

Los canarios en la mina

Emilio Pérez

Emicorte@gmail.com

La expresión en inglés “the canary in a coal mine”, literalmente “el canario en la mina de carbón” se suele emplear como sinónimo de quien sirve de advertencia a los demás.

INTRODUCCIÓN

El 10 de marzo de 1906 se produjo la mayor catástrofe de la minería europea en las minas de la “*Compagnie des mines de Houille de Courrières*”, situada en el departamento de Nord-Pas de Calais (Francia) (Fig. 1). Ese día a las 6:34 horas una terrible explosión produjo el derrumbamiento de numerosas galerías y una mortífera e irrespirable atmósfera, consecuencia de los gases provocados por dicha explosión y los incendios consecuentes, causando la muerte de 1.099 mineros. Este suceso y muchos otros similares nos sirven de introducción para comprender el grado de peligrosidad que supone la presencia de gases, por entonces casi indetectables, en las minas de carbón, y la preocupación por encontrar métodos de detección temprana que evitasen desgraciados sucesos y la continua sangría de vidas de mineros por dichas causas.

LOS GASES EN LA MINA

En las minas, y en especial en las minas de carbón (Fig. 2), puede darse la presencia de numerosos gases, tanto fruto de los procesos naturales como generados por la actividad humana. En general puede decirse que todos ellos, salvo los componentes normales de la atmósfera (oxígeno, nitrógeno y argón) son nocivos o peligrosos según su concentración, aunque dependiendo de sus efectos resultan más o menos peligrosos.

Tipos de gases según su efecto

Los principales tipos de gases presentes en la mina se clasifican según su efecto en:

- *Explosivos*
- *Asfixiantes*
- *Venenosos*

Le Petit Journal

Le Petit Journal
CHACUN JOUR — 6 PAGES — 5 CENTIMES
Administration : 61, rue Lafayette

5 Centimes SUPPLÉMENT ILLUSTRÉ 5 Centimes

ABONNEMENTS

Le Petit Journal Militaire, Maritime, Colonial.... 10 cent.
Le Petit Journal agricole, 5 cent. * *La Mode* du Petit Journal, 10 cent.
Le Petit Journal illustré de La Jeunesse.... 10 cent.
On s'abonne sans frais dans tous les bureaux de poste

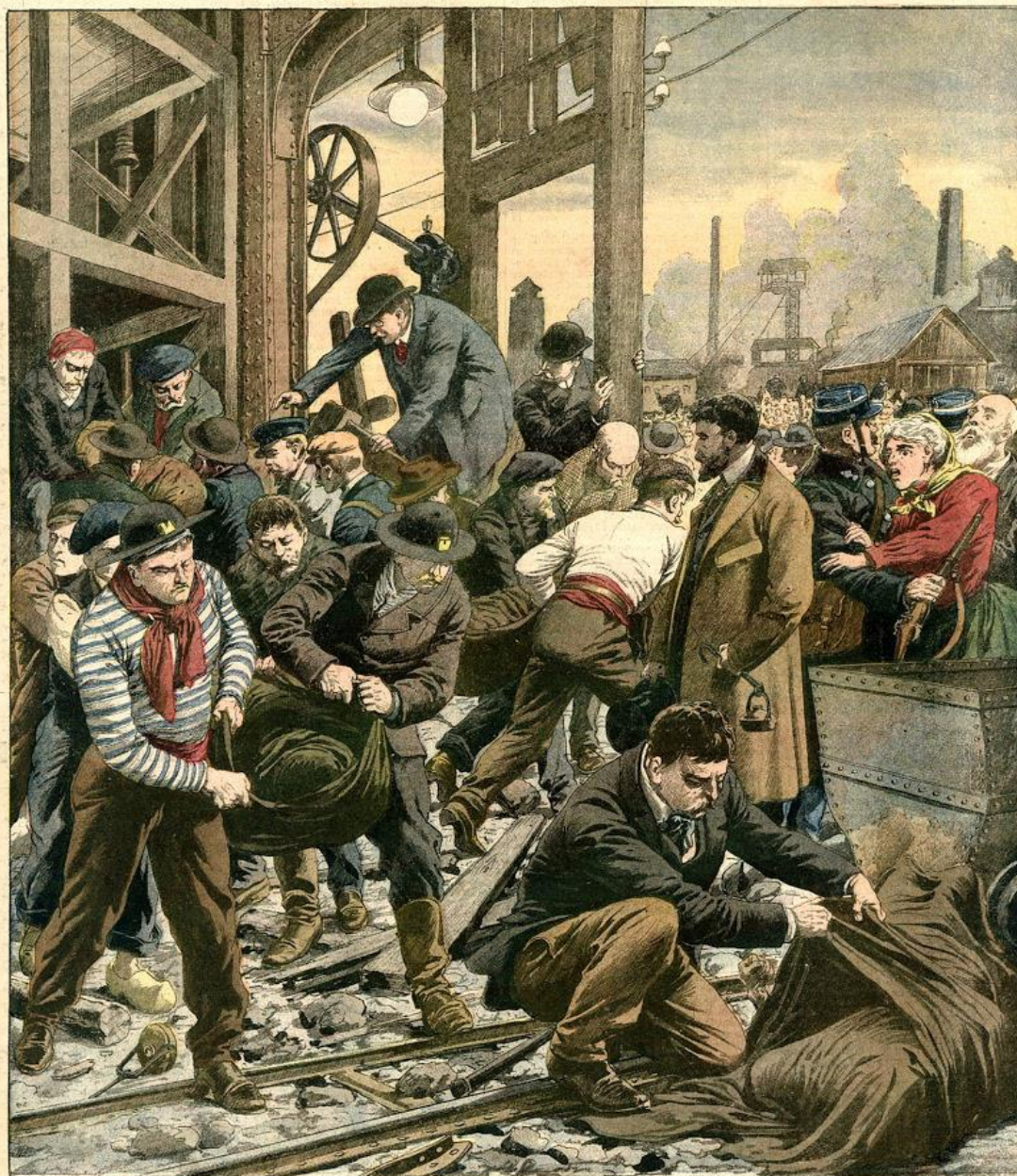
SIX MOIS UN AN
SEINE ET SEINE-ET-OISE 2 fr. 3 fr. 50
DÉPARTEMENTS..... 2 fr. 4 fr. 50
ÉTRANGER..... 2 50 5 fr. 50

Les manuscrits ne sont pas rendus

Dix-septième année

DIMANCHE 25 MARS 1906

Numero 801



LA CATASTROPHE DES MINES DE COURRIÈRES
Les corps des victimes sont amenés au jour

Figura 1

La catástrofe de Courrières, en la prensa de la época (Arch. E. Pérez)



Figura 2: Accidente con gas grisú (L. Simonin, 1867)

Explosivos

Son aquellos gases inflamables, que dependiendo de su concentración en el aire pueden producir una deflagración o explosión, siendo la diferencia entre ambas la velocidad de propagación del frente de la llama.

Una combustión es una reacción química en la que el oxígeno del aire (comburente) reacciona con un combustible generando calor, que a su vez sirve para propagar dicha reacción al combustible que se encuentre a su alcance (propagación). La diferencia entre deflagración y explosión es que en las deflagraciones, la velocidad en que el frente de llamas avanza es inferior a la velocidad del sonido; el tiempo que transcurre entre el inicio y la finalización de la misma, aunque parezca virtualmente instantánea, es finito y típicamente comprendido entre 100 y 200 milisegundos. Por el contrario, en una explosión dicha velocidad es mucho más elevada, superando la velocidad del sonido (característica que provoca el típico estruendo).

Estas características hacen que en el caso de las explosiones no se pueda disponer de elementos que limiten sus consecuencias en el caso de producirse, ya que no se dispone del tiempo de respuesta adecuado (no se puede apagar el incendio ni limitar su propagación), además de que las presiones que genera son mucho más elevadas, provocando daños significativamente mayores.

En general los gases explosivos (Fig. 3) son hidrocarburos (metano, etano, propano, butano, etc.) y sus derivados, u otros gases como el hidrógeno.

Todos los gases explosivos tienen unos límites inferiores y superiores de inflamabilidad, siendo el Límite Inferior de Inflamabilidad (LII) la concentración mínima de gas en el aire por debajo de la cual la inflamación no es posible, y el Límite Superior de Inflamabilidad (LSI) la máxima concentración de gas en el aire por encima de la cual la inflamación tampoco no es posible.



Figura 3: Explosión en una mina (L. Simonin, 1867)

También hay que tener en cuenta otros factores como la Temperatura de Auto-ignición, siendo esta la temperatura mínima a la que una sustancia en contacto con el aire, arde espontáneamente sin necesidad de una fuente de ignición, o lo que es lo mismo a la que se produciría una explosión sin que mediase llama o fuente de calor alguna.

Asfixiantes

El aire que respiramos está compuesto aproximadamente por un 21% de oxígeno, 78% de nitrógeno y un 1% de otros gases (argón, neón, CO₂, etc.). El elemento más importante de los mismos es el oxígeno, ya que las células de nuestro cuerpo utilizan dicho gas para quemar el combustible (glucosa) y producir energía que permite funcionar a las células, tejidos y órganos del cuerpo (por ejemplo el cerebro) y seguir con vida.

Cuando el nivel de oxígeno en el aire desciende por debajo de determinada proporción comienza a ser insuficiente para satisfacer las necesidades del organismo y a producir síntomas que pueden llevar a la muerte por asfixia. Toda disminución sobre el citado porcentaje del 21% de oxígeno, da lugar a la aparición de una atmósfera sub-oxigenada con el consiguiente riesgo para el ser humano, situación que puede considerarse como peligrosa para concentraciones inferiores al 16% y que cuando desciende al 10%, el riesgo de muerte por asfixia es casi cierto.

Un gas asfixiante no es peligroso por producir por sí mismo ningún efecto sobre el ser humano, es decir no es tóxico, pero es peligroso si desplaza al oxígeno. Si en una determinada atmósfera introducimos un gas inerte o que no tiene peligro sobre nuestra salud por el mero hecho de respirarlo, esto hará que el porcentaje de oxígeno disminuya, y a mayor cantidad de dicho gas menor será la concentración de oxígeno, pudiendo llegar a ser tan baja esta última que se produzca la muerte por asfixia.

Venenosos

Un veneno es cualquier sustancia química dañina que puede producir una enfermedad, lesión, o que altera las funciones del organismo incluso provocando la muerte. Un gas venenoso es aquel que por el mero hecho de respirarlo, independientemente de otros factores como la concentración de oxígeno, puede producir lesiones o la muerte.



Figura 4: Ataque con gas mostaza durante la I Guerra Mundial (Arch. E. Pérez)

El clásico ejemplo para ilustrar estas sustancias lo tenemos en los terribles gases venenosos empleados en la primera guerra mundial y otros conflictos (gases de cloro, gas mostaza, etc.) (Fig. 4).

Principales gases peligrosos en las minas de carbón

Numerosos son los gases que pueden estar presentes en una mina, y más en una mina de carbón, aunque hay dos que destacan por ser los más frecuentes y los que mayor peligro y mayor número de tragedias han provocado:

- *Metano (CH_4)*
- *Monóxido de carbono (CO)*
- *Dióxido de carbono (CO_2)*

Metano (CH_4)

También conocido como grisú o gas de los pantanos, que se produce fundamentalmente por la descomposición de materia orgánica. El grisú tiene el mismo origen que el carbón y se forma a la vez que él. En el proceso de carbonificación, el carbón desprende diversos elementos, como hidrógeno, carbono y oxígeno, y provoca que se formen gases como el dióxido de carbono, el metano, etc.

Estos gases en parte quedan retenidos en la capa de carbón y estratos adyacentes. La mayor parte del grisú, el 95%, se encuentra dentro de la propia estructura esponjosa de la roca, encontrándose el otro 5% en los huecos formados por grietas y fracturas del propio carbón.

El grisú es más ligero que el aire, con lo cual en condiciones de poca ventilación puede acumularse en las zonas más altas de las galerías en concentraciones inflamables.



Figura 5: Accidente en el pozo Nicolasa (Fot. E. Urdangaray, 1995)

La gente se encontró por primera vez con las consecuencias de la presencia de metano en las minas en el siglo XVIII. En este momento, en el Reino Unido, la minería del carbón se convierte en un negocio rentable y, para aumentar los

volúmenes de producción, comienza el desarrollo de horizontes cada vez más profundos y, como se vio después, peligrosos. La primera muerte masiva de mineros conocida hasta la fecha tuvo lugar en 1705 en el condado de Durham, en el norte de Inglaterra. 30 personas se convirtieron en sus víctimas. La siguiente tragedia no se hizo esperar y ocurrió tres años después en la misma zona con una explosión en la mina Fatfield, donde murieron 69 trabajadores. La causa de estos incidentes fue el llamado "grisú" que reaccionaba al contacto con fuego abierto. Llegó a tal punto que los sacerdotes anglicanos, ante la bajada de los obreros a la mina leían oraciones en las que se mencionaba al maldito gas como descendencia del Diablo. Es un gas altamente inflamable y muy peligroso que ha causado grandes catástrofes en la minería, como la ya citada de Courrières o la explosión en el pozo Nicolasa de Mieres (Asturias) el 31 de agosto de 1995, que causó la muerte a 14 mineros (Fig. 5).

Tiene un Límite Inferior de Inflamabilidad del 5% de porcentaje en el aire, lo que supone que cuando alcanza dicha concentración cualquier chispa o fuente de calor puede provocar su ignición, siendo la concentración del 9,5% la más peligrosa, ya que es la mezcla que menos energía necesita para producir la explosión. Su temperatura de autoignición (aquella a la que el gas se inflama sin fuentes de calor externa) es de 537 °C.



Figura 6: Pozo Emilio del Valle (Fot. E. Pérez, 2020)

Por otra parte se trata de una sustancia que se puede absorber por inhalación, y al hacerlo, puede originar asfixia por la disminución del contenido de oxígeno en el aire, conllevando una pérdida de conocimiento del individuo e incluso de su muerte. El 28 de octubre de 2013 un desprendimiento instantáneo de un gran volumen de grisú en el pozo Emilio del Valle en Llombera (Pola de Gordón, León) (Fig. 6) hizo que la concentración de oxígeno cayese en el acto a menos del 1% según los técnicos, lo que causó la muerte instantánea a seis mineros.

Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono, cuya fórmula química es CO, es un gas incoloro, inodoro y altamente tóxico. Puede causar la muerte cuando se respira en niveles elevados. Se produce por la combustión deficiente (u oxidación incompleta) de sustancias como gas, carbón, petróleo o madera. Al ser inhalado, el monóxido de carbono (Fig. 7) se combina reversiblemente con la hemoglobina que hay disponible en la sangre. Normalmente, el oxígeno se combina con la hemoglobina y, seguidamente, es transportado a los tejidos del cuerpo para la oxigenación celular. La presencia de monóxido de carbono, sin embargo, produce una interferencia a este transporte normal de oxígeno, debido a que la hemoglobina tiene una afinidad por este gas que es aproximadamente de 200 a 300 veces mayor que por el oxígeno. Por consiguiente, cualquiera que sea la cantidad de monóxido de carbono, la hemoglobina se combinará con éste antes de hacerlo con el oxígeno. Esto da por resultado una falta de oxígeno a los tejidos que puede provocar daños irreversibles o la muerte.



Figura 7: Síntomas de la intoxicación por CO (Ministerio de Salud Pública de Argentina)

Una intoxicación leve por monóxido de carbono causa dolor de cabeza, náuseas, mareos, dificultad para concentrarse, vómitos, somnolencia y falta de coordinación. La mayor parte de las personas que padecen una intoxicación leve por monóxido de carbono se recuperan rápidamente cuando salen al aire fresco.

Una intoxicación moderada o grave por monóxido de carbono causa alteración del razonamiento, confusión, inconsciencia, convulsiones, dolor torácico, sensación de ahogo, hipotensión y coma. Por consiguiente, muchas víctimas no son capaces de moverse y deben ser auxiliadas.

La intoxicación grave por monóxido de carbono a menudo es mortal. El monóxido de carbono es muy peligroso porque la persona puede no darse cuenta de la somnolencia como síntoma de intoxicación. Por lo tanto, alguien con una intoxicación leve puede quedarse dormido y continuar respirando monóxido de carbono hasta que se produce un envenenamiento grave o la muerte.

El 26 de diciembre de 2020 en China 23 mineros fallecieron a consecuencia de una fuga de monóxido de carbono en una galería de carbón de Chongqing mientras realizaban labores de recuperación tras el cierre de la mina.

Otro aspecto del CO, no tan habitual o conocido pero igualmente peligroso, es su condición de gas inflamable y explosivo, teniendo unos límites de explosividad (en % de volumen en el aire) de 12,5 - 74,2 y una temperatura de autoignición de 605 °C.

El 12 de mayo de 2015 una gran explosión de monóxido de carbono mataba a 205 mineros en Turquía. El registro de los sensores, al que se ha podido acceder por los ordenadores incautados por el Fiscal en su investigación, mostraron un nivel muy alto de monóxido de carbono dos días antes de la tragedia, pero la dirección de la mina no tomó ninguna medida al respecto.

Dióxido de carbono (CO₂)

El CO₂ o anhídrido carbónico sin olor ni color, con un sabor ligeramente ácido, es 1,5 veces más pesado que el aire y soluble en agua. El anhídrido carbónico es un estimulante de la respiración, por lo que es fisiológicamente activo y no se le puede clasificar entre los gases inertes, aunque no es altamente tóxico. Su propiedad estimulante de la respiración es aprovechada en algunos aparatos para respiración artificial.

La presencia de 0,5% de anhídrido carbónico en el aire normal causa ligero aumento en la ventilación de los pulmones; la persona expuesta a esta pequeña cantidad de anhídrido carbónico respirará más profundamente y ligeramente más aprisa que estando en aire puro. Si el aire contiene 2% de anhídrido carbónico, la ventilación de los pulmones aumentará en 50% aproximadamente; si el aire contiene 5% de dicho gas, la ventilación de los pulmones aumentará en 300%, haciendo que la respiración sea fatigosa.

El anhídrido carbónico se forma en las minas subterráneas durante la putrefacción de la madera, descomposición de rocas carbonatadas por aguas ácidas, trabajo con explosivos y por combustión. En puntos de deficiente ventilación, las concentraciones de este gas resultan peligrosas y debido a su densidad se acumula principalmente en los puntos más bajos de las labores mineras.

EL INICIO DE LOS SISTEMAS DE DETECCIÓN

Por todo lo anterior se comprende el enorme interés en desarrollar sistemas que advirtiesen de la presencia de dichos gases en concentraciones pequeñas, que todavía permitiesen a los mineros ponerse a salvo antes de que la atmósfera se volviese letalmente peligrosa, en especial en lo referente al grisú.

La emanación de gases tóxicos en las galerías cobraba muchísimas vidas y la causa más frecuente de intoxicaciones, además del grisú que provoca explosiones, era la presencia de altas concentraciones de monóxido de carbono (CO).

Algunos gases “avisan”, dan pistas sobre su presencia: así por ejemplo bajas concentraciones de metano podían en algunos casos anticiparse por los cambios que se producían en las llamas que por aquél entonces se utilizaban

como fuente de luz. La ausencia de oxígeno (O_2) podía también presuponerse a partir de una disminución en el tamaño de la llama. E incluso un aumento de la concentración de CO_2 podía inferirse por un aumento de la frecuencia respiratoria del propio minero.

Sin embargo; el CO es un asesino silencioso, nada advierte su presencia y las consecuencias son gravísimas pues supone la muerte de los mineros y no solo de ellos sino de cualquier equipo de rescate que descienda a las galerías.

Antes de disponer de sistemas que detectasen la presencia de metano en la atmósfera de la mina se optaba por producir fuentes de ignición para que en caso de haber concentraciones relativamente pequeñas de grisú, producir la inflamación del mismo antes de que su concentración llegase a ser explosiva. Un clásico ejemplo la tenemos en la figura del “Penitente” (Fig. 8), una persona (generalmente un preso que así redimía condena) envuelto en sacos mojados a modo de protección que entraba a las labores antes que los mineros, portando una llama que acercaba a la veta de carbón con el fin descrito.



Figura 8: El Penitente (L. Simonin, 1867)

Un gran paso fueron las lámparas de seguridad como la lámpara de Geordie, con aire, suministrado a través de tubos estrechos a través de los cuales la llama no podía moverse, o la diseñada por Humphry Davy en 1815 (Fig. 9). La malla de metal permitía la entrada del grisú (metano) pero impedía que la llama se propagara fuera de ella provocando grandes deflagraciones. La intensidad del azul que adquiría la llama en contacto con el metano era un indicador de la concentración del gas en el aire y, por tanto, un aviso del peligro a que se enfrentaban los mineros.

Un invento verdaderamente innovador fue la lámpara de gasolina de Karl Wolf, diseñada ya a finales del siglo XIX. El advenimiento de un dispositivo de seguridad de este tipo, que brillaba intensamente y no emitía hollín, salvó miles de vidas. Entre los mineros de esa época, se la llamaba nada más que la

"Benefactora". El inventor combinó los logros de sus predecesores en una lámpara. Tenía una red de seguridad, un cilindro de vidrio alrededor de la llama, un suministro de aire inferior y un obturador que se abre solo con un imán que pesa más de 10 kilogramos (Fig. 10). Cada minero podía volver a encender la lámpara si se apagaba sin ponerse en peligro ni a sí mismo ni a sus compañeros. Además, el diseño también sirvió para determinar la presencia de grisú. Para ello, había que debilitar la llama de la lámpara y elevarla hasta el techo de la obra. Si apareció un halo azul alrededor, entonces hay metano en el aire.



Figura 9: Primer modelo de lámpara Davy /Fot. SPL/AGE Fotostock)



Figura 10: Lámparas de gasolina (Fot. Museo Minero de San Petersburgo)

El sensor catalítico fue el primer detector de gases que se asemeja a la tecnología moderna. Los sensores funcionan según el principio de que cuando un gas se oxida, produce calor. El sensor catalítico funcionaba detectando un cambio de temperatura, que es proporcional a la concentración del gas. Aunque esto fue un gran paso adelante para la detección de gases, aún requería que alguien manipulase manualmente el sistema para obtener una lectura actualizada.

También se han inventado buen número de aparatos capaces de advertir automáticamente la presencia del peligroso gas. El indicador Monnier, por ejemplo, lanzaba al aire periódicamente chispazos eléctricos que provocaban la explosión del grisú en cuanto aparecía. Por otro lado, el indicador Forbes, basado en la modificación que la presencia del gas explosivo imprime en la tonalidad de un diapasón no era ni más sencillo ni más exacto que el de Monnier. En cuanto al grisúmetro de Coquillon, fundado en la propiedad que tiene un hilo de platino calentado al rojo blanco de provocar sin explosión la combustión del grisú, constituye un instrumento de laboratorio tan frágil como delicado. Ninguno de ellos se puede considerar un éxito en cuanto a funcionamiento eficaz y sin constituir un peligro en sí mismo.

A finales de la década de 1930 comenzaron a utilizarse los primeros tubos Dräger (Fig. 11). La idea era simple: una bomba desvía una cierta cantidad de aire ambiente a través de un foco de vidrio en el que se encuentra un reactivo para determinado gas. Si hay un cambio en el color es que se ha producido dicha reacción, y por tanto el gas en cuestión se encuentra presente en la atmósfera.

No obstante, estos sistemas descritos y otros similares presentaban varios problemas para su uso generalizado: aún no estaban suficientemente perfeccionados en algunos casos, en otros el peligro que suponía su utilización no compensaba su objetivo y, principalmente, no estaban al alcance económico de todas las empresas, por lo que durante muchos años se siguieron utilizando los canarios como método de detección, o coexistiendo estos con otros métodos.



Figura 11: Tubos colorimétricos Dräger (Arch. E. Pérez)

ANIMALES EN LA MINA

Los mineros están inmersos a un trabajo llenos de riesgos producidos por la presencia de gases tóxicos en el área de trabajo tales como metano, dióxido de carbono, y monóxido de carbono. Sin embargo en gran parte de los incidentes la primera advertencia detectable sobre la presencia de gases en la atmósfera eran los efectos de los mismos, bien provocando deflagraciones, bien mediante sus efectos fisiológicos sobre las personas. Ello motivó el uso de seres vivos como detectores, que acusasen antes que los humanos el efecto de dichos gases y sirviesen de alarma ante la presencia de los mismos antes de que su concentración resultase peligrosa para las personas. La sugerencia de usar animales centinelas, y en este caso canarios, vino de John Scott Haldane (Fig. 12), fisiólogo y médico nacido en Edimburgo el 3 de mayo de 1860, y autor de numerosos experimentos (que llevó a cabo utilizándose a sí mismo como conejillo de indias) los que permitieron reconocer al CO como el principal agente causante de la asfixia de los mineros y fue él quien ideó la estrategia de utilizar animales centinela, en este caso canarios o ratones blancos, para que sirvieran como alarma en el caso de que la concentración de gases peligrosos se incrementase hasta límites no deseables.

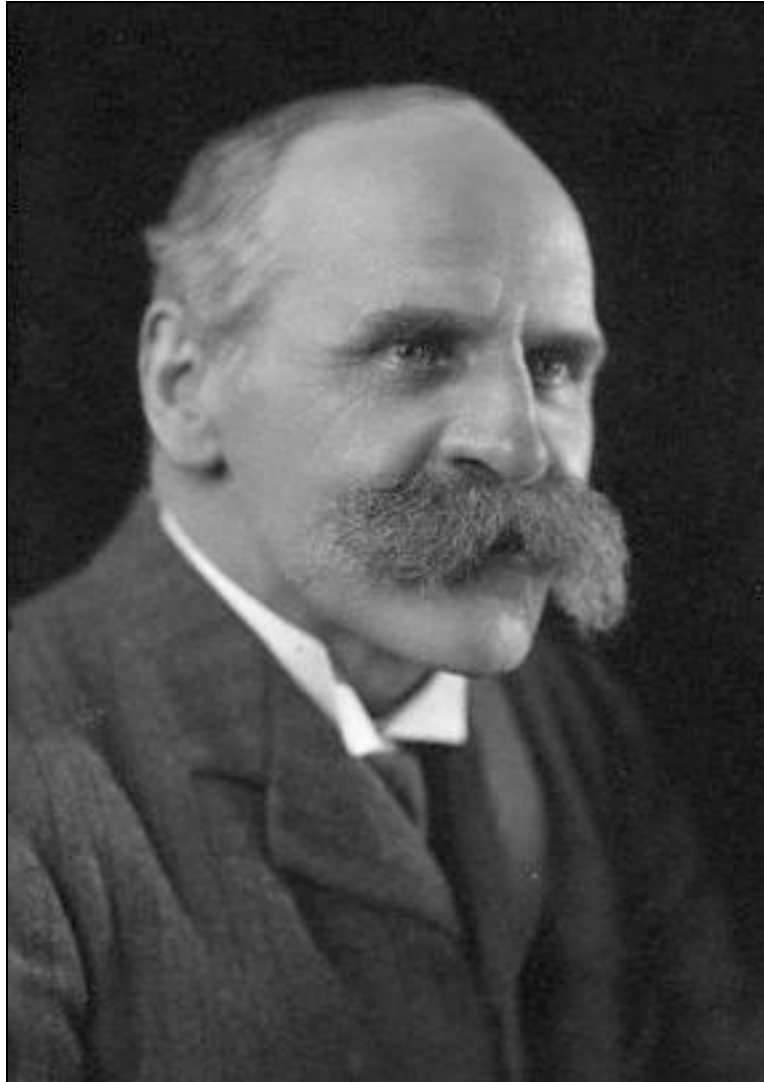


Figura 12: John Haldane (Fot. Wikipedia)

En 1896 investigó para el Ministerio del Interior la causa de la muerte en tres explosiones de minas de carbón, y su informe, que fue posteriormente traducido a varios idiomas, fue de fundamental importancia en el desarrollo de medios para combatir los peligros derivados de la presencia de gases explosivos o asfixiantes en las minas, haciendo especial hincapié en el hecho de que los animales pequeños, como los pájaros o los ratones, se ven afectados mucho más rápidamente que el hombre por el dichos gases y, por lo tanto, pueden utilizarse para advertir de un peligro.

En 1912 fue invitado a convertirse en director de un laboratorio de investigación fundado por los propietarios de las minas de carbón de Doncaster. En 1921, este laboratorio se transfirió a la Universidad de Birmingham, y poco después fue nombrado profesor honorario de esa universidad. Bajo su dirección este laboratorio realizó un gran número de investigaciones sobre asuntos relacionados con la seguridad e higiene de las minas de carbón, siendo publicado el grueso de este trabajo en las "Transacciones" de la Institución de Ingenieros de Minas. El minero tiene que correr muchos riesgos, y la reducción de estos riesgos y la preservación de un alto nivel de salud en las minas de carbón fueron causas que Haldane siempre tuvo en el corazón, y no se ahorró tiempo ni molestias cuando el bienestar del minero estaba en juego.

CANARIOS EN LA MINA

Lo que Haldane observó fue que animales pequeños como canarios o ratones respondían más rápidamente que los humanos a la presencia de estos gases. Especialmente los canarios presentan síntomas de atolondramiento muy manifiestos que avisan a los mineros de la presencia del CO o la disminución del nivel de oxígeno a causa de la presencia de grisú o de CO₂, y les permite abandonar las galerías peligrosas. Los ratones, también sensibles al gas, presentan un comportamiento menos vistoso y por lo tanto fueron menos utilizados para este fin.

¿Pero por qué es más sensible el canario que otros animales como ratones y otros pequeños mamíferos?

Hay que tener en cuenta que este pájaro presenta una ventaja y dos inconvenientes para enfrentarse al CO. Por una parte, la hemoglobina del canario tiene una afinidad 110 veces mayor por el CO que por el O₂, mientras que, como ya vimos anteriormente, la afinidad de la hemoglobina humana por el CO es 225 veces mayor que por el O₂. Esto explica que las personas manifiesten ya síntomas de intoxicación cuando el CO alcanza concentraciones de 200 ppm mientras que los canarios sólo los presentarán a partir de 600 ppm. Sin embargo; cuando la concentración supera las 2.000 ppm (0,2%) el canario muestra síntomas muy agudos muy rápidamente mientras que una persona debería estar inhalando esa proporción de gas durante al menos 30 minutos para verse seriamente afectada.

La razón la hallamos en dos factores propios de las pequeñas aves: su rápido metabolismo y la anatomía de su aparato respiratorio.

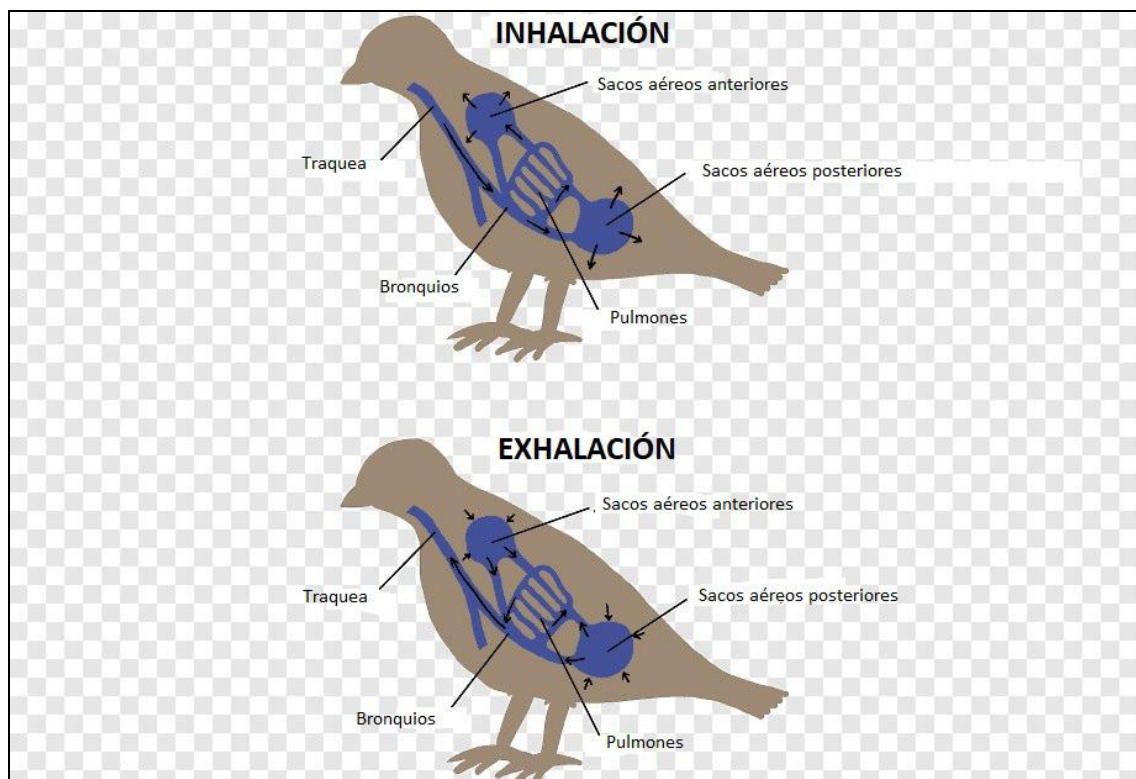


Figura 13: Estructura anatómica del aparato respiratorio de las aves (Elaboración propia)

El nivel metabólico basal de las aves es el mayor de todos los vertebrados: crecen muy rápido, vuelan grandes distancias, buscan alimento constantemente y tienen una temperatura varios grados más alta que la de los mamíferos (la temperatura normal de un canario es de 42 °C), por ello por cada gramo de ave, la necesidad de oxígeno es mucho mayor de la que tenemos los humanos.

Otro aspecto que hace al canario más sensible a la intoxicación por CO se halla en la estructura anatómica y fisiología del aparato respiratorio de las aves.

En los mamíferos el aire inspirado aporta O₂ a los pulmones y de ahí se distribuye al resto del cuerpo a través del sistema circulatorio. Por otra parte, el aire espirado contiene CO₂ fruto del metabolismo y es eliminado.

Las aves necesitan mucho O₂ para proveer a los músculos que les permiten volar y, por otra parte, algunas especies vuelan a grandes alturas donde la concentración de oxígeno es menor, por ello necesitan maximizar la respiración. Y esto lo consiguen mediante una estructura denominada sacos aéreos. Como su nombre indica, los sacos aéreos son elementos anatómicos en forma de bolsa que el ave tiene situadas en el abdomen y tórax. Estas bolsas sirven como reservorio de aire y permiten al ave que tanto durante la inspiración como en la espiración el aire que llega a los pulmones esté cargado de O₂, tal y como puede observarse en la figura (Fig. 13).

Durante la inspiración de las aves el aire –rico en O₂– pasa por los pulmones y rellena también los sacos aéreos posteriores. Al espirar, el aire de los sacos aéreos posteriores –rico en O₂– se dirige a los pulmones, mientras que el aire cargado de CO₂ escapa de los pulmones a los sacos aéreos anteriores. Por tanto, tanto al inspirar como al espirar los pulmones recibirán aire rico en O₂.

Tener los pulmones expuestos al aire tanto en la inspiración como en la espiración tiene como consecuencia que cualquier tóxico presente en el ambiente se acumulará antes en las aves que en los mamíferos, acusando primero su presencia.

El uso de estos animales para detectar gases en las minas ha quedado recogido en numerosos testimonios y publicaciones. En la edición del 20 de mayo de 1918 de la revista madrileña *Alrededor del Mundo* se menciona un caso de intento de sistematización del uso de los canarios en minas de hulla norteamericanas:

“Los gases inflamables que se desprenden de los yacimientos hulleros causan en las minas formidables explosiones de grisú, y es más que lógico que las compañías que explotan las minas de carbón se hayan preocupado desde hace mucho en buscar algún remedio, si no al mal, por lo menos algo que indique la presencia del gas y el peligro de la explosión, y los técnicos han dictado alguno. El más sencillo consiste en bajar la mecha de la lámpara de seguridad a tres milímetros y tapar con el dedo el cuerpo de la llama. Ésta, en caso de peligro, disminuye de brillo y después se rodea de una aureola blanquecina característica. Los mineros experimentados notan enseguida por este medio la presencia del grisú en cuanto la proporción de este gas en las galerías llega a un tres por ciento. Desgraciadamente, la presencia de un poco de ácido carbónico suele a veces hacer fracasar estos indicios.

El Consejo Superior de Minería de los Estados Unidos ha aconsejado un método más práctico, que consiste en el uso de canarios para salvar a los mineros. Dos ingenieros canadienses, Nasmith y Graham, habían ya estudiado los efectos del grisú sobre ciertos animales como los canarios, ratones y conejillos de indias, y de sus estudios experimentales dedujeron que el canario era el indicador más sensible. Uno de estos pajaritos, colocado en una atmósfera que contenga un 0,15 por 100 de óxido de carbono, comienza a sentirse inquieto al cabo media hora y cuando la proporción del gas tóxico llega solamente a 0,20 o a 0,25 por 100 el canario muere en pocos minutos.

El citado Consejo de Minas, al conocer los experimentos llevados a cabo por los dos ingenieros del Canadá, prepararon varias jaulas con canarios y las bajaron a las galerías sospechosas de las minas y vieron que, en efecto, estas aves morían asfixiadas en cuanto la proporción de grisú era de más del 20 a 25 por 100, mientras que los mineros no sentían aún efecto alguno del venenoso gas.

Ahora, antes de que los mineros vayan a las galerías, bajan dos hombres provistos de aparatos respiradores y exploran la mina con canarios. En cuanto ven que las aves empiezan a sentir un principio de asfixia, meten al pajarito en una jaula especial en la que una corriente de oxígeno reanima a la víctima.”

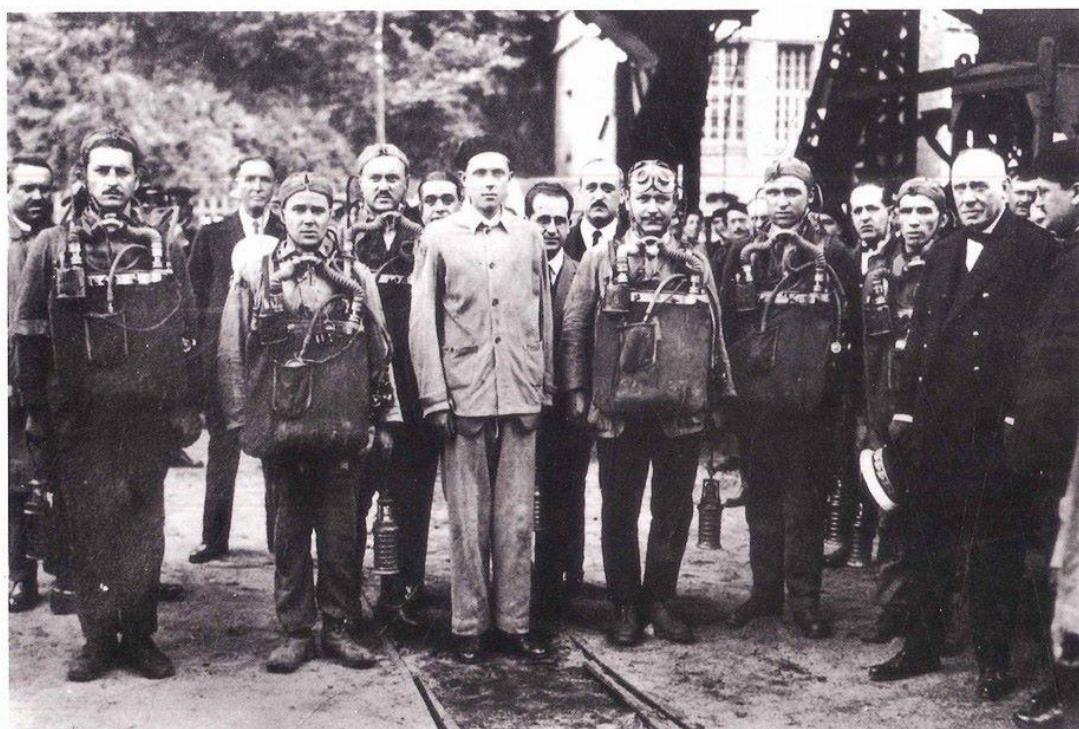
Durante un periodo de casi un siglo —entre 1890 y 1980— los mineros ingleses y de otras partes del mundo acostumbraban introducir canarios en las minas para detectar la presencia de gases tóxicos imperceptibles para un ser humano. Estos pájaros son especialmente sensibles a estas emanaciones que se generaban frecuentemente después de explosiones o incendios dentro de las minas (Fig. 14). Cualquier signo de afectación en el ave era una señal para evacuar la mina.



Figura 14: Mineros con un canario, a principios del siglo XX (Col. E. Pérez)



Figura 15: Rescatista de una mina en Gran Bretaña con canario (Col. E. Pérez)



VISITA DEL PRÍNCIPE DE ASTURIAS, D. ALFONSO, AL POZO DEL FONDÓN EL DÍA VEINTE DE AGOSTO DE MIL NOVECIENTOS VEINTICINCO, ACOMPAÑADO DE LA BRIGADA DE SALVAMENTO Y DIRECTIVOS DE DURO-FELGUERA

Figura 16: Brigada de Salvamento en el pozo Fondón, en 1925 (Fot. Álbum fotográfico Langreo en el pasado. Recopilación de José Fernández)

No solamente el uso de dichos animales se limitaba a la rutina diaria en las minas, sino que también era fundamental en el trabajo de los equipos de rescate. Tras un desastre de esta naturaleza los rescatadores descendían a las minas con un canario dentro de una jaula para proteger sus vidas durante las tareas de salvamento (Fig. 15).

Estudiando a modo de ejemplo su uso en las brigadas de salvamento de la cuenca central asturiana encontramos que el 4 de febrero de 1920 las principales empresas mineras del valle del Nalón acuerdan integrarse en la antigua brigada de salvamento de la Empresa Duro Felguera y constituir una estación central de salvamento minero para dicha comarca (Fig. 16), que queda constituida y ubicada en las instalaciones del pozo Fondón, en la localidad de Sama de Langreo. siendo en esos momentos las empresas asociadas: la Sociedad Metalúrgica Duro Felguera, Minas de Langreo y Siero, Sociedad Carbones de La Nueva, Sociedad Carbones Asturianos, Minas de San Vicente, Minas de Escobio, Sociedad Nespral y Compañía, Sociedad Dionisio Nespral y Compañía, Sociedad Coto Musel, Minas del Pontico, Sociedad Orueta e Ibrán y Sociedad Vigil Escalera y Compañía.

La Estación central se constituye con un presupuesto de 150.000 ptas, y un gasto mensual de 4.000. Entre el material adquirido, como modernos equipos de respiración Proto o Dräger se encuentran 6 jaulas especiales de duraluminio con botella de oxígeno para canarios, que pesan 5,50 kg.



Figura 17: Brigada de Salvamento del Caudal, en el pozo Santa Bárbara de Turón, en 1958.
(Col. E. Pérez)



Figura 18: Coexistencia de dos épocas: tubos Dräger y canario (Col. E. Pérez)

Sin embargo el método del canario no deja de ser un tanto rudimentario, por lo que al menos a nivel de los equipos de rescate se va sustituyendo o complementando con otros aparatos según avanza la técnica. Así pronto se dota a la furgoneta de intervención de dicha Brigada Central de Salvamento Minero con detectores de atmósferas de grisú eléctricos, entre ellos el León, tipo Montluçon, el Wetterliechl y el de la Concordia, así como con detectores de monóxido de carbono por el procedimiento yodo-sulfúrico, en lugar de utilizar los pájaros y ratones como principal método de detección.

Posteriormente, y en vista del éxito de la Brigada de Salvamento existente en el valle del Nalón se acuerda la constitución de otra similar para las empresas mineras del valle del Caudal. La citada entidad quedó constituida el 22 de marzo de 1940, por las siguientes empresas:

- En Aller, Sociedad Industrial Asturiana “Santa Bárbara”, Sociedad HulleraEspañola, Velasco Herrero Hermanos y mina Victoria (Fig. 17).
- En Mieres, Sociedad Fábrica de Mieres, Sociedad Hulleras del Turón, SociedadOrtiz Sobrinos y Viuda de Luis García Noriega.
- En el valle del río Llamo, Hulleras de Riosa
- Como adheridas las siguientes empresas: minas de Piñeres (de la Sociedad DuroFelguera), Minas de Figaredo y minas de Carraluz (Lena).

La base central de operaciones queda establecida en un edificio de dos plantas en una parcela de la finca “El Barredo”, propiedad de la Sociedad Fábrica de Mieres. Dicho edificio constaba de las siguientes dependencias:

- Sala de estar del personal para el tiempo libre
- Taller de mantenimiento de los aparatos de salvamento; salas de depósito y cargas de
- los mismos
- Galería con jaulas de los canarios que fueron utilizados como detectores de gases

El 5 de agosto de 1970, quedó disuelta, unificándose las dos Brigadas en una sola Brigada, adoptando la denominación de “*Asociación de Salvamento en las Minas*”, conservando como centro de trabajo la Estación de salvamento en el pozo Fondón, y unificando plantillas y medios técnicos, que eran similares, cuando no iguales. En esas fechas se adquirieron modernos aparatos de detección y medición de gases (CO y CO₂), abandonando definitivamente la utilización del pájaro (canarios) (Fig. 18).

JAULAS PARA CANARIOS

Al principio en jaulas rudimentarias de madera y más tarde en jaulas con barrotes metálicos se fue generalizando el uso de canarios en las minas de carbón (Fig. 19).



Figura 19: Jaula de canario en la mina (Fot. Museo de la Minería de Lota, Chile)



Figura 20: Minero con su canario (Col. E. Pérez)

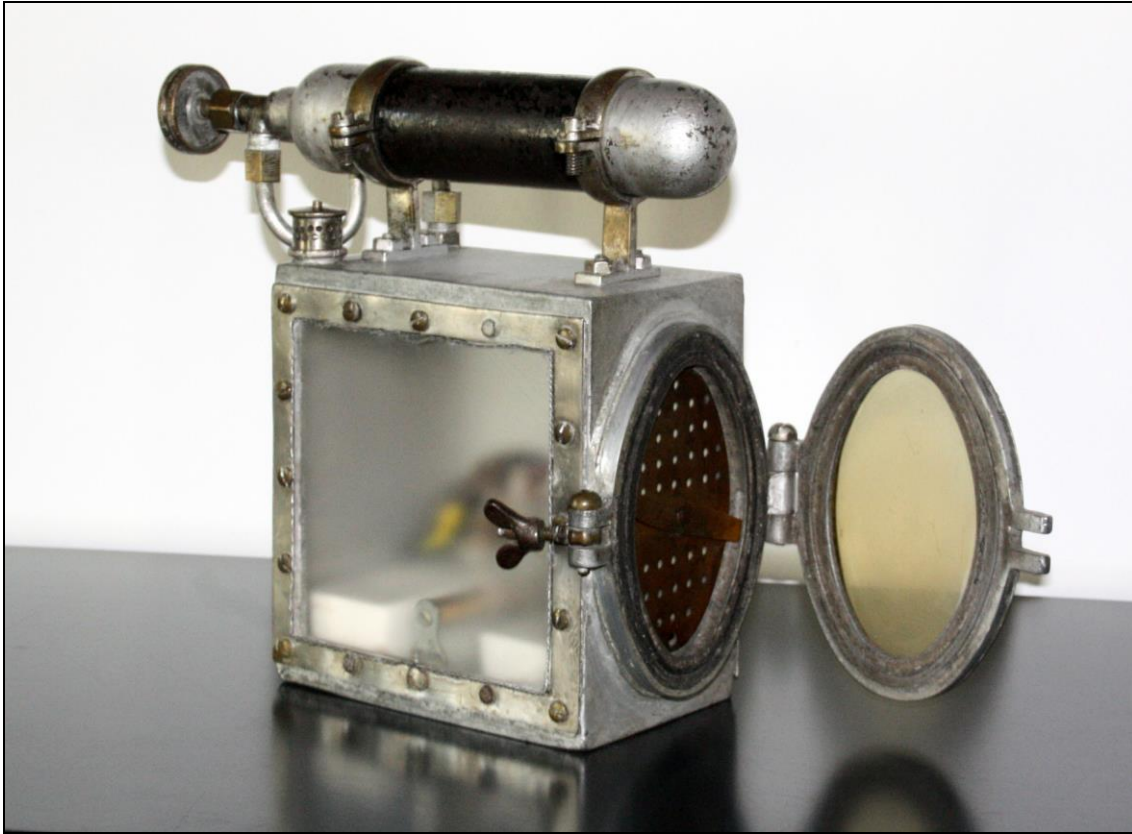


Figura 21: Jaula de Haldane (Museo de la Siderurgia y la Minería de Castilla y León)



Figura 22: Jaula con canario (Museo de Ciencia e Industria de Manchester)

De aquella solución, evidentemente surgía otro problema, y era la muerte de estos pequeños animales (Fig. 20), lo que suponía una carga económica para la empresa y en numerosas ocasiones un componente afectivo desagradable para los mineros, que establecían vínculos afectivos con dichos animalitos.

Fue entonces cuando nació el resucitador de canarios, o jaula Haldane.

Este consistía en una especie de pecera hecha de metal y vidrio con una puerta circular que se dejaba abierta al ser introducida a la mina. Esta apertura tenía una reja para que el animal no pudiera escapar. Si el canario daba signos de envenenamiento, la puerta circular se cerraba inmediatamente y se inyectaba oxígeno por una válvula que provenía de un tanque colocado en la parte superior de la jaula para así revivirlo (Figs. 21 y 22).

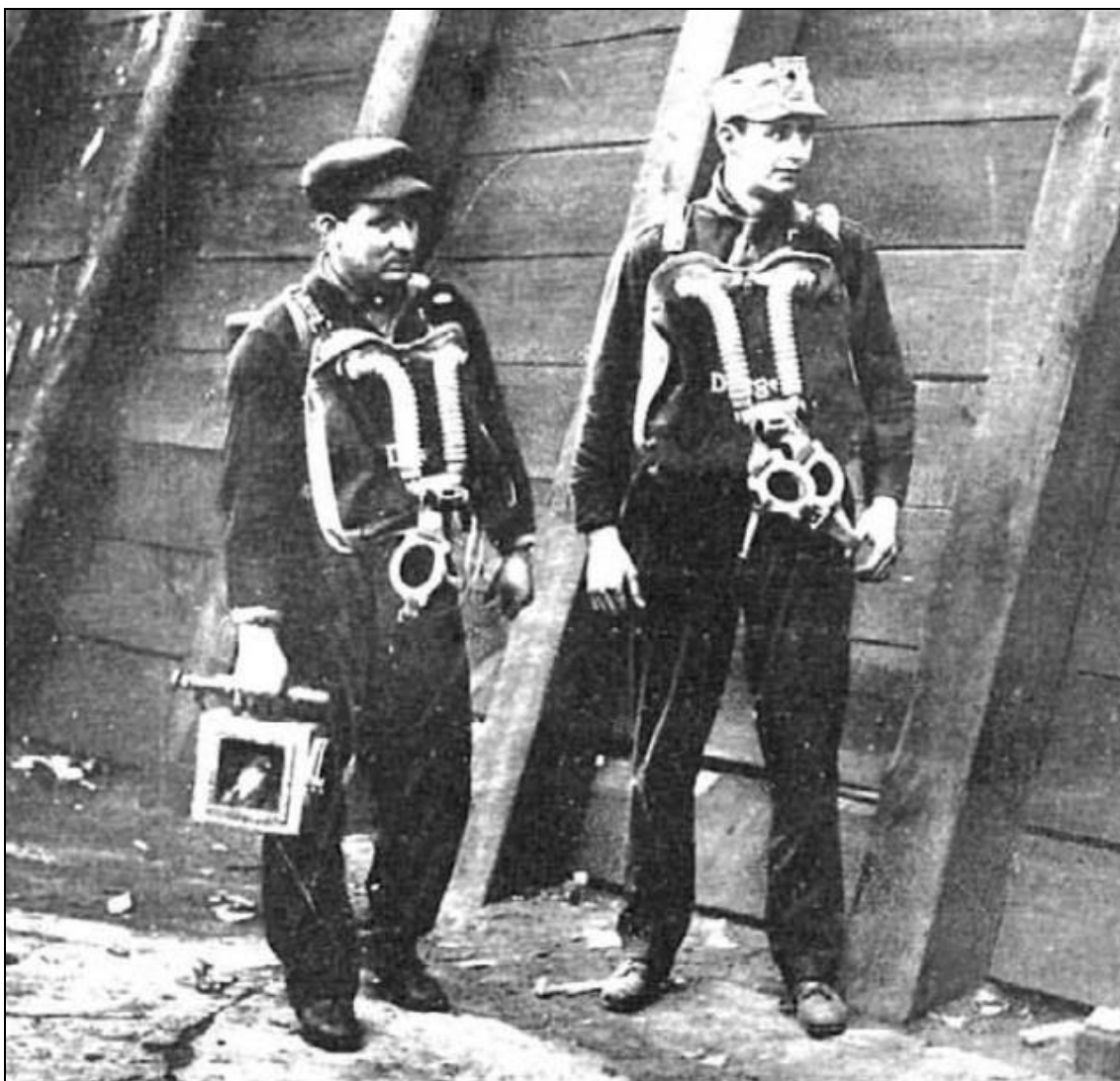


Figura 23: Mineros con canario en jaula Haldane (Rev. Alrededor del Mundo, 1918)

Esta práctica pervivió casi 100 años, hasta que en la década de los 80 del siglo XX la tecnología acabó con esa cruel práctica. Sin embargo, el que alguien se haya molestado en desarrollar un invento que al menos evitase la muerte del animal aporta una nota positiva a la impagable labor realizada por muchos animales para proteger las vidas humanas en las minas de carbón (Figs. 23 y 24).



Figura 24: Brigada de Salvamento del pozo Herrera en Sabero, en la que se aprecia una jaula de Haldane (Museo de la Siderurgia y la Minería de Castilla y León).