elemento traza útil. Que sus efectos sean beneficiosos o perjudiciales dependerá de la forma en que se incorpore a los tejidos, de la dosis, de los otros elementos que le acompañen en la dieta, etc,... El As ofrece un caso notable a este respecto: corno se sabe, es un elemento muy tóxico; pero le encontramos en el sabroso y saludable camarón en concentraciones de hasta 200 ppm (en seco), en forma de trimetil-arsina. Todo ocurre como si la metilación, en este caso, redujese o suprimiera la toxicidad del elemento. El comportamiento bioquímico del mercurio tiene mucho en común con el del arsénico y ello ha sugerido a algunos investigadores la idea de que pudiera haber en el pescado, formas inocuas de meti-mercurio , a la vez que formas tóxicas.

En principio, cualquier sustancia puede ser tóxica e incluso fatal. Por el contrario, venenos tan potentes como el curare y la estricnina, han prestado insospechados servicios en medicina. El desarrollo de tolerancia para productos químicos o drogas es un hecho, hace tiempo, conocido. Mithridates el Grande, rey del Ponto, lo aplicó empíricamente hace más de dos mil años, cuando, para defenderse de posibles

envenenamientos tomaba pequeñas y crecientes dosis de agentes tóxicos.

El furor actual por los problemas ambientales, uno de cuyos aspectos es la contaminación por sustancias o productos residuales -pero no el único- ha producido una especie de miopía por virtud de la cual, a fuerza de aproximarnos a profundizar para ser cada vez más exigentes en los niveles tolerables para los microcontaminantes, estamos menospreciando otros más intolerables y censurables como pueden ser la macro suciedad, la zafiedad, el ruido, el «hinchismo»..., que se sitúan en el ámbito científico-social y que no necesitan especiales técnicas para detectarles en cantidades macroscópicas, aunque intoxican el ambiente con algo muy sutil que afecta a la convivencia y también, como el mercurio, al sistema nervioso.

Por insuficiente o defectuoso conocimiento de unos principios básicos de toxicología se ha escrito de tal forma en este asunto del mercurio que, si se dice la verdad, no se dice toda y, a veces, no se dice, se oculta. Y ello resulta, por lo menos, curioso.

La información irresponsable ha hecho, como en tantos otros asuntos, por lo menos, el daño de la desorientación, del desenfoque, cuando no de un interesado descrédito. Por ejemplo: Cuando un ciudadano se le *sospecha* intoxicado con metil-mercurio por comer pez espada, lo que se publica es que está intoxicado, y no se recogen las dudas manifestadas por el médico ante la falta de documentación concluyente sobre la sintomatología. Se trataría de un caso dudoso que, presentado como evidente, y en unión de otros suficientemente difundidos e igualmente sospechosos, pudiera desencadenar una serie de acciones, siempre desproporcionadas y muchas veces injustificadas, como si ya se conociese todo lo necesario sobre la toxicología del mercurio en los seres humanos.

La lucha antimercurial está planteada como si, sucesivamente, se cumpliera que toda -o, al menos, la mayor parte- de las peripecias del mercurio en el ambiente hubiera que cargarlas absolutamente a las actividades humanas; que todo el mercurio que llegase a la hidrosfera fuese inevitable, e irreversiblemente, metilado; que este mercurio metilado fuese tan tóxico como el sintetizado; que los mercuriales, cualquiera que sean, sólo se fijen sobre elementos vitales; que la naturaleza no dispone de recursos para luchar contra sus

efectos. Así, los seres vivientes, en el caso de que hubieran podido llegar a existir, haría tiempo que habrían muerto por envenenamiento con metil-mercurio,

El clamor periodístico sobre el llamado problema del mercurio ha producido un azogamiento general -por otra parte lógico dado el agente causante y el dramatismo con que se plantea- que ha puesto en marcha una serie de medidas, digamos «protectoras», aplicadas con tanto rigor como falta de fundamento.

Según E. M. Nicholson, eminente biólogo británico, hay cuatro vías de aproximación al problema de la protección ambiental; tres de ellas llevan al desastre.

La primera, es la guerra a muerte entre los conservacionistas y las industrias contaminadoras. Estas no ganarían nunca. Los otros, al ganar, se meterían en un callejón sin salida. Ambas partes lo comprenden así y renuncian a luchar.

La segunda, es pedir a la ciencia que dé lo que aún no puede, que es fijar los niveles tolerables de contaminantes en la atmósfera, en el agua y en el suelo. Si estos niveles, se fijasen por convenios internacionales, sería tremendamente difícil modificarles a medida que las circunstancias lo aconsejaran. Derivar el problema a unas prescripciones legalistas sería un grave error.

El tercero sería ceder a las insinuaciones del estado soberano en el sentido de dejar el asunto en manos de la burocracia que no conoce nada de operaciones industriales, y menos aún de problemas del medio ambiente. Por este camino se tendría que alcanzar una mítica cima burocrática y bajar, después de muchos meses, a la realidad en, la que estarían sufriendo la industria y la tierra.

El cuarto que el doctor Nicholson propone, es el único, en su opinión, que no conduce al desastre: la colaboración estrecha y directa entre la industria y los ambientalistas. La avala la experiencia británica: Hace diez años, se reunieron la industria química, los agricultores y los conservacionistas para hablar sobre productos químicos tóxicos en el suelo. Se pusieron de acuerdo en los niveles o dosis que deberían permitirse; en la época del año y en el número de veces en que los órganos letales y otros productos químicos, deberían aplicarse; en el tipo de cultivos a que eran aplicables; y se dispuso, de acuerdo con la industria, retirar, por un período de

cinco años o más, ciertos ingredientes que, por demasiado tóxicos, no podían aceptarse.

Todo ello se ha logrado sin un sólo cambio en la ley. Sólo por acuerdo mutuo. La industria no ha ido a la bancarrota; las cosechas crecen; se ha preservado la naturaleza; la administración y los políticos sólo han intervenido en aspectos marginales.

La regla de oro para la preservación ambiental es esforzarse por comprender el equilibrio natural en que se desarrolla la vida y hacer lo posible por no alterarlo.

LA DEUDA Y EL RETO

España está en deuda con el mercurio y éste, ahora, atribulado. El mundo le repudia; España le tiene en casa sin merecerle. Debemos aceptar el reto que la situación comentada constituye, y poner en marcha un sano -nunca mejor dicho- desarrollo de sus posibilidades, mediante una realista y objetiva revisión de toda su problemática y controvertida utilidad. Enfrentarse con serenidad a las azogadas reacciones histéricas y a los anatemas dogmáticos, programando la acción que exige el ser depositarios de un yacimiento excepcional del que han salido ya 285.000 Tm. de mercurio; cuyas reservas -estimadas en 87.000 Tm.- representan, aproximadamente, la mitad de las mundiales, y cuya producción ha supuesto en los últimos años el 50 por 100 de la europea, el 30 por 100 de la del mundo libre, o el 25 por 100 de la total mundial.

Es cierto que los acontecimientos comentados han hecho descender el precio del metal desde 570 dólares/frasco (frasco = 34,5 Kg.) en 1965, a 145 al empezar 1975; que, en lo que queda de siglo, lo previsible es que se reduzca el consumo de mercurio primario; que, como consecuencia, sigan cerrando minas marginales, y aumente la producción de Hg secundario por recuperación y reciclado. Y es cierto que el mercurio y sus compuestos serán sustituidos por determinados procesos industriales, o en algunas de sus aplicaciones. Precisamente ahí está el reto: defender la aplicación correcta y útil, encontrar la idónea, estar preparados para cualquier eventualidad, profundizando en el conocimiento científico del metal, de sus minera-

les, de sus derivados; tener paciencia para sus penas y humildad para sus glorias,

Para el año 2000 todavía se prevé, a pesar de todo, un consumo de, aproximadamente, 5.000 Tm/año que representan un 80 por 100 del consumido en 1970. Las necesidades acumuladas para los próximos veinticinco años se estiman comprendidas entre 90.000 y 120.000 Tm. para el mundo libre, y entre 15.000 a 26.000 Tm., para la Comunidad Europea. Como España sigue produciendo, aproximadamente, 2.000 Tm/año, quiere decir que puede ofrecer el doble de lo que suponen las necesidades previstas para la Comunidad.

El mercurio es uno más de los muchísimos productos químicos inorgánicos que, desbordándose de sus aplicaciones, se vienen introduciendo indiscriminada y abusivamente, en el medio ambiente desde el comienzo de la industrialización, pero no puede cargarse sobre él lo que tiene su origen en la insensatez humana. El mercurio nunca pudo -ocultar una de sus propiedades más acusada frente a los seres vivos: su toxicidad; jugó limpio -como él mismo- desde que se azogaron nuestros primeros mineros hasta las últimas víctimas del Irak. Y tiene en su haber claros y rotundos éxitos tanto en sus aplicaciones precisamente por tóxico, como en las que utilizan alguna otra de sus muchas y singulares propiedades.

He aquí un elemento creado para protagonizar dramáticos contrastes, desde las historias tenebrosas surgidas entre hornillos y retortas, hasta los caudales de plata del Nuevo Mundo para las Cortes de Europa; desde el culto oscuro a su mágico poder, al culto limpio enaltecido en una custodia dorada : del capricho de un Califa, -a la obediencia científica de un reactor nuclear. ¿ Cara o cruz? No cabe elegir, es una moneda entera por la gracia de Dios.

APÉNDICE

Reservas mundiales de mercurio. (Aproximadas).

Para un precio límite de 270 UC*/frasco.

(J. W. Brinck y L. Van Wambeke)

País	Reservas en Tm.	Riqueza media de los minerales
España.....	87.000	1 - 2
URSS**.....	30.000	?
Yugoslavia.....	20.000	0,16 - 0,9
Turquía***.....	11.000	0,5
Canadá.....	10.000	0,23 (estimada)
China.....	10.000	?
Italia.....	9.000	0,48 - 0,45
Estados Unidos.....	6.000	0,25
Otros.....	10.000	0,15 - 0,6
Total.....	193.000	

* UC = Unidad monetaria europea equivalente al dólar 1970.

** Incluye las reservas recientemente descubiertas en el N. E. de Siberia.

*** Otras posibles reservas se estiman en 15.750 Tm.

Reparto de la producción mundial acumulada de Hg por países (hasta 1973)

(L. Van Wambeke)

País	Cantidad producida (Tm).	% con respecto a la producción mundial
España.....	285.000	35,6
Italia.....	130.000	16,2
Estados Unidos.....	127.000	15,5
Resto del mundo.....	265.000	23,2
TOTAL.....	807.000	100,00

Producción mundial de mercurio primario (Tm) (1967-1972)

(L. Ven Wambeke)

País	Años						
	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
Alemania Federal.....	70	84	67	68	69	70	—
Irlanda... ..	—	—	15	45	80	43	—
Italia.....	1.657	1.838	1.681	1.530	1.470	1.451	1.127
Total Comunidad Económica Europea.....	727	1.922	1.763	1.643	1.619	1.554	—
Argelia.....	—	—	—	—	245	452	—
Bolivia.....	14	14	2	1	1	1	—
Canadá.....	—	197	731	852	517	400	—
Chile.....	6	18	10	13	2	3	—
Colombia.....	7	9	7	7	7	7	—
España.....	1.693	1.965	2.238	1.645	2.330	2.170	—
Estados Unidos.....	820	995	1.023	941	608	215	—
Finlandia*.....	—	—	—	—	5	6	—
Japón**.....	299	265	266	202	208	178	—
Méjico.....	497	595	778	1.043	1.221	860	—
Perú.....	104	108	116	117	110	110	—
Filipinas... ..	90	122	120	160	165	160	—
Túnez.....	10	11	8	4	12	8	—
Turquía.....	143	161	226	120	141	68	—
Yugoslavia.....	545	510	494	533	571	566	—
TOTAL MUNDO LIBRE.....	5.955	6.892	7.742	7.271	7.763	6.768	—
China comunista.....	690	690	690	690	690	690	—
Checoslovaquia.....	7	4	15	70	69	70	—
URSS.. ..	1.550	1.550	1.620	1.655	1.897	1.960	—
TOTAL BLOQUE COMUNISTA	2.247	2.244	2.325	2.414	2.657	2.660	—
TOTAL MUNDIAL.....	8.202	9.136	10.067	9.685	10.420	9.428	—

* Como subproducto de minerales sulfurados.

** Incluye el producido a partir de minerales importados.

BIBLIOGRAFÍA

BAILAR, J. C.: *Some Coordination Compounds in Biochemistry*. «Amer. Scientist.», 59, 586--592 (1971).

BARGALLO, M.: *La amalgamación de los minerales de plata*. Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey. México, D. F. (1969).

BRINCKMAN, F. E. y JEWETT, K. L.: *Transmetilation of heavy metal ious in water*. 8th Middle Atlantic Regional Meeting, «Am. Chem. Soc.», (enero 1978).

BROWNING; E.: *Toxicity of Industrial Metals*. Butterworths Londres (1969).

CLARKSON, T. W.: *Recent advances in the toxicology of Hg with emplearis on the alkylmercurials*. C. R. C. «Critical Review Toxicols», págs. 208-34 (1972).

I Congreso Internacional del Mercurio. Conferencias Plenarias y Comunicaciones; Instituto "Emilio Jimeno", Universidad de Barcelona (1974).

ESCOSURA y MORROGH, LUIS DE LA: *Historia del tratamiento metalúrgico del azogue en España*. Madrid (1878).

EXPERT GROUP: *Methyl Mercury in fish*. "Nordisk Hygienisk Tidskrift", Suplem. 4. Stockholm (1971).

FRIEDMAN, H. L.: *Relationship between Chemical Structure and Biological Activity in Mercurial Compounds*. «Ann. New York Acad. Sciences», 461-470 (1955).

FRIBERG, L. y VOSTAL, J., Editors: *Mercury in the Environment, An Epidemiological Appraisal*. The Chemical Rubber Co. Cleveland, Ohio, U. S. A. (1972).

GOLDWATER, L. J.: *Human toxicology of Mercury. Enviromental Toxicology of Pesticides*. Acad. Press, New York (1972).

-- Mercury. *A history of Quicksilver*. York Press Inc. Baltimore, Maryland, U. S. A. (1972).

-- *Mercury in the Environment*, «Sci. Amer.», 224, 5, 15-21, 1972.

-- *Occupational Exposure to Mercury*. The Harben Lectures, 1965. The Royal Institute of Public Health and Higiene. London.

HARTUNG, R. y DINAMAN, B. D., Editors: *Environmetal Mercury Contamination*: «Ann. Arbor Science Publishers Inc.», Michigan, U. S. A. (1972).

HUGHES, W. L.: *A Physicochemical Rationale for the Biological Activity of Mercury and its Compounds.*, «Ann. New York Acad. Sciences», 454-460 (1955).

IMURA, N. y col.: *Chemical Methylation of Inorganic Mercury with Methylcobalamin, a Vitamin B₁₂ Analog*. «Science», 172, 1249 (1971).

JENSEN, S. Y JERNELOV, A.: *Nordforsk Biocid-information*, 10, 4 (1967).

JONES, H. R.: *Mercury Pollution Control*. Noyes data Corporation, Park Ridge. New Jersey, U. S. A. (1971).

KREHL, W. A.: *Mercury, The Slippery Metal*. «Nutrition Today» (nov.-dic. 1972).

LÖFROTH, G.: *Methylmercury*. «Ecological Research Comittee Bull.», n.v 4. Swedish Natural Science Research Council (1969).

-- *The mercury problem: A review at midway*. 6th Annual Conference on Trace Substances in Environmental Health. University of Missouri, U. S. A. (junio 1972).

MATILLA TASCÓN, A.: *Historia de las minas de Almadén*. Consejo de Administración de las minas de Almadén y Arrayanes (1958).

MATSUMURA, F., MALLORY, G. y MISATO, T.: *Environmental Toxicology of Pesticides*. Acad. Press. New York (1972).

MILLER, G. E. y col.: *Mercury Concentrations in Museum Specimens of Tuna and Swordfish*. «Science», 175, 1121 (1972).

OECD: *Mercury and the Environment. Studies of Mercury Use, Emission, Biological Impact and Control*. Organisation of Economic Cooperation and Development. Paris (1974).

PUTMAN, J. J.: *Quicksilver and Slow Death*. «Nat. Geographic», 142, 507-527 (1972).

SELIKOFF, I. J., Editor: *Hazards of Mercury*. "Environmental Researchs", 4, 1 (1971).

SINGER, P. C.: *Trace Metals and Metal-Organic Interactions in Natural Waters*. «Ann. Arbor Science». Publishers Inc. Michigan (1973).

SWENSSON, A. y ULFVARSON, U.: *Experiments with Different Antidotes in Acute Poisoning by Different Mercury compounds*. «Int. Arch. fur Gewerbepathologie und Gewerbehygiene», 24, 12-50 (1967).

ULFVARSON, U.: *Organic Mercuries*, capítulo 6 en «Fungicides», vol. II, Editor Torgeran, págs. 303a-329. Academic Press, New York (1969).

WRIGHT, G. F.: *Exposure to Alkyl Mercury*. «Science», 174, 771 (1971).