



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA**

“ARMAS QUÍMICAS EN LA PRIMERA GUERRA MUNDIAL”

TRABAJO MONOGRÁFICO DE ACTUALIZACIÓN

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERA QUÍMICA**

PRESENTA

ANDREA ORTEGA FUERTE



CIUDAD DE MÉXICO, JUNIO 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: BENJAMIN RUIZ LOYOLA
VOCAL: JOSE MANUEL MENDEZ STIVALET
SECRETARIO: JOSE LANDEROS VALDEPEÑA
1er. SUPLENTE: MARIA KENIA ZAMORA ROSETE
2° SUPLENTE: SUSANA DIANA PERALTA MIRANDA

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: FACULTAD DE QUÍMICA

ASESOR DEL TEMA:

Q. BENJAMIN RUIZ LOYOLA

SUPERVISOR TÉCNICO (Si lo hay):

SUSTENTANTE (S):

ORTEGA FUERTE ANDREA

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

“Never give in, never give in, never, never, never, never—in nothing, great or small, large or petty—never give in except to convictions of honor and good sense.”

Cuando Winston Churchill sirvió de pilar para Inglaterra contra la Alemania Nazi, nunca se imaginó que sus palabras resonarían en la vida de muchos incluidos, como yo. Su frase ha sido un pilar en mi vida de forma consistente, sobre el ejemplo de nunca rendirse a la adversidad. Vivo constantemente en varios mundos. He peleado contra dragones en Skyrim y he sobrevivido un apocalipsis atómico en un futuro alterno. He perdido contra Italia y España para por fin ganar en Brasil la copa del mundo. He viajado al pasado para conocer a Juana de Arco, a Cleopatra y a Nelson y he viajado al futuro entre las estrellas con el capitán James Kirk. Son mundos increíbles que me han moldeado. Sin embargo, el más importante de todos es el mundo en el que tiene a todas las personas maravillosas que han marcado en mi vida y que he tenido la oportunidad de conocer. Todos ustedes han sido la mayor fuente de inspiración en mi vida, y quisiera agradecerse los:

A mis profesores y maestros de cada etapa en mi vida académica, quienes han ido enseñándome año con año el camino de aprender siempre más, desde temas de ciencias y humanidades hasta temas sobre la vida. Gracias a Benjamin, por apoyarme desde el principio, a contestar todas mis preguntas y dirigirme en la dirección correcta, pero sobre todo por siempre ayudarme en todo lo que pudo sin importar las situaciones externas.

A mis amigos, aquí en México como en el extranjero. Cada uno de ustedes me han dado un pedazo y se han vuelto en partes que estarán siempre en mi de cierto modo u otro. Danke an Miro und Thomas, weil sie immer bringen, mich zu lächeln. Merci Fatou, for your help with this work but mostly everything else you've always done for me including unconditional support. Gracias Victor, por descubrir y aprender juntos en la facultad como en Múnich, al apoyarme en mi estudio de campo.

A los Ortega, con los cuales comparto varios mundos únicos y divertidos, y quienes me han demostrado el significado de familia: nadie es abandonado u olvidado. Gracias a Adriana y a Charli por todos los libros prestados, las pizzas, ramens y juegos de mesa compartidos pero sobretodo por reincluirme en sus vidas como si nunca me hubiera ido.

Pero el mayor agradecimiento de todos es para mi mamá. Nunca se dio por vencida y siempre supo salir adelante en cualquier situación. Me enseñó como manejar y enfrentarme a los problemas de la vida. Gracias por construirme una casa de Harry Potter en mi cama, por meterme a mil actividades en Canada, por introducirme a Star Trek, por organizarme fiestas increíbles de cumpleaños, por hacerme políglota, por darme la oportunidad de viajar, por siempre consentirme, por ser dos padres al mismo tiempo. Gracias mami, por enseñarme a ser fuerte y darme las herramientas que necesito para hacer mis sueños posibles.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	4
II.	ANTECEDENTES	8
III.	DESARROLLO	12
	3.1 Características	12
	3.1.1 <i>Lacrimógenos</i>	14
	3.1.2 <i>Sofocantes</i>	16
	3.1.3 <i>Vesicantes</i>	18
	3.1.4 <i>Otros</i>	20
	3.2 La Primera Guerra Mundial	23
	3.3 Tipos de Dispersión	39
	3.4 Protección	43
	3.5 Industria	55
	3.5.1 <i>Lacrimógenos</i>	56
	3.5.2 <i>Sofocantes</i>	58
	3.5.3 <i>Vesicantes</i>	61
IV.	DESPUÉS DE LA GUERRA	63
	4.1 Periodo de Entre Guerras	63
	4.2 Después de la Segunda Guerra Mundial	66
V.	CONCLUSIONES	67
VI.	BIBLIOGRAFÍA	69

I. Introducción

El tiempo presente se puede definir como una gran consecuencia de varias acciones que, en conjunto, como humanidad, se han llevado a cabo al hilo del tiempo. Los avances tecnológicos se han dado de forma constante desde la antigüedad. Sin embargo, estos descubrimientos no siempre se dieron de forma pacífica. Nos hemos reducido como individuos, estados y sociedades al recurso de la guerra para obtener territorios y riquezas. A raíz de la necesidad de sobrevivir, se ha investigado exhaustivamente la mejoría de las armas, diseñadas para definir la victoria contra el adversario. Uno de los eventos más importantes se debe esencialmente al desarrollo de las armas químicas, una fuerza que el hombre no supo cuánto cambiaría los campos de batalla en los años posteriores.

En la actualidad, la guerra pinta una imagen devastadora la cual incluye todos los métodos de destrucción; bombas, tanques, soldados y gases, entre otros. Cómo Albert Einstein dijo: "No sé cómo será la tercera guerra mundial, solo sé que la cuarta será con piedras y lanzas" ⁽¹⁾ nos describe que hemos llegado a tal punto donde la

tecnología ha llevado a la humanidad a un acercamiento a la destrucción demasiado alarmante. A causa de esto, el siglo XX se ha caracterizado por el surgimiento de varios movimientos hacia la paz condenando la guerra. Es curioso pensar que a pesar de ser una actividad terrible la cual implica sufrimiento muerte, históricamente se le ha considerado hasta un arte. No fue hasta 1914 que el hombre vio el cambio del concepto glorioso de la guerra a la pesadilla que hoy en día viven muchos soldados.

La química ha jugado un papel fundamental en las vidas de los hombres desde los principios de éste mismo. Desde la pre-historia con las aleaciones de bronce para las herramientas y útiles, no ha sido la excepción para los conflictos bélicos, buscando apoyo en esta ciencia exacta. Como científicos, recae en nosotros la responsabilidad de poner el límite de la creación de armas con la capacidad de destrucción masiva a partir de la ciencia. Éste es el propósito del proyecto, el cual busca investigar sobre la evolución de los procesos de dichas armas en el periodo de la '*Gran Guerra*', la cual transcurrió entre 1914 y 1918. Hoy en día, la industria química es una de las más importantes para las sociedades, lo cual no siempre fue así.

Las armas químicas se traducen a gases como líquidos volátiles empleados para crear condiciones ambientales difíciles y peligrosas. Su impacto por las fuerzas militares en aquél periodo tuvo consecuencias que se observaron en las décadas que siguieron. Incluso con las situaciones armadas actuales del mundo las armas químicas son el producto de los avances realizados por los investigadores de hace casi ya un siglo. Para poder entender los conflictos que se presentan hoy en día, es necesario analizar los orígenes y los desarrollos de la química como armas de la humanidad. La comprensión de cómo los procesos químicos de producción de gases llegaron a ser utilizados con el propósito militar durante el periodo referido nos pueden ayudar a comprender mejor la situación del mundo en el que vivimos y a crear una conciencia del lado bélico de la Química. Ese es el beneficio que aportará este proyecto para el área de Ingeniería Química.

Al recaudar toda la información de diversas fuentes, lograremos presentar y compartirle a la comunidad científica la importancia del pasado y del impacto que puede tener en el futuro. Tal es el caso de Fritz Haber, científico alemán famoso por su proceso Haber-Bosch, al haber convertido el cloro en arma química.⁽¹⁴⁾ La dualidad de sus creaciones sirven de lección para todos los que buscan crear y para reflexionar sobre las consecuencias de estos inventos. El científico debe ver más allá del momento histórico y pensar en las consecuencias más allá de las condiciones diplomáticas y gubernamentales, que, al fin de cuentas, son temporales. Debe concentrarse en el impacto que tiene en su relación con la humanidad. La única manera de aprender para el futuro es estudiando los errores del pasado y no dejar que estos se repitan.

Personalmente, este proyecto me aportará la posibilidad de compartir conocimientos

para otras personas en mi entorno, así educándolas sobre la responsabilidad que compartimos como científicos. Gracias al trabajo de investigación realizado, podré marcar una diferencia para aquellos que quieran escuchar. A través de la historia, las armas químicas fueron tratadas como métodos sin honor y evitados, todo cambió al llegar al punto de la desesperación en 1914 de las trincheras. Los científicos se cegaron al panorama en grande al acudir a un arma incontrolable, lo cual me lleva al propósito del proyecto: asegurarnos de que esta lección no se olvide. Es de suma importancia para mí, no dejar que los errores de nuestros antepasados sean olvidados, ya que ese es el objetivo de estudiar historia y aprender de los errores, incluyendo en todas las áreas importantes de nuestro día a día como es la química.

El objetivo general de este proyecto de investigación es entender la manera en la cual los procesos de producción de armas químicas tuvieron el desarrollo que los llevo a ser lo que hay en la actualidad, y entender su origen y consecuencias. Se hará una selección de los documentos más importantes para nuestro trabajo, basándose en su veracidad y fechas. Se llevará a cabo una investigación exhaustiva a base de artículos, libros y fuentes privadas sobre la situación, guardando siempre una perspectiva objetiva de todas las fuentes, ya sean francesas, inglesas, alemanas u otras. Se revisarán con cautela los procesos químicos realizados y de dónde se originaron usando estos mismos documentos. Las fuentes documentales obtuvieron tanto electrónicamente como mediante consulta de ejemplares físicos en bibliotecas.

Para cubrir todos las épocas y armas deseadas en esta investigación se planea de acuerdo a una metodología. Seguimos de manera cercana y atenta el plan de trabajo para llevar a cabo los puntos más relevantes para la realización del trabajo. Se ha acudido a fuentes publicadas, ya sea en las páginas web oficiales o en documentos impresos tanto de los gobiernos que las utilizaron, como de las empresas que las fabricaron, siempre que se encuentre disponible la información.

Se inicia con una introducción, esta misma, con el propósito de explicar el interés y la importancia del tema elegido. Como ya se mencionó, entender la situación actual con las armas químicas será el beneficio entregado por este trabajo para la comunicación científica. Se considera como un trabajo de suma importancia el tener como función compartir la información recopilada para impartir conocimiento, esperando que llegue a un máximo de personas.

Para entender el concepto debemos definir apropiadamente el término '*arma química*'. Ésta involucra utilizar las propiedades tóxicas de algún compuesto químico con el fin de perjudicar a un enemigo. Rastreando su origen desde los romanos con el uso del humo, junto con la guerra del Peloponeso, la producción en masa de estas armas químicas no se llevó a cabo sino hasta la primera guerra mundial. Después, se plantea una parte para poder elaborar sobre los antecedentes de las armas químicas previas a la primera

guerra mundial. Es importante insistir en esto ya que hay que ser claros que el conflicto del siglo XX no fue el primero en utilizar estas armas, sino el que multiplicó su producción. Aquí se toma el tiempo para describir exactamente los primeros instantes en que el hombre modificó la química para usarla en su beneficio, a base de documentos antiguos encontrados. Se describe la situación en los años previos a 1914, llamada la paz armada, y los incidentes involucrando la utilización de las armas químicas. A partir de este periodo, se mencionan las convenciones de la Haya, las cuales buscaron frenar el posible desastre que algunos predijeron del futuro de las armas químicas.

A continuación, se desarrolla el centro de la investigación: las características de los agentes tóxicos y sus usos a través de la primera guerra mundial. Al ser la parte clave del proyecto y el tema de investigación se decide invertir bastante tiempo e investigación a esta parte. Se presentan las características de los gases lacrimógenos, de los sofocantes, de los vesicantes y de todos los demás que se encuentran en otras categorías.⁽²⁾ Se habla de las consecuencias físicas que tienen estos agentes sobre el cuerpo humano dependiendo de sus características describiendo los tipos de bajas causados. También se explica los métodos de dispersión desarrollados por cada lado, desde sus causas, ventajas y desventajas y su periodo empleado durante la guerra. Una vez cubierto esto, se describe el desarrollo de las medidas de protección ejercidas por cada parte para proteger a sus tropas. Se plasma el orden cronológico de los filtros y máscaras de cada bando como los entrenamientos de las tropas frente a los ataques terribles de gas.

Del otro lado, se explica el contexto histórico basado desde los primeros usos de estas armas y desarrollo en ambos lados, incluyendo aliados y entente. A partir de las diferentes fuentes, se buscan las fechas donde los primeros gases fueron liberados, elaborando sobre cómo fueron evolucionando y cómo de ellos nacieron soluciones traducidas a máscaras en su debido tiempo. También se explican las consecuencias de éstos, los cuales tuvieron un impacto terrible físicamente y mentalmente sobre los hombres atrapados en las trincheras.

Posteriormente agregamos una parte dedicada a la industria química, relacionada con lo que el estudiante de ingeniería química puede aportar más a fondo. Los procesos químicos industriales empleados en el periodo entre 1914-1918 para la creación de los gases fueron la base con la cual pudo desarrollarse tantas descargas a través de la guerra y es muy importante compartirlos. A partir de ellos podemos ejemplificar la manera en la que la industria cambió en este periodo y sus consecuencias que hoy en día vivimos.

Una vez terminada esa parte, se incluye una sección sobre el impacto que tuvo después en el resto del siglo hasta la actualidad. Dividimos esto en dos partes, la

primera siendo sobre el periodo entre-guerras la cuál vio la crisis del año 1929 junto con la subida del nazismo llevando a la segunda guerra mundial. Se describen los conflictos bélicos que emplearon las armas químicas como el desarrollo de nuevos agentes y de nuevos efectos contra el organismo. Se busca comprobar la diferencia tan marcada entre el mundo antes de 1914 contra un nuevo mundo con tantas nuevas armas a su disposición y todavía no consiente de las consecuencias mayores en contra de la humanidad.

A causa de los avances tecnológicos después de la segunda guerra en general, la segunda parte trata sobre el mundo después de la guerra hasta la actualidad, el cual fue testigo de un cambio de siglo de conferencias contra los gases, tratando de finalmente ponerle fin a estas armas no convencionales. ⁽⁶⁾ Lamentablemente todavía existen usos de armas químicas hoy en día que siguen afectando algunas partes del mundo. Gracias al análisis en la parte del desarrollo, se puede entender el impacto que tuvo la primera guerra mundial en ambos periodos y nos permite formar una conclusión del proyecto.

Finalmente, se concluye el camino que hemos tomado como humanidad y se plantea la pregunta que deberíamos preguntamos cómo científicos: ¿A dónde vamos? Se menciona los caminos más recientes que se han tomado, incluyendo la Convención sobre las Armas Químicas, en 1997. Se trata de un tratado internacional por el que se prohíbe el desarrollo, la producción, el almacenamiento, la transferencia y el empleo de armas químicas. ⁽⁶⁾ Se busca la destrucción de estas armas en un plazo de tiempo específico. Además, se busca reafirmar sobre la necesidad absoluta de la responsabilidad, después de haber mostrado tantas consecuencias terribles del conflicto.

II. Antecedentes

Para lograr desarrollar el proyecto, necesitamos una definición concreta de '*arma química*' la cual se respetará a lo largo de la investigación. Para entender los orígenes de estas armas, su salto de producción durante la primera guerra mundial y su manera de convertirse en una amenaza física y psicológica, nos puede otorgar una explicación a sus consecuencias.

Actualmente un arma química busca utilizar las propiedades tóxicas y químicas de algún compuesto con el fin de perjudicar a un enemigo en un hábito bélico. Éstos son hechos y empleados por el hombre, los cuales pueden ser dispersos en forma de gas, vapor, líquido y aerosol. ⁽¹⁶⁾ Son constituidas de agentes químicos y de los dispositivos requeridos para transportarlos hasta el blanco deseado. Las consecuencias al organismo se extienden desde matar, herir, o incapacitar temporalmente. Para ser considerado y empleado como arma, debe ser lo suficientemente tóxica, estable, ser

producida en grandes cantidades y poder mantener sus cualidades durante el tiempo de transporte hasta su utilización. ⁽⁶⁾

Para los generales después del conflicto, su perspectiva sobre el arma química venía únicamente del su conocimiento y experiencia del campo de batalla, y para ellos un gas era simplemente una especie de nube que convertía la atmósfera fresca en una nociva. ⁽⁵⁾ Las características que lo definen los agentes tóxicos recae en que debe de ser lo suficiente venenoso, que produzca lágrimas (en caso de los agentes lacrimógenos), inducir mareo, estornudos o quemaduras, dependiendo del tipo de gas. Puede tener una o varias de estas propiedades combinadas. Bajo todas estas circunstancias será llamado como “gas de guerra”. ⁽¹⁸⁾ Un gas que produce la muerte es llamado agente letal, mientras que los gases que no son llamados irritantes. ⁽⁴⁾

Las armas químicas son fáciles y baratas de elaborar con un efecto enorme, y marcan una enorme diferencia en el campo de batalla. ⁽¹⁵⁾

Es muy importante observar ahora, que la primera guerra mundial, al ser un periodo con muchas innovaciones y cambios, no fue la primera vez en la cual se emplearon las armas químicas. Podemos rastrear su origen desde la antigüedad. Lo que consideramos hoy que comenzó en 1915 fue la producción en masa de estas armas, y el impacto que éste tuvo sobre toda la continuación del siglo XX hasta la actualidad.

El primer uso registrado de las armas químicas remonta hasta la Antigüedad. Su uso bélico no comenzó con la primera guerra mundial. ⁽⁹⁾ La primera evidencia de uso de gas por un ejército griego se transmite en la *Historia de la Guerra del Peloponeso*. En 429 a.C., los espartanos, al sitiar la ciudad de Platea aliada de Atenas, juntaron cantidades de leña junto a la puerta de la ciudad. Agregaron grandes cantidades de savia de pino y de manera innovadora, azufre. Durante este periodo, el azufre contaba con varios usos, desde medicina hasta pesticidas y su naturaleza altamente inflamable lo volvió muy atractivo para la guerra. Según Plinio, “ninguna otra sustancia se enciende más fácilmente, lo cual demuestra que el azufre contiene una abundancia de fuego.” Al combinarse la gran pila de leña, la combinación de sus materiales produjo un gran incendio, jamás visto antes. Las flamas azules del azufre con el olor penetrante junto con los humos debieron ser bastante destructivas; La combustión de azufre crea dióxido de azufre, el cual puede matar si se inhala en varias cantidades. Este se describe como el primer uso escrito sobre un ataque acentuado con ayuda de las propiedades químicas. ⁽¹⁰⁾

Durante la guerra del Peloponeso, los espartanos crearon lo que hoy llamamos gas venenoso. Recetas para humo tóxico existían como armas secretas en la antigua China e India, y gases asfixiantes sofocaron varios trabajadores en la era romana. ⁽¹⁰⁾ En los siglos que siguieron, en varias ocasiones los combatientes emplearon formas primitivas

y rudimentarias de guerra química en el campo de batalla. ⁽⁹⁾

En 360 a.C., Aeneas el Estratega escribió un libro explicando medidas de sobrevivencia de sitios bajo ataque de fuegos suplementados con químicos. Se podría considerar como las primeras medidas de protección frente a un arma química. Recomendó sumergir a los enemigos en brea junto con cantidades de azufre lo cual se pegaría a la brea. Luego se soltarían pedazos prendidos de fuego a través de telas para prender la brea junto con el azufre. Aeneas también describió un tipo de bomba de madera con picos con material interno que sería soltado a las máquinas. Otra defensa era llenar bolsas con brea, azufre y otros materiales, lo cuales serían soltados sobre los muros para que cayeran sobre el enemigo. ⁽¹⁰⁾

A continuación, se han encontrado referencias de lanzas de fuego chinas, inventadas alrededor de 900 d.C. Estas se constituían de tubos de bambú, (el cual después se convertiría en metal) con un hoyo lleno de azufre, carbono, y pequeñas cantidades de sales de nitrato explosivos. Era un precedente a lo que hoy conocemos como lanzallamas. ⁽¹⁰⁾

En India, en un manual militar llamado el “Nitishastra”, se describen proyectiles tubulares lanzados desde artefactos usados por la infantería y calvaría. El tubo, alrededor de 3 pies de largo, contenía nitrato de potasio, azufre y carbón. Estas armas se describen en el libro como instrumentos mecánicos de guerra impactaban y causaban gran destrucción. ⁽¹⁰⁾

Estos ejemplos nos muestran que el arma química ha sido una constante a través del tiempo para el hombre durante siglos, sin embargo, en una escala de producción baja. Inclusive se siguió hablando del uso de armas químicas. Un ejemplo de esto en los papeles Panmure publicados en 1908. Estos se constituían de volúmenes conteniendo cartas intercambiadas entre Lord Panmure, Palmerston y el almirante Lord Dundonald. En ellos se sugería el uso de humos de azufre durante la guerra Crimea (1853-1856), sin embargo, en su conclusión fue rechazada con razones ligadas a la falta de honor y de ética. Alrededor de esta época, los franceses desarrollaron granadas de rifles cargados de pequeñas cantidades de agentes lacrimógenos. Llegaron al público gracias a un incidente policiaco en el año de 1912 contras unos ladrones de banco. ⁽⁸⁾

Hasta el final del siglo XIX, el uso de gas venenoso seguía siendo la excepción a la regla en las armas empleadas, sin embargo, las grandes potencias se preocuparon por prevenir una situación peligrosa al contar con la revolución industrial y el desarrollo de tecnología imparable. ⁽⁹⁾ El uso de armas químicas era visto como algo inmoral ya que éstos implicaban grandes peligros, desde su manufactura hasta el momento del empleo, incluso para los que los lanzaban. ⁽¹¹⁾

Los usos de las armas químicas fueron entonces prohibidos en las conferencias de la

Haya en 1899 y 1904, las cuales impedían el uso de gas dentro de proyectiles. ⁽¹²⁾ Las convenciones de la Haya especificaban las prohibiciones siguientes: “*Employer du poison ou des armes empoisonnées*” (emplear veneno o armas envenenadas) “*d’employer des armes, des projectiles ou des matières propres a causer des maux superplus.*” (emplear armas, proyectiles o material que causaran daños más graves). ⁽⁸⁾

El concepto moderno que tenemos de la guerra química comienza entonces en la primera guerra mundial del lado alemán al soltar cloro en 1915 sobre el frente occidental. Los aliados contestaron con cerca de 50 sustancias utilizadas como armas. ⁽¹⁷⁾ En ambos lados, investigaron más de 3000 sustancias químicas para encontrar algún uso potencial como armas. De estos, solamente 30 se usaron en el campo de batalla de los cuales sólo una docena logró el resultado militar deseado. Los gases se clasificaron en base a los efectos fisiológicos en el cuerpo humano. ⁽⁹⁾ A partir de esto fue que surgió toda una industria y una doctrina dedicada a las tácticas de los agentes tóxicos e irritantes. Antes de 1914, la investigación de estas sustancias recaía en el trabajo académico e industrial. Alemania, entre muchos discutido el líder mundial en ciencia en aquel momento, contaba con científicos tales como Fritz Haber del Instituto Kaiser Wilhelm. ⁽¹⁶⁾

Podemos comparar este suceso con una caja de pandora, es decir, una vez que los alemanes comenzaron a invertir sus recursos en investigación y desarrollo de estas armas, los aliados, británicos, franceses y eventualmente americanos siguieron. En 1918, casi 200 000 toneladas de gas habían sido manufacturadas a la fecha del Armisticio mostrando la capacidad terrible del progreso de la industria química. ⁽¹¹⁾ Demostró un desarrollo tanto ofensivo como defensivo. La disponibilidad de los gases junto con la imaginación de los generales se convirtió en los únicos límites de esta arma. El sentimiento aborrecible de las armas químicas persistió mucho tiempo después del Armisticio el 11 de noviembre de 1918. Las bajas causadas por el gas no dejaban de recordarle al público de sus terribles efectos. ⁽⁹⁾

En resumen, los alemanes no inventaron el uso del arma química, ni los franceses antes de ellos. El 22 de abril de 1915, lograron montar el primer ataque efectivo en la historia del mundo con base química. Tuvo un impacto tan grande que hoy en día se considera como una rama del servicio militar, tal como la artillería, la infantería, la aviación. Todas las formas de guerra proceden de una combinación de estos cuatro. El gas no mata, sino hiere, y aunque se tomen todas las precauciones planeadas, tiene un impacto enorme. Es razonable considerar que cuando se tiene concentraciones más densas, las bajas podrían incrementar de manera exponencial. ⁽³⁾

III. Desarrollo

3.1 Características

Es muy importante definir lo que son las propiedades y características de los agentes empleados en el conflicto. Para que sean considerados con un fin bélico, los agentes químicos deben cumplir con ciertas características. La primera sería la toxicidad, bajo la premisa de contra más tóxico sea un gas, más efectivo será. Su modo de acción también es una característica importante que modelar, por ejemplo, la cloropricrina cuenta con propiedades lacrimógenas tanto como propiedades sofocantes. La tercera sería la persistencia, cuánto tiempo el gas puede aguantar en el campo de batalla para tener un efecto significativo. Finalmente, la rapidez del efecto, dependiendo del tipo de gas, para decidir el ataque que seguirá a continuación. Su imperceptibilidad y capacidad de evitar detección e identificación es una ventaja que se busca. Su volatilidad y penetrabilidad junto con sus color y olor, los últimos dos buscando ser incoloros e inodoros para evitar detección.⁽⁴⁾

Estos agentes se pueden clasificar en varias categorías dependiendo del efecto que tienen en el organismo.

1. *Los lacrimógenos.* En su mayoría son gases fugaces, y son comúnmente usados para neutralizar una línea enemiga incapacitando a las tropas así evitando la colocación de las máscaras protectoras para gases más tóxicos. Gracias a su forma de nube blanca, también sirve para ocultar la progresión de un asalto.
2. *Los sofocantes.* Éstos irritan las vías respiratorias y provocan lesiones pulmonares que llevan a la muerte. La mayoría de las muertes de los gases están relacionadas con este tipo de gas. Sumamente volátiles y tóxicos, tienen la capacidad de sacar un hombre de sus capacidades en tan solo segundos.
3. *Los vesicantes.* Son sustancias que cuando entran en contacto con la piel, ojos y pulmones, dejan quemaduras. Incluso los efectos pueden presentarse hasta varias horas después de la exposición. El gas mostaza, el más icónico de la guerra, deja lesiones sobre la piel y dentro de los pulmones quemando los tejidos hasta horas posteriormente.
4. *Otros.* Un tipo, los tóxicos, se trata de los gases que contaminan la sangre y llevan a la muerte. Entre ellos se encuentra el ácido cianhídrico, el cual después del contacto con la piel entra a la sangre y causa una muerte por parálisis del centro respiratorio. Mezclado con otras sustancias, los franceses desarrollan la "Vincennite". Sin embargo, fue juzgado como demasiado peligroso por el orden superior y usado de manera menor en la batalla de la Somme. Otro serían los Estornutatorios, los cuales incluyen menos cantidad de gas, pero su función es causar reacciones físicas como estornudos para así remover la máscara de los

soldados. ⁽⁷⁾

Sobre sus efectos, son de una gama extensa y variada, sin embargo, se pueden agrupar algunos puntos en común. Es importante notar que las armas químicas no tienen un impacto directo sobre las víctimas, como lo tendría un rifle, una bala o un pedazo de proyectil. En su caso, la difusión es simplemente el método de entregar del arma, incluyendo proyectiles y tanques. El efecto de un arma química se basa entonces en las reacciones que se llevan a cabo después que el agente es liberado de su contenedor. Los químicos se quedan en el aire por un tiempo definido, el área puede ser amplia, dependiendo del gas en cuestión. El efecto es tan permeable como el agente activo de los componentes moleculares se lo permita. ⁽⁴⁾

Los gases no tienen siempre consecuencias fatales, al contrario, su objetivo difiere. La gran parte de las víctimas quedan incapacitadas, con la posibilidad de sanar de sus efectos en meses. Estos efectos dependen de la cantidad de tiempo y del agente tóxico al que están expuestos. Fritz Haber dosificó la cantidad teórica de gas necesaria letal de cloro, sin embargo, los científicos de ambos bandos se dieron cuenta rápidamente que para lograr efectos mortales debía utilizarse una concentración muy alta. ⁽⁷⁾

El efecto psicológico del gas es uno de los más importantes que después será reportado en la literatura, la pintura y el en el cine. La presencia del arma química es un miedo que comparten todos los combatientes, con la paranoia de encontrarse expuestos a sus efectos. ⁽⁷⁾ El tiempo de exposición a los gases tuvieron impactos de suma importancia hacia no solamente los soldados, también las víctimas civiles y trabajadores. Los peligros del frente no solamente afectaron a las fuerzas militares, al tocar también las localidades civiles. Los ataques eran tan frecuentes que inclusive se diseñaron máscaras para caballos, perros, y palomas mensajeras. ⁽¹⁶⁾

Podemos distinguir dos tipos de gas dependiendo de su persistencia en el campo de batalla:

- *Los fugaces.* Disponen de un bajo punto de ebullición entre 8 y 25°C, se distribuyen y diluyen rápidamente en la atmósfera. La ventaja de estos gases viene de poder usarlo contra el enemigo y poder ocupar la trinchera sin sufrir los mismos efectos. La mayoría de los agentes fugaces son gases sofocantes o tóxicos.
- *Los persistentes.* Disponen de un punto de ebullición más grande, llegando hasta 300°C. Sueltan gotas que toman días, hasta semanas a evaporarse. Debe realizarse una descontaminación y en algunos casos una evacuación de la zona. ⁽⁷⁾

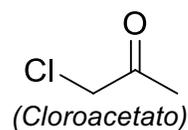
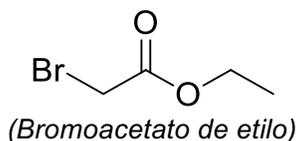
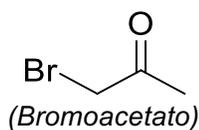
3.1.1 Lacrimógenos

Primero se decide elaborar y describir los agentes lacrimógenos, los primeros que se emplearon sobre el campo de batalla en la primera guerra mundial. Los agentes lacrimógenos causan intensos, aunque temporales, irritaciones de los ojos dejando un flujo de lágrimas y una posible ceguera temporal. Las concentraciones empleadas sobre el campo de batalla no dejaban daños permanentes lo cual permitía una recuperación completa por la mayoría de los soldados. Eran lo suficiente no tóxicos que en su momento no fueron considerados violaciones del tratado de la Haya, de la manera empleada por los franceses. Sin embargo, después su uso modifico en combinación con otros gases y para las máscaras se volvió mucho más efectivo y tóxico. ⁽⁴⁾

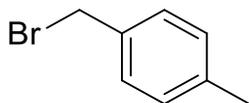
Como un grupo definido cuentan con propiedades comunes:

1. Todos cuentan con el poder de irritar ciertos tejidos como los ojos y sin producir lesiones notables. Sus acciones son selectivas y reversibles al afectar solamente un órgano y su irritación desaparece rápidamente.
2. Su umbral de acción es bajo, siendo efectivos en cantidades extremadamente bajas y pueden producir una atmosfera intolerable con cantidades bajas comparado con otros agentes.
3. Son de acción rápida, produciendo efectos fisiológicos casi instantáneos en forma de una reacción en los párpados
4. Relacionados de manera química muy similar, estando formados por un átomo central de carbono enlazado con un halógeno o algún tipo de grupo electronegativo.
5. Físicamente los lacrimógenos son en general líquidos con altos puntos de ebullición y bajas presiones de vapor. ⁽⁴⁾

El primer gas empleado de parte del lado francés se trata del bromoacetato de etilo. Éste fue empleado adentro de las granadas y sintetizado por primera vez en 1858 calentando ácido bromoacético y alcohol en tubos sellados. Fue empleado en el incidente del robo de banco en París en 1912. Sin embargo, no tardó en ser remplazado por bromoacetato y cloroacetato. ⁽⁴⁾ Los síntomas, incluyendo irritar las membranas mucosas de los ojos, de la boca, de la garganta y de los pulmones, son en su mayor parte temporales. Estas irritaciones pueden llevar a tos con dificultad de respirar. Estos tres se caracterizan por tener un olor penetrante. ⁽²⁾

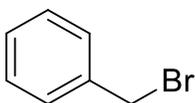


A continuación, se introdujo bromuro de xililo en 1915. Contrariamente a sus precedentes, el bromuro de xililo se caracteriza por tener un olor aromático agradable. Presenta un tono incoloro a ligeramente amarilloso. ⁽⁴⁾ En altas concentraciones puede dejar daños en el sistema respiratorio a largo plazo. ⁽⁹⁾



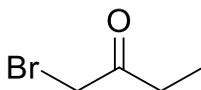
(Bromuro de xililo)

El bromuro de bencilo, por su lado, comparte propiedades similares al bromuro de xililo. Esto se debe al ser el resultado de la búsqueda de un agente más volátil, pero menos irritante que el bromuro de xililo. Comparte el olor agradable y es un líquido transparente. Irrita los ojos con menor impacto que su predecesor. En concentraciones más altas, produce más irritación en la nariz, garganta y náuseas. ⁽⁴⁾



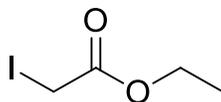
(Bromuro de bencilo)

En el verano de 1915, buscando un sustituto para estos primeros gases anteriores, los alemanes y los franceses introdujeron el 1-bromo-2-butanona como sustituto. Recién destilado, es un líquido con una tonalidad débil amarilla, insoluble en el agua. Es menos persistente que el bromuro de xililo y es un lacrimógeno más poderoso que el bromuro de bencilo comparándose más cercanamente a la bromoacetona. ⁽⁴⁾



(1-bromo-2-butanona)

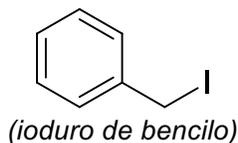
El iodoacetato de etilo se desarrolló del lado británico en South Kensington y llamado "SK" por su ubicación. Es un líquido incoloro aceitoso que se convierte rápidamente en café en el aire al soltar el yodo. Mientras que su toxicidad es aproximadamente de un 1/3 que la del gas asfixiante fosgeno, su volatilidad es muy baja y por esa razón no se empleó tanto en el campo de batalla. Un intento de incrementarla llevó a mezclas con alcohol antes de ser llenado en proyectiles. El iodoacetato de etilo es un lacrimógeno extremadamente irritante y moderadamente tóxico. ⁽⁴⁾



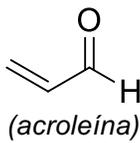
(iodoacetato de etilo)

El yoduro de bencilo cuenta con dos veces la toxicidad del bromuro de bencilo. Es un sólido cristalino blanco el cual se funde a los 24°C. Su volatilidad es más baja que la del bromuro de bencilo y por esa razón usualmente es empleado en una proporción de 50/50. Eventualmente fue remplazado por la acroleína. ⁽⁴⁾

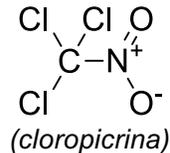
La acroleína fue introducida en enero de 1916, con la búsqueda de un compuesto lacrimógeno sin la necesidad de emplear bromo o acetona para su manufactura, a causa de la escasez. Recién preparado, la acroleína es un líquido claro verdoso-amarillo con un olor penetrante. En el aire, el compuesto tiende a polimerizarse, y para evitarlo fue soltado con nitrato de amilo como estabilizante. En cuanto a sus efectos, la acroleína es un lacrimógeno moderadamente potente y un respirador irritante en los ojos y garganta simultáneamente. En concentraciones más altas puede considerarse como un asfixiante de pulmones. Por esta razón se podría clasificar como un lacrimógeno-sofocante. ⁽⁴⁾



(yoduro de bencilo)



(acroleína)



(cloropicrina)

La cloropicrina es un líquido con un olor dulce con un punto de fusión relativamente bajo, al evaporarse fácilmente al ambiente en temperaturas normales. ⁽¹²⁾ Ejerce tanto efectos asfixiantes sobre el cuerpo como lacrimógenos, dándole así la descripción de lacrimógeno-sofocante junto con la acroleína. ⁽⁴⁾

3.1.2 Sofocantes

Los irritantes de pulmones, también llamados asfixiantes o sofocantes, son los gases que atacan y lastiman los tubos bronquiales y los pulmones. Son diferentes a los gases lacrimógenos al ser altamente tóxicos y frecuentemente letales en acción. Fueron clasificadas como las cruces verdes según los alemanes. En general son líquidos con relativamente bajos puntos de ebullición y altas presiones de vapor. Esto los hace sustancias volátiles que forman gases no persistentes al ser soltados de su contenedor. ⁽⁴⁾

Como un grupo letal en las concentraciones empleadas en el campo de batalla, comparten las características siguientes:

1. Sus umbrales de sección útil son relativamente altas, variando entre 1 y 10mg por litro de aire.
2. Son efectivos con muy baja exposición, y usualmente unos minutos son suficientes para producir la muerte o heridas serias en las concentraciones empleadas en el campo de batalla.
3. Ejercen patrones de síntomas fisiológicos similares, con la irritación de las membranas mucosas del sistema respiratorio y lesiones en el tejido de los pulmones.
4. Su efecto fisiológico no es inmediato, pero generalmente produce muerte o heridas serias de 1 a 2 horas después de su exposición. ⁽⁴⁾

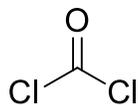
El cloro trata de un gas de tonalidad amarillo verdoso con un olor fuerte y sumamente penetrante. Su primer uso cae en 1915, cuando los alemanes soltaron en Ypres sus primeras municiones. Sus propiedades tóxicas lo convirtieron en un gas inolvidable al a través de la guerra con más fatalidades.

Al entrar dentro del organismo y en contacto con el agua en los pulmones, éste reacciona formando ácido clorhídrico. Se muestran síntomas de fuerte irritación en la nariz, en la garganta y ojos, seguido de un fuerte dolor en el pecho, tos y asfixia. ⁽²¹⁾ A ciertos individuos, el gas causaba ceguera y a veces producía vómitos de flema teñidos de sangre. Inicialmente este gas fue devastador a causa de la falta de máscaras para proteger al soldado. ⁽²⁾ El cloro deja una tonalidad azul en la piel y en los labios causado por la falta de oxígeno en la sangre. ⁽¹²⁾



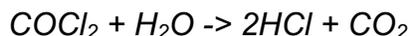
(Cloro)

Sin embargo, el más mortal de todos con el 85% de las muertes relacionadas con el gas, sería el fosgeno. Reacciona con proteínas en los alvéolos pulmonares, causando por ende la asfixia del individuo. Los síntomas incluyen tos, dificultad para respirar junto con irritación a los ojos y a la garganta. El fosgeno puede tener efectos retardados, es decir, pueden pasar hasta 48 horas después de la exposición al gas para que se presenten los síntomas. ⁽²⁾ Entre las primeras cinco a ocho horas de exposición la sangre está considerablemente diluída, seguido de un aumento en la temperatura y de la concentración de sólidos en la sangre. La acción de envenenamiento del fosgeno presenta inicialmente los síntomas angustia y dificultad para respirar con tos y vómitos ocasionales. Después se desarrolla una decoloración de la piel que persiste aún después de la administración con oxígeno. Las bajas suelen ser fatales cuando el paciente intenta algún esfuerzo físico, llevando a un paro cardiaco. ⁽²²⁾



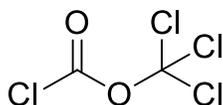
(Fosgeno)

En contacto con el agua, se crea agua y dióxido de carbono de acuerdo a la reacción:



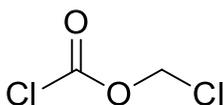
Como solvente, el fosgeno ofrece las ventajas de disolver un número de sustancias que en otros disolventes causarían dificultades. Arriba de 300°C, el fosgeno se disocia en monóxido de carbono y cloro. ⁽²²⁾

A partir de fines de 1915, los alemanes actualizaron sus armas con la introducción del fosgeno y luego en 1916, del difosgeno, creado con el propósito de destruir los filtros en las máscaras contra gas utilizadas en aquel momento. ⁽¹²⁾ Ambos gases son incoloro, y de olor similar a pasto. ⁽⁴⁾



(Difosgeno)

El cloroformiato de clorometilo fue el primer intento de mejora del cloro. Cuenta con un olor etéreo y contiene algunas propiedades lacrimógenas y se hidrolisa fácilmente cuando se calienta. El cloroformiato de clorometilo es cinco veces más tóxico que el cloro, pero solamente la mitad de tóxico que el fosgeno y el difosgeno. En sí, presenta los mismos efectos que el cloro más agudamente. ⁽⁴⁾



(Cloroformiato de clorometilo)

3.1.3 Vesicantes

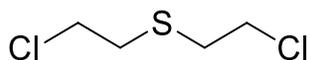
Los gases vesicantes son sustancias que ejercen un efecto quemante al tener contacto con la piel y los demás órganos involucrados. ⁽⁴⁾ La complejidad del tratamiento de las víctimas de estos gases requieren de una capacidad médica más elevada. Una vez evacuadas del frente, las víctimas de cloro y fosgeno recibían oxígeno y descanso en cama hasta estar lo suficiente sanos para regresar al campo de batalla. Sin embargo, para las víctimas de los vesicantes, se necesitaba un baño caliente con jabón para quitar las sustancias de su piel. Si éste no era removido antes de los 30 minutos de

exposición, las quemaduras comenzaban. ⁽¹⁶⁾

En general, comparten las siguientes características.

1. No se especializan en ningún lugar específico del cuerpo, al reaccionar con cualquier tejido.
2. Son de acción retardada produciendo efectos fisiológicos tóxicos hasta 6-24 horas después de ser expuestos. Cas no son fatales, al contar con solamente 2% de las muertes.
3. Son irreversibles en acción, al modificar la estructura celular de los tejidos. La víctima puede curarse con el tiempo, solamente con la creación de nuevas células.
4. Bajo umbral de acción.
5. Puntos de ebullición altos
6. Presiones de vapor y volatilidad bajos
7. Persistencia alta.
8. Imperceptible en acción, dando poca o ninguna advertencia de su presencia hasta que los síntomas se revelan. ⁽⁴⁾

Uno de los gases más importantes que surgieron en la primera guerra mundial de este tipo trata del gas mostaza. Causó controversia por su aroma inusual en 1917 cuando se introdujo a la guerra. También conocido como Yperite por los franceses su nomenclatura lo clasifica como dicloro-etil sulfuro. Cuando es puro, éste cuenta con características incoloras e inodoras. Sin embargo, para el uso de la guerra, se utiliza de forma impura, teniendo entonces una tonalidad amarillosa-café junto con un olor comparable al del ajo y mostaza. ⁽²⁾ Aunque es conocido como gas, este químico se trata de un líquido volátil. ⁽⁹⁾ Cuenta con un bajo punto de evaporación. ⁽¹⁶⁾ Cabe mencionar que la introducción del gas mostaza rivaliza con la importancia que la del ataque de Ypres, el 22 de abril de 1915, del cloro. Estos dos sucesos cambiaron totalmente la perspectiva del uso de armas químicas, el gas mostaza, siendo el agente que más bajas causaría.

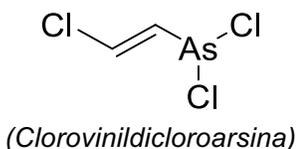


(dicloro-etil sulfuro)

Al principio, llamado S-Lost por los alemanes, lograba contaminar zonas enteras por su bajo punto de presión. El compuesto fue sintetizado desde 1822 pero sus efectos dañinos no se descubrieron hasta 1860 ⁽¹⁵⁾ El gas mostaza mostró ser un irritante potente, con la novedad de causar quemaduras al contacto con la piel. Además de dañar los ojos y las vías respiratorias, forma unos intermediarios de reacción que, al contacto con la información genética del ADN, conduce a una muerte de la célula. A

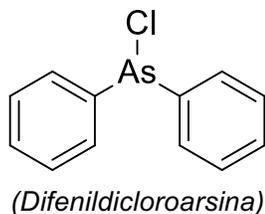
pesar de los terribles síntomas experimentados por los soldados, la tasa de mortalidad es comparativamente muy pequeña. Esto se debía a que los efectos se centraban más en debilitar a las tropas, y dejarlas incapacitadas para estar en el frente. ⁽²⁾

Buscando todavía un gas más efectivo, los estadounidenses desarrollaron el gas Lewisite, con la capacidad de dejar más quemaduras, más difícil de detectar y con una fórmula molecular que permite una disipación acelerada. ⁽¹⁶⁾ Su fórmula es el clorovinildicloroarsina y combina el efecto vesicante del gas mostaza con el venenoso del arsénico. ⁽⁴⁾



3.1.4 Otros

Los estornutatorios, tal como la difenilcloroarsina, son irritantes respiratorios con un polvo fino causante de estornudos, náuseas y vómito. ⁽⁹⁾ La difenilcloroarsina es dos veces más mortal que el fosgeno. Teniendo la apariencia de humo o polvo, penetraba todas las máscaras que dependían de la absorción de gases a base de carbono y gránulos de lima. Solamente podía ser detenido con filtros de papel. ⁽⁵⁾



Los agentes sistemáticos tóxicos son compuestos que tienen el poder de penetrar los pulmones sin causar daño local y difumarse por el torrente sanguíneo y ser esparcidos por todo el cuerpo. Este grupo es pequeño compuesto principalmente del ácido cianhídrico. Todos son derivados del compuesto ciano. Todos son líquidos con bajos puntos de ebullición, altas presiones de vapor y altamente volátiles. Son los menos persistentes de todos los agentes de combate. ⁽⁴⁾ El ácido cianhídrico, llamado Vincennite por los franceses, era un veneno muy conocido desde antes de la guerra, pero el efecto tóxico del ácido no es acumulativo, y el cuerpo, a todas las concentraciones menores de la mortal, puede neutralizarlo y eliminarlo del cuerpo tan rápido como se absorbe y ningún efecto serio es producido. Solamente es tóxico mortalmente con la concentración crítica la cual es muy efectiva. La razón por la cual se empleó fue por la sospecha de que las máscaras enemigas no estarían preparadas contra el gas. ⁽⁹⁾

HCN

(Ácido cianhídrico)

Para fines de 1915, el arma química se había convertido no sólo en un arma físico sino también en un arma psicológica importante. Junto con los ataques de artillería constantes asociados con el término “Shellshock”, la amenaza constante de encontrarse expuesto a los efectos tóxicos del gas se agregaron al ambiente de estrés en las trincheras. Esto se transmitió en varias crisis nerviosas y paranoia. Se describen ocasiones donde las tropas se reusaban en comer los alimentos bajo sospecha de estar contaminados por el gas. Los soldados sentían que el uso de estas armas no era adecuado y que no debía ser utilizado bajo cuestiones morales. Al tener esos casos, los doctores lucharon para encontrar diagnósticos adecuados, pero lo más que podían hacer era dejarlos descansar unos días para regresarlos al frente, de regreso a la paranoia y al estrés. Se desarrolló una ansiedad común entre los combatientes, la introducción del gas mostaza, el cual tenía un modo de operación distinto de al del cloro y del fosgeno, incrementó este estrés psicológico colectivo. ⁽¹⁶⁾

Se muestra una lista de gases empleados durante el conflicto a continuación junto con sus concentraciones consideradas tóxicas. ⁽⁸⁾

	FECHA DE INTRODUCCIÓN	CONC. PARA INCAPACITAR EN SEGUNDOS (pp10m)	CONC, SI RESPIRADA POR MÁS DE DOS MIN, FATAL
SOFOCANTES			
Cloro	1915	1 000	1 000
Fosgeno	1915	100	200
Clorometil cloroformiato	1915	100	1 000
Triclorometil cloroformiato	1916	50	200
Cloropicrina	1916	50	200
Cloruro de Estaño	1916	-	1 000
Fenil carbilamida cloro	1917	50	1 000
Bromuro de cianógeno	1918	-	300
Diclorometiléter	1918	1 000	1 000
LACRIMÓGENOS			
Bromoacetona	1914	5	1 000
Bromuro de bencilo	1915	5	-
Bromuro de xililo	1915	5	-
Iodoacetato de etilo	1916	5 a 2	200
Monobromo-metil-etilcetona	1916	2	2 000
Dibromo-metil-etilcetona	1916	2	2 000
Acroleína	1916	-	-
TÓXICOS			
Ácido cianhídrico	1916	5 000	5 000
Ácido sulfhídrico	1916	10 000	1 000
ESTORNUTATORIOS			
Difenilcloroarsina	1917	1	200

Difenilcianoarsina	1918	1	200
Etil dicloro arsina	1918	20	500
Etil dibromo arsina	1918	-	-
N etil carbazol	1918	-	-
VESICANTES			
Dicloro-etil sulfuro (mostaza)	1918	-	10(con 10 minutos de exposición)

El gas causaba tanto terror por su novedad. Aunque las armas químicas ya habían sido usadas por siglos, en 1914 las naciones obtuvieron la capacidad para producir en masa. Por eso mismo contaba con la habilidad de inspirar trabajos de arte y poesía. ⁽¹¹⁾

En contraste con la artillería, el área con más fatalidades, menos del 5% de los hombres expuestos a los gases murieron de sus heridas. Aunque el 70% de las tropas lograban sanar en tan solo semanas para regresar al campo de batalla, la imagen de ver a sus camaradas ahogarse describía un miedo diferente al de la artillería y metralletas. Al ser más pesado que el aire y teniendo la capacidad de quedarse en los hoyos más hondos, los hombres en varias ocasiones compararon la nube de los gases con fantasmas y espíritus. ⁽¹¹⁾



(Singer, J. (1919). Gassed. Londres. Imperial War Museum)

Aunque las imágenes de la guerra química usualmente se dirigen al campo de batalla, también encontramos riesgos en los trabajadores tratando de ayudar a su país. En la industria alemana un tercio de los hombres fueron envenenados por los gases. Del lado de los aliados, las cosas eran similares. Por la elección del método de síntesis para el gas mostaza, se necesitaron muchas más precauciones para llevarlo a cabo. Por sus plantas primitivas, las condiciones no siempre eran las más seguras. Existían trabajos tales como limpiar los tubos o las bombas. Estos trabajos llevaron a los trabajadores a síntomas similares psicológicos presentados por los soldados del frente. El estrés terminaba con su habilidad de poder trabajar. Incluso después de la guerra, estos trabajadores siguieron con dificultades para respirar, caso que les impidió continuar con

esta profesión. El trabajo más peligroso caía en llenar las piezas de artillería, la que produjo más heridos que cualquier posición en la industria. ⁽¹⁶⁾

3.2 La Primera Guerra Mundial

La gran guerra tiene como origen varios antecedentes. El continente europeo se encontraba bajo tensión desde principios del siglo. Las rivalidades económicas, notablemente Alemania, un país nuevo y productor, junto con los choques culturales e ideológicos lograron crear una fuerte fricción entre los países. Los sistemas de alianzas desarrollados entre los países centrales (Alemania, Austro-Hungría y Turquía) y los poderes aliados (Inglaterra, Francia, Rusia y desde el principio de 1917, los Estados Unidos) mantenían la paz en un estado frágil. El avance tecnológico del principio del siglo XX trajo nuevos inventos, sin la excepción de armas. ⁽¹⁶⁾

El 28 de junio de 1914 en Sarajevo, el asesinato de Francisco Fernando, heredero al trono Austro-húngaro desataría todo el conflicto. Este simple acto llevará a un afrontamiento bélico que marcará el mundo con la muerte de 9-10 millones de vidas. ⁽¹⁶⁾

La “guerra para terminar la guerra”, un término acogido en agosto 1914, con el desenlace de la guerra después del asesinato del archiduque, es una precisa descripción de la mentalidad del mundo cuando las naciones europeas explotaron en un conflicto bélico, el cual acabaría involucrando el mundo. ⁽²⁶⁾



(Carole, D. (2011). War Horse - TRENCHES and NO MAN'S LAND. Mayo 12, 2018, de Awesome Stories Sitio web: <https://www.awesomestories.com/asset/view/TRENCHES-and-NO-MAN-S-LAND-War-Horse>)

Sin embargo, tan sólo seis semanas después del inicio de la guerra, los ejércitos tomaron un giro inesperado. ⁽¹³⁾ Después del ataque en la Marne, en el cual los franceses detuvieron el avance alemán, ambos bandos se quedaron exhaustos. ⁽⁵⁾ El frente occidental se había convertido en una devastadora guerra de posición. Con el

curso extendido no planeado para los lados, se encontraron con reservas insuficientes para sus tropas: ⁽¹³⁾

Al convertirse la guerra en un punto muerto lleno de lodo y trincheras, las potencias dedicaron gran parte de su investigación en encontrar algún avance que les pudiera garantizar la victoria. Esto impulsó el desarrollo de las armas químicas. Los primeros gases desarrollados fueron los lacrimógenos. Tanto los británicos, como los franceses y los alemanes se dedicaron a la investigación de distintos métodos encontrar la mejor eficiencia en cómo emplear a esta nueva arma. ⁽¹²⁾

Uno de los intentos para romper el sistema estático del frente de occidente presente se presentó con la campaña de Gallipoli, en 1915. Los británicos buscaron crear un asalto marítimo contra el Imperio Otomano, nuevo aliado de Alemania. Buscaba abrir los Dardanelos como un primer paso para ligarse con Rusia, así forzando al Imperio a retirarse de la guerra. ⁽⁹⁾

Desde el principio del transcurso de la guerra, el Imperio Británico logró organizar un bloqueo con su marina, cortando así la importación de varios países hacia Alemania. Intentos de destruirlo con sus submarinos fueron enviados, pero no traía solución para la importación de materia primas. Esto llevó a una crisis de proyectiles, la cual buscarían suplementar. ⁽¹³⁾ Hacia fines de octubre 1914, el Kaiser Wilhelm Institute se acercó para aportar al gobierno alemán. Debido a la falta de acero, muchas piezas de artillería fueron construidas a base de hierro, pero por la debilidad del metal comparado al acero, las paredes de la pieza debían ser mucho más pequeñas, disminuyendo el impacto de los explosivos. La propuesta fue llenar estas piezas de químicos, los cuales le devolverían el efecto deseado. Aunque varias explosiones agresivas en la industria forzaron a la investigación a detenerse, la idea de guerra química había nacido. ⁽⁸⁾

Alemania, al buscar entonces maneras de romper el punto muerto, optó por el camino hacia el gas como arma química. Mantuvieron una supervisión cercana a las granadas franceses con agentes



Mapa: El Frente Occidental estabilizado en 1915 (9)

lacrimógenos, pero al solamente ser dispersas en lugares abiertos no registraron ningún efecto notable. Los franceses rápidamente descartaron esta arma, pero la sospecha alemana no cesó. Contribuyendo al esfuerzo de guerra, el profesor Walter Nerst sugirió sumergir los proyectiles con explosivo TNT con clorosulfonato de diasinidina, un irritante que causaba mucosa. Al ser usadas el 27 de octubre de 1914 sin ningún efecto sobre las tropas británicas, los alemanes no quisieron rendirse, convencidos del potencial del arma química. ⁽⁹⁾

El objetivo del uso de irritantes no era matar, sino alejar a los soldados de la protección de las trincheras en el rango de las armas convencionales. De esta manera, las municiones serían mejor empleadas sin tanto desperdicio. ⁽¹³⁾

El experimento de Neuve-Chapelle incrementó el interés del Alto Mando alemán en los agentes químicos. El Instituto Kaiser Wilhelm decidió investigar en los departamentos de Fisicoquímica y Electroquímica en Berlín sobre algún compuesto más efectivo. La única limitante que tenían para el desarrollo de éste último era las líneas de la convención de la Haya, las cuales prohibían el uso de proyectiles con el único propósito de lanzar químicos almacenados dentro. ⁽⁹⁾ En un segundo intento, se decidió intentar cargar en una cavidad de explosivo, bromuro de xililo, de tal modo de cuando explotara el explosivo, el gas se escaparía al aire. Se le dio el código de *T-Stoff*, y podía ser letal de ser expuesto a altas composiciones. Hindenburg fue convencido de utilizar las *T-Stoff* en el frente oriental, cerca de Lodz, para probarlas en el campo de batalla. ⁽⁸⁾

Los lineamientos de la Haya dictaba la interdicción: “*D’employer du poison ou des armes empoisonnées*” (sobre emplear veneno o armas envenenadas) y “*d’employer des armes, des projectiles ou des matières propres a causer des maux superplus.*” (sobre emplear armas, proyectiles o materiales que causaren daño más grave). ⁽⁸⁾

Los alemanes buscaron entre las líneas de las palabras empleadas en la convención. Ellos declararon que el gas no causaba consecuencias tan graves en comparación con otras armas. En cuanto al empleo del arma, se excusaron bajo el término empleado por los lineamientos “proyectiles” y decidieron emplear tanques. Cuando los bandos empezaron a utilizar proyectiles, declararon que éstos no iban cargados solamente con veneno, sino en mezcla con explosivos, lo cual respetaba la convención. ⁽⁸⁾

En Berlín, Alemania, el científico Fritz Haber, conocido en el mundo de la ciencia por el famoso proceso Haber-Bosch junto con su premio nobel en 1918, se interesó por el proyecto. El sugirió el uso del cloro, previamente utilizado para la industria de tintes en su mayor proporción. A falta de piezas de artillería disponibles, se propuso la idea de utilizar cilindros industriales. ⁽¹⁴⁾ El cloro satisfacía las necesidades militares: era letal,

efectivo, no persistente y volátil. De igual manera, contaba con la densidad suficiente para resistir dilución con un viento moderado. ⁽⁹⁾ Su uso, bajo los ojos de las potencias, tenía la ventaja de no violar directamente el acuerdo de la Haya. La filosofía de Fritz Haber se basaba en el lema: “Durante la paz por la humanidad, durante la guerra por la patria” para el desarrollo de la ciencia. Se comparaba a Arquímedes, quien descubrió varias leyes de la física fundamentales por la paz, pero utilizó sus inventos ingenieriles en la guerra contra los Romanos. ⁽¹³⁾

Hace falta recalcar aquí la paradoja que existe con Fritz Haber, considerado alguien tan valioso para la ciencia como el creador del concepto que tenemos hoy como gas tóxico. Al solo considerar el efecto de guerra, no pudo ver más allá de las consecuencias que llevaría la creación y puso a su país primero que a la humanidad. Es algo muy importante que el científico, encuentre aquellas innovaciones que benefician al mundo y no que lo destruyan. El científico debe de ver más allá del momento cultural y contemporáneo para pensar en todas las consecuencias que por posteriores generaciones se vivirán.

Del lado del frente oriente en enero de 1915, se propuso establecer el primer ataque de gas cerca del pueblo de Bolimow. Se lanzaron una cantidad de proyectiles T-Shoff a partir de 600 armas a través de un frente de 7 millas junto de un ejército. En el ataque, las tropas no encontraron problemas con los restos del gas, pero al llegar del otro lado del río, era obvio la falta de efecto sobre los defensores. Después de una larga pelea por las posiciones, los alemanes lograron empujar a los rusos atrás ganando las posiciones, pero la defensa rusa fue suficiente para evitar el avance planeado por los alemanes. Jalando a las tropas alemanas al bosque, los rusos lograron su desorganización y junto con tropas de refuerzo siberianas, recuperaron los pueblos en una semana, regresando a los alemanes a su punto inicial antes del ataque. ⁽⁸⁾

La elección del frente ruso para el intento del uso de gas fue para no perder el elemento de sorpresa contra el frente de occidente. Sin embargo, las condiciones climáticas eran absurdas para el bromuro de xililo. El proyectil funcionaba al dispersar el líquido en pequeñas gotas por la explosión del TNT, así poder evaporarse y dar lugar al efecto irritante. Pero debido a la temperatura negativa en la batalla, el líquido se volvió tieso y turgente, congelándose, en lugar de evaporarse. ⁽⁸⁾

Sin embargo, todos estos ataques fueron solamente precursores a lo que se conoce como la primera fecha significativa de uso de armas químicas en un conflicto. El 22 de abril en Ypres, su creación fue soltada sobre los soldados aliados en lo que se conoce como el principio de la Segunda Batalla de Ypres. ⁽⁷⁾ Esta fecha marcó un acontecimiento en la historia militar, al reconocerse como el primer uso exitoso de

armas químicas letales en el campo de batalla. Ypres pudo no haber sido el primer uso de armas químicas, pero su importancia destaca que fue el primero que inspiraría el desarrollo de los demás gases de los que hoy en día todavía sufrimos consecuencias.

Una de las razones por las cuales se eligió esta localización fue la importancia para las vías de comunicación de los alemanes. Del lado francés en ese día se encontraban dos divisiones compuesta de soldados argelinos (45.º división) y metropolitanos (87.º División).⁽²¹⁾

La cantidad de bajas en este evento masivo en la historia son contradictorias, dependiendo de las fuentes aliadas o alemanas. Varían entre 300-500 hasta 3000-5000 bajas, con las últimas consideradas muy altas en últimas estimaciones.⁽¹⁴⁾ En tan solo 10 minutos, 160 toneladas de cloro cayeron sobre las trincheras a partir de aproximadamente 5000 tanques. El ataque fue preparado con tres semanas de anticipación, tras estudios exhaustivos sobre la dirección del viento y su comportamiento. Inclusive se hicieron varias pruebas anteriormente del lado del frente oriental contra los rusos.⁽¹⁶⁾ Los aliados habían recibido advertencias del ataque por parte de soldados alemanes desertores, sin embargo, esta información no logró trascender, al no contar con un margen de referencia para imaginarse el efecto terrible que tendría.⁽¹²⁾

Inmediatamente afectados por la sustancia, cundió el pánico en las trincheras.⁽⁷⁾ Un soldado británico relata la escena: *"[I watched] figures running wildly in confusion over the fields. Greenish-gray clouds swept down upon them, turning yellow as they traveled over the country blasting everything they touched and shriveling up the vegetation... Then there stag-gered into our midst French soldiers, blinded, coughing, chests heaving, faces an ugly purple color, lips speechless with agony, and behind them in the gas soaked trenches, we learned that they had left hundreds of dead and dying comrade."*^(16, 27)

Después de la sorpresa y del shock inicial, los comandantes aliados comenzaron a traer tropas de reserva para mover unidades del costado derecho e izquierdo para llenar el hueco. Los alemanes avanzaron 4.5 millas hasta que encontraron una línea de

²⁷ *"Miré figuras corriendo sin sentido bajo confusión sobre por los campos. Nubes verdosas cayeron sobre ellos, convirtiéndose en amarillo conforme se transportaban por el campo, destruyendo todo lo que tocaban y destruyendo la vegetación. Los soldados franceses, cegados, tosiendo, sus caras moradas, sus labios llenos de agonía nos informaron sobre los cientos de camaradas muriendo y muertos que tuvieron que dejar en las trincheras empapadas de gas."*

Se me hace importante respetar la cita original en inglés, al ser una descripción de un soldado que tuvo que sufrir los efectos y todos los sufrimientos que implica las armas químicas, y una traducción no le hace justicia.

defensa urgentemente organizada. Se considera que fue una de las sorpresas tácticas más importantes de la guerra. ⁽⁹⁾ Frente a la introducción de este nuevo peligro, los soldados debieron aprender a vivir con un miedo y a un desarrollo de nuevos instintos para asegurar su sobrevivencia. El gas, al ser más pesado que el aire, se sumergía y llegaba a las regiones más profundas de las trincheras. ⁽¹²⁾ Las poblaciones civiles en proximidad también fueron afectadas, quienes a veces se encontraban atrapados. A partir de estas circunstancias y necesidades fue que nació la noción y el concepto de una máscara contra gas. ⁽⁷⁾

Los siguientes eventos de la segunda batalla de Ypres, la cual duró hasta el 25 de mayo de 1915, se resumen a continuación: ⁽¹²⁾

FECHA	ACONTECIMIENTO
23 abril	Los británicos comenzaron a sospechar sobre el uso del cloro, y dieron la orden de sumergir los respiradores de algodón en bicarbonato de sodio y en orina, capaces de neutralizarlo.
24 abril	Los alemanes llevaron a cabo un ataque menor, soltando 15 toneladas de cloro, contra una unidad canadiense enviada para reforzar las otras dos aliadas.
25 abril	Del lado francés, se identificó y confirmó el uso del gas como cloro y se concibieron protecciones más avanzadas que agua y orina en almohadillas de algodón de hiposulfuro de sodio con hidratos alcalinos en soluciones de glicerina.
1 mayo	Los alemanes soltaron cloro desde 60 cilindros en una colina al sur de Ypres, donde algunas trincheras solamente se encontraban más cerca. De igual forma, las tropas se esforzaron con los pedazos de tela sumergidos en agua para poder sobrevivir. Cuando el viento cambió de dirección, los alemanes ahora tuvieron que enfrentar bajas. No se logró la toma de ninguna trinchera, pero para el lado aliado, las pérdidas fueron severas.
2 mayo	Los alemanes soltaron gas sobre una zona de tres millas de longitud contra 9 batallones británicos. Los hombres no estaban preparados, y una vez más, hubo muchas bajas.
24 mayo	La cantidad de gas, junto con su volumen y densidad superó las expectativas de los aliados quienes ahora ya contaban con respiradores de Velo Negro y unos pocos con el Casco Hypo. Al menos 46 batallones fueron expuestos en una zona de 4.5 millas de longitud. El gas inclusive envolvió árboles detrás de las líneas de batalla y llegó a olerse a seis millas de distancia.
25 mayo	El frente de Ypres finalmente se vió estabilizado, gracias a un cambio de táctica del lado alemán. Las fuerzas aliadas debían decidir sobre cuáles represalias tomar. Frente a la ventaja tecnológica de los alemanes y al considerar la posible baja en moral de las tropas, los comandantes autorizaron su uso.

Los laboratoristas y farmacéutas franceses trabajaban bajo dos principios básicos: la búsqueda de protección individual y la producción de agentes agresivos. ⁽²⁸⁾ Los alemanes continuaron atacando, en diversas zonas y momentos, los cuales se describen en la tabla siguiente: ⁽¹²⁾

FECHA	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN
ca. 31 mayo	Frente oriental	Esto tomó a las tropas rusas por sorpresa, quienes se encontraban en un cambio de turno. El ataque dejó 5 000 bajas, aunque el cambio de viento impredecible junto con resistencia inesperada rusa dejó 56 bajas de gas alemanas. En el segundo ataque, el 12 de junio, el viento nuevamente contraatacó dejando 350 bajas del lado alemán. El tercero empeoraría aún más el asunto, al dejar 1450 bajas alemanas, de las cuales 130 fallecerían. ⁽¹²⁾
20 junio	Argonne	Sobre los aliados, los alemanes soltaron una cantidad de gas que venció a la máscara <i>Compresse</i> inútil. Se descubrió que los explosivos alemanes contenían bromo, dejando un vapor rojizo café irritante. La máscara protegía las vías respiratorias, pero no estaba preparado para proteger los ojos.
30 junio	Argonne	Los alemanes reprodujeron el ataque, capturando 3 000 hombres francés y forzando éstos últimos a retroceder.
16 julio	St. Mihiel	Emplearon cloroformiato de clorometilo (llamado <i>K- o C-Stoff</i>), y aunque los aliados lograron identificarlo rápidamente, siguieron desarrollando otros lacrimógenos con bromo, incluyendo el bromoacetato y 1-bromo-2-butanona. Esto les permitió capturar 5 000 prisioneros más.

El miedo más grande de los aliados era que los científicos alemanes atacarían con gases mucho más letales que el cloro, el cual volvería sus máscaras inútiles. Los británicos buscaron con prisa la planeación de su propio ataque de gas. Entre junio y septiembre, cuatro compañías especiales de Royal Engineers fueron formadas, y finalmente, se decidió integrar el uso de gas en la ofensiva planeada el 25 de septiembre en Loos. Se le advirtió a Haig, comandante del primer ejército, no depender todo su ataque del gas, ya que éste estaba sumiso a la falta de fiabilidad del viento. ⁽¹²⁾

La mañana del día del ataque, efectivamente no pudo cancelar el ataque aún con el cambio del viento. El gas fue soltado a las 5:40 am durante una hora con más de 5500 tanques en un frente más amplio. Al ser demasiado largo, los británicos decidieron usar humo de vela para simular gas en las áreas donde el gas no sería empleado. Alternando las descargas de gas y humo, el ataque pudo ser prolongado por 40 minutos. Fue la primera vez que se empleó una cortina de humo en la guerra. ^(9, 12)

Tanto el gas como el humo causaron gran pánico en las líneas alemanas, llevando a la captura del pueblo de Loos. Sin embargo, algunas nubes de cloro flotaron al norte y regresaron a las trincheras británicas, las cuales no estaban preparadas para tal ataque. Un problema surgió: al no investigar correctamente las uniones entre los tubos terminaron en fugas. El gas soltado congeló las válvulas impidiendo que las tropas

podrían cerrarlas. Miles de soldados de infantería encontraron sus trincheras llenas de cloro causado por las fugas de tubería. Con un clima lluvioso, las gotas de agua reaccionaron con los químicos irritando la piel y los ojos de los soldados equipados de cascos P y PH. Esto llevaba a los hombres a levantar las máscaras para encontrarse con cloro, dejando más bajas. ⁽¹²⁾

Los ataques de gas británicos siguieron el 26 de septiembre hasta el último día de batalla, el 13 de octubre sin ningún avance exitoso. Más bien, lo importante de este ataque, fue la aceptación de las potencias y su expansión en el uso de químicos como armas de guerra. ⁽⁹⁾

El segundo agente peligroso introducido y empleado por los alemanes fue el Fosgeno. Como el caso del cloro, esta sustancia era bastante común entre la industria, utilizado en la industria del tinte. ⁽¹³⁾

El primer ataque de fosgeno registrado cayó del lado británico. El 19 de diciembre de 1915, poco tiempo después de las 5:15 am, los alemanes abrieron alrededor de 9300 cilindros y soltaron 177 toneladas de cloro/fosgeno en una proporción de 4:1. Atacando de noche incrementaba el elemento de sorpresa. El gas fue identificado como fosgeno, más de diez veces más tóxico que el cloro. Era difícil de detectar a bajas concentraciones, y a diferencia del cloro, el fosgeno no causaba convulsión al respirar. También contaba con su efecto retardado, donde las víctimas parecían aparentemente sanas hasta unas horas después. ⁽¹²⁾

En 1916, los alemanes introdujeron su Cruz Verde llena de difosgeno. Subdividieron la Cruz Verde primero en un porcentaje 75% fosgeno, 25% difosgeno, llamada Cruz Verde 1. Luego, en julio 1917, 4 porcentajes diferentes de fosgeno, difosgeno y difenilcloroarsina fueron llamados Cruz Verde 2, A, B y C. Siguieron las Cruces Azul y Amarilla. Incrementando la carga explosiva de la Cruz Amarilla al final de la guerra, está fue marcada con una doble cruz. Descubrieron que el gas persistía más tiempo cuando un agente y una pequeña cantidad de explosivos estaban colocados en un proyectil. Con esta táctica lograban gasear áreas por periodos de tiempo. ⁽⁹⁾

Para ambos lados, la guerra se había convertido en una de material y atrición. El objetivo era desmoralizar las tropas adversas. Pocos ataques de infantería siguieron los ataques con nubes de gases, prefiriéndose el uso de los proyectiles. ⁽¹²⁾

Por un lado, los alemanes soltaron aproximadamente 20 ataques a base de cilindros en todo 1916, primero con una proporción 80/20 cloro/fosgeno, para después modificarlo a 50/50. ⁽¹²⁾

Del lado aliado, las preparaciones francesas para contraatacar con sus propios cilindros fueron frustradas por la falta de producción de cloro en cantidades suficientes; lo mismo sucedía con la producción de fosgeno. Formaron Compañías Z de ingenieros para manejar los ataques de gas. El primer ataque planeado para principios de diciembre en Champagne fue abandonado después de instalar 2/3 de los tanques debido a las condiciones del terreno mojado. Sin embargo, pocos oficiales franceses mostraban interés por montar ataques gaseosos al considerar la población civil del otro lado de las trincheras alemanas. ⁽¹²⁾

Los británicos usaron de forma más común los tanques en 1916, a raíz de la escasez de proyectiles. En otoño de 1915, la decisión había sido tomada de mezclar cloro y fosgeno bajo el nombre de “*White Star*” (Estrella Blanca) pero no fue hasta abril de 1916 cuando pudieron llevarse a cabo con la disponibilidad de los materiales. ⁽¹²⁾

Cada bando llevó a cabo varios ataques a lo largo del año 1916, los cuales se resumen a continuación: ⁽¹²⁾

FECHA	UBICACIÓN	BANDO OFENSIVO	DESCRIPCIÓN
9 marzo	Douaumont	Aleman	El primer uso de proyectiles con fosgeno. Eligieron el difosgeno como agente, una variante menos tóxica.
4-5 abril			
27 abril	Hulluch	Aleman	Sorprendieron a los británicos soltando humo durante una hora y media seguido de gas. Al terminarse el humo, los soldados británicos se quitaron las máscaras con la impresión de estar a salvo, sufriendo altas bajas. En severas ocasiones, los alemanes tuvieron éxito en penetrar los respiradores aliados, y las limitaciones de los cascos PH se mostraba.

29 abril	Kink	Alemán	Al tener las trincheras cerca, se contaba con menos tiempo para la colocación de máscaras y una mayor densidad del gas. Una diferencia de 50 yardas, dejó casi cada soldado británico muerto. El mismo ataque, los alemanes sufrieron una regresión cuando 3 600 de los cilindros alemanes regresaron a la trinchera alemana por causa del viento. Esto causó confusión y pánico en las líneas alemanas. El personal de gas no logró cerrar las válvulas lo rápido suficiente. Muchos de la infantería bávara contaban con máscaras en mala calidad, las cuales se rompieron al contacto con tal concentración de gas. Hubo alrededor de 1 500 bajas.
7 mayo	Tavannes	Alemán	Se lanzaron cerca de 13 800 piezas de artillería de Cruz Verde.
19-20 mayo	Chattancourt	Alemán	Se lanzaron cerca de 13 000 piezas de artillería de Cruz Verde.
16 y 21 agosto	Guillemont	Británico	Solamente habían bombas de humo oscuro disponibles y se utilizaron para cegar las metralletas alemanas mientras que la infantería avanzaba.
13-15 septiembre	Flers-Courcellette	Británico	Se soltaron 9000 proyectiles de gas.
24 septiembre	Thiepval	Británico	Primer empleo de las primeras bombas SK lacrimógenas.
Febrero - Diciembre	Verdún	Alemán	Se usaron 116 000 Cruces Verdes rompiendo las máscaras T de los franceses y silenciando su artillería.
		Francés	Primer ataque de gas reportado en marzo.
Julio - Noviembre	Somme	Alemán	Se dispararon proyectiles de Cruz Verde 12 veces en julio y 9 veces entre agosto y septiembre causando 2 800 bajas. En octubre las bajas disminuyeron a 1 300 por la introducción de la Caja Respiratoria Pequeña británico.
		Francés	Se dispararon más de 30 000 proyectiles de 155mm al principio de la ofensiva. Después, buscaron silenciar la artillería alemana. El primer intento, en la noche del 9-10 de octubre, soltaron 4 000 proyectiles de 75mm y 4 400 de 155mm.
		Británico	En toda la campaña, se considera el uso de alrededor de 410 000 proyectiles de explosión.

Los alemanes también usaron sus proyectiles de Cruz Verde en morteros a principios de 1916, pero se descartaron como peligrosos y no populares. Los franceses también desarrollaron la Vincennite, basada en el ácido cianhídrico, que contenía un aditivo con el propósito de aumentar su peso. Ni los alemanes ni los británicos la consideraron, sin

embargo, los franceses siguieron usándola hasta el final de la guerra. ⁽¹²⁾

El uso de proyectiles británicos tuvo como obstáculo la falta de municiones y de los químicos para rellenarlos. Para el final del año de 1916 sólo habían producido 160 000. Gran Bretaña dependía considerablemente en cloropicrina (PS), el cuál era fácil de producir. Éste lograba quedarse en los hoyos creados por las bombas por más de tres horas. La cloropicrina era efectiva como un agente lacrimógeno tanto como un gas letal, aunque menos tóxico que el fosgeno. La característica clave era que tenía la capacidad de penetrar la mayoría de los filtros en los respiradores. Los rusos la emplearon en 1915, y los alemanes la llamaron ‘Klop’. ⁽¹²⁾

La mejoría en defensa del lado aliado llevó a los alemanes a emplear menos ataques de tanques, y concentrarse más en proyectiles. El interés francés por las nubes de gas igualmente disminuyó. Entre diciembre 1916 y su último uso el 20 de marzo de 1918, llevaron a cabo solamente 14 ataques, usando una combinación de cloro-fosgeno. Los británicos, por su lado, refinaron los ataques de tanques en los gases utilizados. La estrella blanca (cloro y fosgeno) continuó a ser el llenado estándar, pero se intentó la adición de cloropicrina, mezclado con sulfido de hidrógeno (llamado Estrella Verde), como también cloro (Estrella Amarilla) para penetrar las máscaras alemanas. ⁽¹²⁾

Los ataques siguieron en 1917, los cuales también se resumen a continuación: ⁽¹²⁾

FECHA	UBICACIÓN	BANDO OFENSIVO	DESCRIPCIÓN
31 enero	Reims	Alemán	Con ataques de cloropicrina, vaciaron 18 600 tanques en un frente de amplitud de 7 millas causando cerca de 500 muertes y 1500 heridos. Buscaban penetrar las máscaras de M2 ahora más resistentes a los gases.
Febrero	-	Alemán	Con condiciones atmosféricas más favorables, se llevó a cabo ataques de proyectiles. La combinación requerida fue de 21 000 proyectiles ligeros, medianos y pesados para una extensión de aproximadamente media milla cuadrada. Esto equivale a 41 toneladas de Cruces Verdes, menos de lo que se podría lograr con un ataque de tanques, pero suficiente para lograr la utilización extensa de máscaras del bando opuesto.
4 abril	Arras	Británico	El primer uso a gran escala del proyector Livens. Un ataque fue llevado a cabo 5 días antes para desorganizar las defensas alemanas, y la brigada especial disparó 2 340 proyectores desde 31 ubicaciones a las 6:15am.
12-13 julio	Ypres	Alemán	Primer ataque con uso del gas mostaza. <i>(más información después de la tabla)</i>

20-21 julio	Armentières	Alemán	Bombardeo de mostaza que dejó alrededor de 6400 heridos, incluyendo 675 civiles viviendo en las afueras de la ciudad, de los cuales 86 murieron. Estas bajas llevaron a incrementar el uso de la máscara M2 a los civiles en la zona de batalla.
1 septiembre	La Bassée-Loos-Hulluch	Británico	El primer ataque de su serie de uso de sus nuevas estrellas. Emplearon Estrella Blanca, Estrella Roja (cloro puro) y Estrella Amarilla en un ataque de 1 334 tanques.
Septiembre	Béthune	Alemán	El último ataque de tanques por los alemanes en el frente occidental con 8 toneladas de cloro-cloropicrina. Los mineros de carbón franceses todavía trabajan sobre el sistema aun con éste extendiéndose detrás de la trinchera alemana. Fueron forzados a replegarse mientras el gas penetraba sus máscaras. Los alemanes continuaron a emplear ataques de nubes de gas contra los rusos del lado oriental, hasta que estos salieron de la guerra en noviembre.
Octubre	Isonzo	Alemán	Primer ataque exitoso con el uso de copias de los proyectores Livens en el frente italiano. Gracias al éxito, continuaron una serie de ataques de proyectores.
	-	Francés	Bombardearon posiciones alemanas durante 7.5 horas causando el retiro de una división exhausta del uso continuo de los respiradores, fue su único ataque efectivo durante el año.
5-6 noviembre	-	Británico	Bombarearon con cloropicrina, pero un cambio de viento les mostró que las máscaras británicas eran vulnerables.

En búsqueda de nuevos irritantes de pulmón con mayor persistencia, los científicos alemanes Dr. Lommel y Prof. Steinkopf propusieron el uso de una sustancia previamente rechazada como insuficientemente tóxica. Llamada "Lost" a partir de la combinación de sus apellidos, también se le conocía como Cruz Amarilla. Los franceses la bautizaron como Yperite. Para los británicos y los americanos, quienes ahora ya eran parte de la guerra, le darían su nombre más conocido de "gas mostaza".
(12)

La importancia de este descubrimiento se compara al ataque el 22 de abril en Ypres, ya que sería un descubrimiento que marcaría tanto el resto de la guerra como el resto del siglo. Incluso se podría decir que el comienzo del uso de gas mostaza llevaría a muchas más consecuencias actuales que las del cloro. Los científicos habían perdido toda responsabilidad en sus avances, algo que hoy en día todavía se debe enfrentar.

El gas mostaza se convertiría en el gas más efectivo de la guerra. Su primer uso del lado alemán disparó 50 000 piezas de artillería rellenas de este nuevo gas el 12-13 de julio de 1917 cerca de Ypres, y se quedaron atónitos al saber el número de bajas ocasionadas no a través de la irritación de pulmones sino de quemaduras a la piel y ceguera. ⁽¹²⁾

Tomó a los aliados por sorpresa, al ver los proyectiles explotar, pero no sintieron ningún efecto inmediato y concluyeron que se trataba de un truco. Por esta razón no se colocaron las máscaras y horas después a la gran consternación de médicos y oficiales, las tropas se quejaban de dolores y quemaduras en la piel expuesta de los soldados británicos. Por su habilidad de dejar tantas bajas, pronto se le denominó como el “Rey” de los gases de guerra. ⁽⁹⁾

En julio 1917 los alemanes introdujeron nuevamente un nuevo agente, la difenilcloroarsina, clasificada como Cruz Azul. Lograba penetrar los respiradores y causar dolor forzando a los soldados a remover su máscara y así caer con los proyectiles más tóxicos. Esto era en teoría, la práctica resultaba diferente, ya que las detonaciones raramente tenían un efecto serio sobre las tropas aliadas. La falta de pruebas significó que los alemanes no lograron conocer la ineficiencia de sus armas y desperdiciaron una producción de 10 millones de proyectiles de Cruz Azul entre 1917-18. ⁽¹²⁾

Del lado británico, se realizaron mejoras al mortero Stokes: un detonador mientras que la bomba yacía en la parte superior del barril fue remplazo con una palanca. La disponibilidad de municiones permitió a la brigada especial de disparar cercano a 100 000 bombas Stokes en 1917. Se soltaron bombas de cloropicrina y de SK para dejar exhaustos a los alemanes. Se siguió con bombas termitas, hechas de aluminio en polvo y óxido de hierro quemando a 3000°C. Se combinó el uso de morteros con los proyectores Livens. ⁽¹²⁾

En diciembre 1916, las fuerzas ordenaron 15 000 proyectores y 50 000 proyectiles; en noviembre 1918, 140 000 proyectores y 400 000 proyectiles habían sido distribuidos. Su funcionamiento era a base de electricidad, con un flash enorme y explosión con una nube blanca. Usualmente eran usados de noche, interrumpiendo grupos de raciones y causando miseria entre los soldados al frente. ⁽¹²⁾

De abril a noviembre, 97 000 tambores fueron lanzados en 25 ataques, con la intención de apoyar las redadas. En las ofensivas británicas de 1917, el gas se volvió un arma estándar y preferida para contraatacar. Los proyectiles de gas no requerían tanta

precisión, las cuales sólo requerían caer en la corriente de viento del blanco. ⁽¹²⁾

El método alemán de usar mostaza mejoró en 1918. Saturaron varios puntos fuertes en las líneas del frente durante 48 horas antes de un ataque, con una profundidad de 5 a 6 millas de ancho y saturaron los cruces de camino donde las reservas y municiones debían pasar. ⁽²⁹⁾ El gas fue esencial a la serie de ofensivas lanzadas en marzo, la “*Kaiserschlacht*”, su último intento de vencer a los aliados antes de la llegada de las fuerzas estadounidenses al frente. ⁽¹²⁾

Los alemanes desarrollaron una gama diferentes proyectiles químicos. Simplificaron su nomenclatura: verde para irritante de pulmones, amarillo para mostaza, azul para irritantes sensoriales tales como piedras a los filtros. Mientras que el azul y el verde no eran considerado persistentes, el amarillo sí lo era y sería empleado contra artillería y para cerrar objetivos imposibles en los lados. ⁽¹²⁾

Los franceses lograron reproducir el gas mostaza un año después del uso alemán, con el costo de sufrir bajas en la industria comparables a esos del frente. Los británicos desarrollaron un tipo de ataque rayo de gas de distancia larga en los tanques para enviar ataques profundos en el fondo de las trincheras alemanas. El gas fue soltado en un frente angosto, pero era lo suficiente concentrado para penetrar las máscaras alemanas en las partes traseras de las líneas por sorpresa. 9 de estos ataques “de rayo” se llevaron a cabo en 1918, pero no remplazaron los ataques de proyector. Se siguió usando ataques de tanques junto con proyectores para mantener a los alemanes en un estado constante de ansiedad e impedirlos descansar. ⁽¹²⁾

Los ataques de 1918 se resumen a continuación: ⁽¹²⁾

FECHA	UBICACIÓN	BANDO OFENSIVO	DESCRIPCIÓN
21 marzo	-	Alemania	El objetivo del ataque era silenciar la artillería británica. Contra la infantería, la mezcla de fosgeno y Cruz Azul era de 50/50; contra la artillería, era de 80% mostaza con explosivo. Las áreas afueras de la zona de ataque era bombardeada de gas mostaza para prevenir cualquier contraataque. Para los ataques de infantería, los Feuerwalz, una cortina de fuego que seguían atrás a las tropas de asalto la cual se quedaba 328 yardas atrás. El gas en la cortina de fuego redujo la resistencia inglesa, pero también frenó las tropas alemanas al tener que emplear máscaras de gas. El ataque de marzo fue lo más cercano que los alemanes se acercaron a explotar la táctica del gas a su máximo

Marzo	St. Quentin	Británico	Siguiendo con su método de dispersión, 3000 proyectores Livens atacaron a los alemanes.
9-25 abril	Armentières	Alemán	La zona fue bombardeada tan fuerte que caían gotas líquidas en las alcantarillas. En el área aproximadamente 4000 civiles fueron expuestos, pero gracias a las precauciones, solamente 230 fueron afectados y 19 murieron.
23 mayo	-	Británico	En un ataque “de rayo”, 3 789 cilindros se soltaron para enviar 120 toneladas de fosgeno.
16-18 junio	-	Francés	Los franceses usaron el gas mostaza por primera vez causando 265 bajas alemanas, de las cuales 26 serias.
Junio-julio	Sectores del sur (Blücher, Gneisenau, Marneschutz, Reims.)	Alemán	Los proyectiles de gas fueron menos efectivos. El viento cambió de dirección y mató un número significativo de tropas ofensivas. Atacar con las máscaras puestas fatigaba a las tropas mientras que las tropas aliadas contaban con pocas bajas de gas.
4 julio	Hamel	Británico	Los morteros Stokes dispararon 720 rondas de fósforo blanco y 154 de cloruro estáñico para evitar observación, con 612 rondas al sur para levantar una pantalla de humo para esconder el ataque de los atacantes.
15 julio	Marne	Alemán	Los alemanes agregaron tintes rojos y morados a sus proyectiles para identificar los hoyos contaminados, cosa que benefició a las tropas aliadas. Podían adivinar donde iba a haber un ataque alemán gracias a la dispersión del gas mostaza.
18 julio	-	Estadounidense	Primer ataque estadounidense. A partir de proyectores y a partir de sus habilidades de cargar morteros Stokes británicos por millas. También se adaptaron al proyector Livens, disparando en grandes números. ⁽³⁾
8 agosto	Amiens	Británico	Los morteros Stokes y los proyectores Livens fueron usados en el costado izquierdo dos días antes y 175 cargas de fosgeno fueron disparadas al costado norte un día antes de atacar. Cabe mencionar que se le atribuye a la ofensiva de Amiens como una victoria clave aliada.
Septiembre	Marne	Francés	Se soltaron 984 toneladas de gas mostaza.
29 septiembre	St. Quentin	Británico	El primer uso de mostaza británico. Se disparó durante la noche, silenciando la artillería y causando bajas extendidas. Se llevó a cabo combinaciones de otros gases y también fueron empleadas. Uno de los últimos ataques de gas, al retorno a una guerra de movimiento.

El resto del año, los alemanes se encontraron en retirada, y el gas mostaza encontró propiedades defensivas más útiles que ofensivas. Era imposible para los alemanes

planear sus ataques complejos mientras que el suministro y comando comenzaban a desorganizarse. Durante octubre, el gas dejó de ser un factor para detener el avance aliado. Cuando los aliados fueron a las ofensivas del verano, el movimiento contante detuvo el empleo de los proyectores Livens y morteros Stokes. ⁽¹²⁾

Una de las bajas durante el ataque en Flanders británico en la noche del 13-14 de octubre fue Adolf Hitler, en aquél entonces sirviendo con el Régimen 16 de Bavaria, el cual contaba con una ceguera de la cual tuvo que ser mandado a un hospital. ⁽¹²⁾

Estados Unidos, se encontraba siendo un país que había ejercido un gran esfuerzo para mantener su neutralidad. Aun así, en estos tres años la simpatía estadounidense por la causa aliada, era clara, desde el apoyo económico y transporte. Un incidente de un barco comercial relacionado con un submarino (U-Boot) alemán y la intención alemana de crear una alianza con México llevaron a una declaración formal de guerra el 6 de abril de 1917. ⁽¹⁶⁾

Considerando la ventaja de poder haber observado el desarrollo de la guerra química, el ejército de Estados Unidos debió, al entrar en la guerra, estar en una posición de ventaja en el ambiente químico sin las bajas sufridas por los franceses, británicos y alemanes. Pero este no fue el caso. ⁽⁹⁾

Su ejército no solo faltaba de equipo defensivo contra gases de guerra, sino tampoco contaban con planes concretos de acción para desarrollar o manufacturar máscaras de guerra. Ningún oficial contaba con algún conocimiento para desembocar ofensivas en forma de gas. El mismo día en el que se declaró la guerra, el Consejo de Defensa Nacional formó una Comisión de Gases Nocivos. Se definieron lineamientos a seguir para la producción de máscaras anti-gas. Fueron expedidos y revisados por expertos británicos. Éstos los rechazaron todos, al tener la pieza de boca demasiado grande y rígida. La tela empleada también era inefectiva contra la cloropicrina. ⁽⁹⁾

En septiembre 1917, finalmente llegó la creación de una unidad de entrenamiento dedicada a enseñar a cientos de miles de tropas las defensas contra el gas. Siendo limitada, se organizaron pláticas de 1-2 horas para intentar explicar cómo ajustarse la máscara. Con el progreso de la guerra, el entrenamiento para manejar el gas mejoró, con libros, unidades de entrenamiento mejoradas, certificaciones y mejores máscaras. ⁽⁹⁾

La entrada de Estados Unidos a la guerra química impulsó su investigación científica en el área. En un año, las universidades más prestigiosas del país se dedicaron a investigar. Se extendió a desarrollar las armas ofensivas, incluyendo el descubrimiento

del agente basado de arsénico llamado Lewisite. ⁽¹⁶⁾ Aunque los primeros esfuerzos en la guerra química fueron direccionados hacia medidas defensivas, el desarrollo para contraatacar fue muy activo.

El ejército intentó contratar un número de industrias civiles, pero se negaron por el peligro de producción de gases y la falta de demanda fuera del conflicto. Además de eso, las empresas ya estaban comprometidas con la producción de otros productos químicos relacionados con la guerra. El ejército tuvo entonces que construir sus propias plantas y la primera se llevó a cabo en diciembre 1917 en Maryland. En el verano de 1918, el bando estadounidense contaba con plantas produciendo fosgeno, cloropricrina, mostaza y cloro. La mayoría de los agentes producidos eran enviados a los aliados en baterías. La producción de agentes llegó a su máximo un mes antes del final de la guerra, y se llevó a cabo el relleno de los proyectiles franceses y británicos con agentes estadounidenses. ⁽⁹⁾

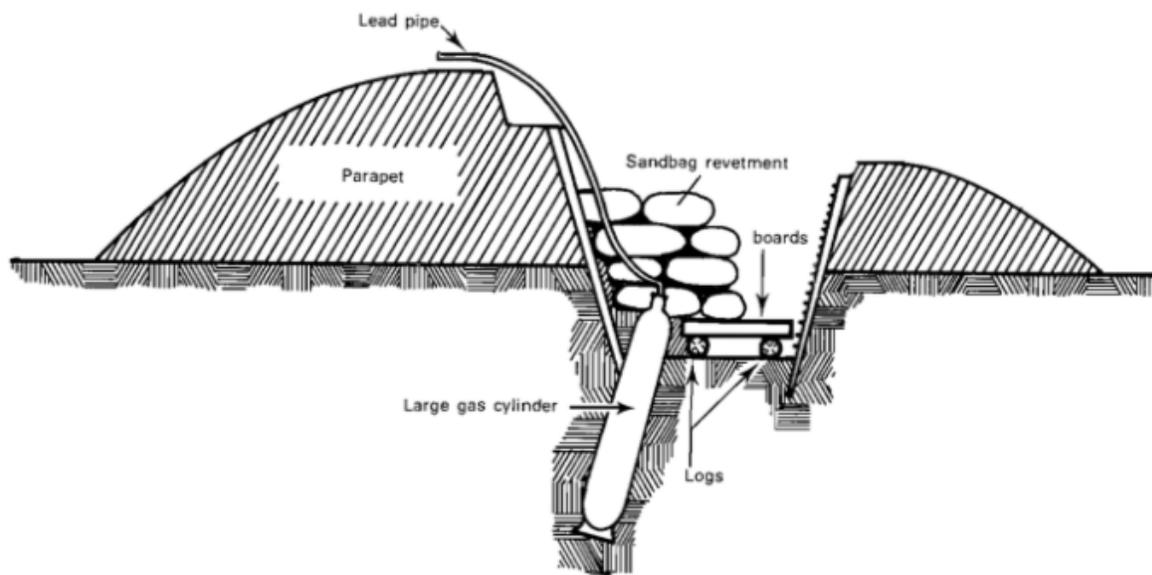
3.3 Tipos de dispersión

A continuación, se explican los diferentes tipos de difusión del arma química y del armamento disponible en la época correspondiente:

- *El ataque por ola.* Este proceso consiste colocar en hoyos cavados a metros de las líneas enemigas cientos hasta miles de cilindros de gas presurizado. Unidas entre ellas por un cableado de plomo, son abiertas previo al asalto terrestre de las tropas liberando una capa de gas transportada por el viento hasta las trincheras enemigas. Este procedimiento fue usado a partir de 1915 hasta 1917 eventualmente desechado por la volatilidad y dependencia del clima.
- *El ataque por pieza de artillería.* El siguiente paso fue utilizar el bombardeo por la artillería. Tiene la ventaja de poder concentrar el ataque a una zona específica. Logra también detener el avance del enemigo en caso de ataque y neutralizar su ubicación. ⁽⁷⁾

Los cilindros usados en el ataque de Ypres en 1915 fueron el primer componente importante de un sistema inmóvil. Usualmente tomaba varios días de labor intensiva dependiendo del terreno, del clima, de la mano de obra disponible y del fuego enemigo para colocar los tanques para un ataque de nube. Una vez colocados, los tanques se encontraban peligrosamente expuestos a los proyectiles llenos de explosivos enemigos y con la posibilidad de ser dañados. ⁽⁹⁾ Uno de los problemas más constantes con los cilindros era la posibilidad de que el viento los llevara a la trinchera equivocada. La dinámica de posición de las latas era muy estudiada días y semanas antes de emplear un ataque de gas. Se recomendó construir barreras detrás de la colocación de los

cilindros, como la cavidad de hoyos todavía más profundos. ⁽²⁴⁾



Vista lateral de un emplazamiento de tanque de gas. ⁽⁹⁾

Esto dio luz a la creación de compañías de gas, con la función de preparar y de determinar la viabilidad de los ataques. Cada cilindro de gas tomaba aproximadamente 6 minutos para vaciarse y cada base de gas contaba con 6 tanques cada uno. Si el viento era considerado rápido (10 a 16 km/h) el gas debería ser soltado lo más rápido posible para asegurarse de que la concentración que llegara al enemigo fuera efectiva. En condiciones de viento calmado, se podía soltar el gas de manera más lenta para obtener el mismo efecto. Era la responsabilidad de la compañía Z del lado francés coordinar los ataques junto con los ataques terrestres de las otras tropas a continuación. ⁽²⁴⁾

Los alemanes, por su lado, colocaron sus arreglos cilindros de manera que 20 tanques formaban una batería. 50 de estas baterías eran requeridas para saturar 1 km del frente con gas. La falta de vientos favorecidos, usualmente de oeste a este, forzó a los alemanes a abandonar el ataque de nube. El 8 de agosto de 1916 lanzaron su último ataque de tanques en Wielje, cerca de su primer uso en Ypres. ⁽⁹⁾

En adición al desarrollo de unidades de gas, una investigación constante continuó por sistemas de dispersión más efectivos. La aportación francesa en el desarrollo de las armas químicas fue su investigación sobre las piezas de artillería venenosas de gas. ⁽²⁴⁾

Las primeras piezas fueron soltadas en un ejercicio de prueba en Bourges, al principio de mayo 1915. Llamaron la atención de Joffre, y solicitó la producción más rápida de las piezas de artillería después de varias pruebas de laboratorio. Con el avance de 1915, las piezas de artillería fueron cada vez más empleadas en el campo de batalla.

Se mandaron en cubiertas separadas, bajo la sospecha de que las piezas completas serían muy volátiles y podrían explotar en tránsito. Fueron descritas como altamente inflamables, efectivas contra pueblos, inmuebles y defensas. Hizo falta varios intentos en diferentes ubicaciones para que los franceses finalmente podrían emplearlas con un máximo de efectividad. ⁽²⁴⁾

Las cargas de los gases en las piezas de artillería francesa llegaron con varios desafíos para los franceses.

1. *La distribución de los proyectiles:* Algunos agentes no tuvieron problemas con el metal empleado en las cáscaras de los proyectiles tal como el fosgeno y el ácido cianhídrico, pero otros productos requerían el producto asfixiante ser aislados del metal. La introducción de una camisa de plomo aportó desde 1915 una solución inicial al problema. Después, se logró colocar vidrio al interior. A continuación, alcanzaron a realizar un dispositivo permitiendo de aislar a los lacrimógenos basados en cloro agregando en la parte central un tubo donde se introducía el agente.
2. *Los talleres de carga.* La fabricación de gas asfixiante representaba una empresa peligrosa, con precauciones especiales, sobre todo con los agentes volátiles tales como el fosgeno y el ácido cianhídrico. Se necesitaron instalaciones completamente nuevas. ⁽⁵⁾

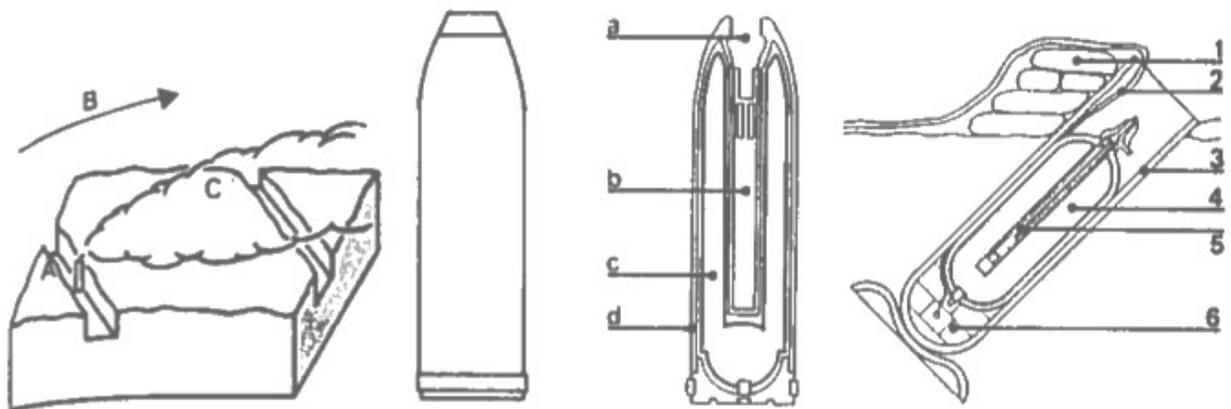
Del otro lado de las trincheras, la artillería alemana empezó a buscar nuevas tácticas y químicos contra los franceses. Empezaron realizando bombardeos concentrados de piezas de artillería en forma T (denominadas 'T-Shoff'). Los primeros ataques con proyectiles llenos de gas alemanes trataron de imitar las nubes de los cilindros, pero esto requería un largo número de unidades. Aunque era imposible obtener el mismo volumen de gas con proyectiles que con tanques, tenían la ventaja de poder ser distribuidos en sitios específicos, en sorpresa y sin dependencia al clima y los vientos. ⁽¹²⁾ Para evitar confusión y ayudar a los hombres de artillería, los alemanes inventaron un sistema de cruces identificando sus compuestos químicos. ⁽⁹⁾

Aún con la escasez de piezas de artillería, los británicos utilizaron los tanques como método de dispersión hasta el final de la guerra. Usaban 7-8 cilindros en una sección, y 6 en una compañía de brigada especial. 16 compañías podrían producir una ola de gas que cubría 24000 metros de largo en el frente. Los británicos suplieron la falta de proyectiles con el uso de tanques con el mortero de 4 pulgadas Stokes, introducido en julio de 1916 en la batalla de la Somme. El arma, diseñada específicamente para disparar gas y piezas de artillería, contaba con una carga explosiva tres veces más grande que la del mortero normal. ⁽⁹⁾

Mejoraron estos ataques con la introducción de "ataques de rayos". Se colocaban

varios tanques en vagonetas en pedazos angostos que los soldados empujaban a posiciones cercanas a las trincheras. Después de abrirlos, el gas resultante contaba con una concentración tan densa que las líneas enemigas debían ser evacuadas. Esto causaba gran ansiedad a las tropas alemanas al no poder identificar el origen del gas.⁽⁹⁾

Los británicos decidieron encontrar una manera más práctica para soltar los gases y desarrollan el "Proyector Livens". Consistía en soltar las sustancias en un mortero de manera parecida a los proyectiles. Una vez del lado enemigo, las piezas de artillería soltarían las sustancias dentro de una zona específica. Arriba de 197 000 bombas de este tipo se soltaron en todos los días de guerra de noviembre 1918.⁽⁷⁾ El proyector consistía de un cilindro de acero de 8 pulgadas de diámetro, de 1.25 pulgadas de espesor, que venía en dos tamaños, de 2 pies 9 pulgadas y de 4 pies. Esta arma también contaba con el elemento sorpresa como los proyectiles, pero con la concentración de los tanques. Durante la guerra, los británicos llevaron más de 300 ataques a cabo. El 31 de marzo 1918, la más grande de esas operaciones ocurrió en Lens, donde se dispararon 3728 de estos proyectores.⁽⁹⁾



Ataque de nubes:

A: Cilindros de gas escondidos en la línea del frente

B: El viento determinaba la dirección del ataque

C: La nube de gas

Pieza de artillería alemana: Al entrar en contacto con el piso, la espoleta prendía la carga explosiva lo cual rompía la cubierta y soltaba el gas.

a: Bolsa de espoleta

b: Carga explosiva

c: Gas licuado

d: Cubierta

Proyector Livens: Un mortero crudo disparaba un cilindro de gas licuado, cavado en el piso en filas de 25 para ser disparadas en ráfagas.

1: Bolsas de arena

2: Conducto eléctrico

3: Barril de metal delgado

4: Cilindro de gas licuado

5: Explosivo

6: Carga de propulsor.⁽²⁵⁾

Descripción gráfica de los tipos de dispersión de las armas químicas.⁽²⁵⁾

Los alemanes, al contar con bajas importantes por causa de los proyectores británicos decidieron desarrollar los suyos trabajando con sus morteros pesados de 18 cm. Estos

tubos podían disparar un proyectil conteniendo de 3-4 galeones de algún agente químico. Su primer ataque se llevó a cabo en diciembre 1917 y en agosto, 1918 introdujeron un proyector de rifle de con un diámetro de 16 cm, el cual aumentó el alcance del equipo a 3500m. Los proyectiles contaban con 23 libras de agente químico con media libra de pumita, la cual evitaba que el compuesto químico volara al aire en la explosión. Sin embargo, los británicos estaban más avanzados en sus sistemas de morteros. ⁽⁹⁾

Inicialmente, las tácticas de dispersión de los gases químicos variaron en cierto grado entre los Aliados y las Potencias Centrales, pero al tiempo del Armisticio, todos los protagonistas empleaban los mismos sistemas similares. ⁽⁹⁾ Varias estrategias fueron trabajadas a lo largo de la guerra. Una trató de mezclar la artillería con sus piezas junto con explosivos. Estos últimos servirían para ocultar los sonidos que sueltan las piezas de artillería al entrar en contacto con la tierra. Se desarrollaron campanas, alarmas y hombres cuya función era advertir a las tropas del peligro y poderse proteger con las máscaras. ⁽⁷⁾

3.4 Protección

La protección personal siempre fue un problema que ninguno de los lados realmente pudo resolver en la primera guerra mundial. El Alto Mando alemán, previo al primer ataque de Ypres, no hizo ningún esfuerzo para desarrollar una máscara eficiente. Los soldados ofensivos llevaban apenas bolsas pequeñas protectoras remojadas en bicarbonato de sodio sobre sus narices y bocas. No fue hasta 1915 que los alemanes empezaron a utilizar un respirador. ⁽⁹⁾ La solución inicial de los soldados se basó en almohadillas de algodón empapadas de tiosulfato de sodio o bicarbonato de sodio para protegerse de los efectos del cloro y neutralizarlo. ⁽¹³⁾

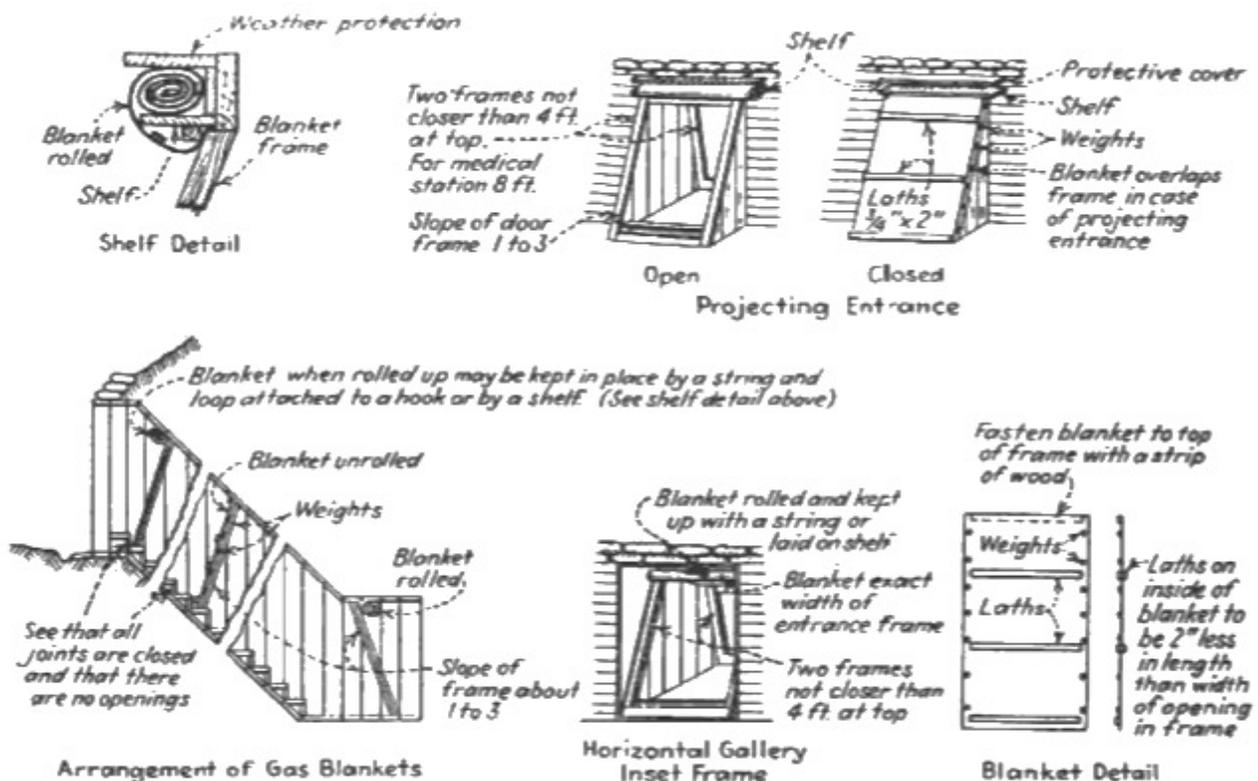
Proteger a los hombres requería más que entrenamiento. La contaminación de agua, comida, tabaco, animales emergió como un problema significativo para los oficiales. Se distribuyó una tela para cubrir. La conservación de agua era importante para evitar que los soldados tomaran de fuentes desconocidas y probablemente infectadas. Para evitar la corrosión de armas debido al gas, debían las tropas limpiar los equipos de artillería con aceite. ⁽⁹⁾

En lo que concierne la protección del hombre, debe distinguirse la individual de la colectiva, la cual se relaciona con grupos menores. De la individual: presenta dos objetivos, la protección de las vías respiratorias y de los ojos y la protección de la piel. Se toman en cuenta las siguientes consideraciones: ⁽⁵⁾

1. La protección de las vías respiratorias y de los ojos. Se busca el desarrollo de aparatos que resistan a las concentraciones más elevadas. Deben aislar el portador de la atmósfera externa. Para concentraciones débiles y

- medianas, se opta por protección por filtración.
2. La protección contra concentraciones elevadas.
 3. La protección de la piel, con el surgimiento del gas mostaza en julio 1917, causó la necesidad de un desarrollo. ⁽⁵⁾

De la protección colectiva, fueron siempre muy complejos. Se pueden concentrar en tres objetivos. El primero trata de limpiar los refugios y trincheras invadidas por el gas. El segundo de construir refugios no penetrables por el gas y finalmente el tercero de limpiar superficies infectadas de gas mostaza. Los dos primeros surgieron desde el 22 de abril de 1915 en Ypres, cuando todos los materiales, después de la ola de gas quedaron contaminados. Se encontraron que las soluciones de hiposulfito de calcio y de carbonado de calcio fueron soluciones eficientes, aunque solamente protegían contra cloro y fosgeno. Se resolvió el segundo problema suspendiendo en la entrada de los refugios dos telas remojadas en solución agregando ventiladores a la entrada para evitar la entrada de estos gases. El tercer problema fue resuelto con el cloruro de calcio, con efecto fuerte para desintoxicar. ⁽⁵⁾



Arreglo típico de refugios subterráneos. ⁽⁴⁾

Tanto como la infantería, la artillería y los animales sucumbían a los efectos del gas. A la artillería causaba problemas en la precisión de los bombardeos. ⁽⁹⁾ En lo que concernía la protección de los animales:

1. *Caballo*. La protección del caballo debía ser resuelta de manera urgente al mismo tiempo que la del hombre. Desde el punto de vista fisiológico, el caballo cuenta con la ventaja de tener ojos resistentes a los agentes lacrimógenos, por otra parte, éste no respira por la boca. Es entonces suficiente de solamente proteger las fosas nasales. Al principio de 1916, se diseñó un casco protector, pero este causaba tal resistencia que los caballos no lograban trabajar eficientemente. Una mejora notable se instaló en 1917, llamado aparato Decaux. Éste reduce la resistencia y permite un trabajo suficiente.
2. *Perros*: Bajo una demanda por el servicio de perros de guerra, una máscara fue desarrollada, y ser distribuida cuando el armisticio se firmó.
3. *Palomas*: Se debió proteger a las palomas mensajeras siguiendo los pasos de la protección colectiva rodeando las jaulas de materia impermeable contra los gases. ⁽⁵⁾

No fue hasta el otoño de 1915, medio año después del primer ataque de cloro que las tropas alemanas comenzaron su desarrollo de máscaras. ⁽¹³⁾ Al utilizar un filtro removible, los alemanes podían no solamente remplazarlo por uno nuevo, sino también poder variar los materiales de los mismos filtros y adaptarlos a los nuevos peligros. ⁽¹²⁾ A continuación, se presentan las máscaras alemanas:

NOMBRE	FECHA	DESCRIPCIÓN	ILUSTRACIÓN
<p data-bbox="142 1249 394 1312">"Gummimaske" (Máscara de goma)</p> <p data-bbox="142 1417 394 1606">También conocida como "Linienmaske" (Máscara de línea) en sus primeras entregas al frente. ⁽¹²⁾</p>	<p data-bbox="451 1417 516 1449">1915</p>	<p data-bbox="565 1081 1120 1512">Material de caucho, contiene la novedad de tener un cartucho con filtro. ^(13, 7) Tela de cara para recubrir los ojos, nariz y boca, hecho de un algodón impermeable contra el gas. Las piezas de lentes se hicieron a partir de celulosa inastillable, luego remplazada por una versión inflamable. Para asegurarse de un sello fuerte, las extremidades y los lentes se juntaron con lienzo firme con cuidado. Bandas elásticas y flexibles le dieron firmeza a la máscara sosteniéndola desde atrás de la nuca. ⁽¹²⁾</p> <p data-bbox="565 1522 1120 1806">Los contenidos del filtro consistían en gránulos en una solución de potasio para protección contra el cloro. Para incluir la protección contra fosgeno y sustancia orgánicas, estos gránulos, llamados "Dialomit", fueron espolvoreados a un fino carbón absorbedor. La desventaja caía en que, al exhalar por el filtro, se concentraba dióxido de carbono en el interior. ⁽¹²⁾</p>	 <p data-bbox="1291 1680 1339 1711">(A)</p>

<p>“Rahmenmaske” (Máscara de marco)</p>	<p>1916</p>	<p>Modelo de tres capas, la externa igual al original, la intermedia con gránulos de carbón conífera para absorber sustancias orgánicas y fosgeno, y la capa interna de Diatomit se trató con potasio y hexamina para destruir cualquier resto de fosgeno. Unos armazones de tela alrededor de los ejes con bandas adicionales se agregaron a la frente. Se introdujeron cuatro tamaños diferentes, con el número sellado al frente.⁽¹²⁾</p>	 <p>(B)</p>
<p>“Lederschutzmaske” (Máscara de cuero)</p>	<p>1917</p>	<p>Con la escasez de material, se convirtió a las máscaras de cuero. Éste usaba cromado de piel de oveja. El cuero era sumergido en aceite para volverlo a prueba de agua. Se diseñó un disco externo de celulosa y un disco removible cubierto de gelatina para evitar la el empañó de los lentes. Era también posible para los usuarios de lentes regulares insertar lentes entre las piezas. Para las bandas, el material elástico fue remplazado con resortes cubiertos de tela, pero fue más difícil obtener una forma justa con la máscara de cuero. El contenido de carbón activado fue aumentado y el carbonato de potasio reducido.⁽¹²⁾ Hubo en 1918 cambios a su filtro, para protegerse de los proyectores Livens.⁽¹²⁾</p>	 <p>(C)</p>

(A): Fearn, P. (2000). World War I German Model 1915 Gummimaske Gas Mask. Abril 18, 2018, de Alamy Sitio web: <https://www.alamy.com/stock-photo-world-war-i-german-model-1915-gummimaske-gas-mask-163596432.html>

(B): Die verschiedene Gasmasken. Abril 18, 2018, de DSM Sitio web: http://www.dsm1918.de/SEITE_UNTER_DER_LUPE_25.html

(C): German 'Lederschutzmaske' gas mask. Abril 18, 2018, de Australian War Memorial Sitio web: <https://www.awm.gov.au/collection/C242366>

Los alemanes hicieron cambios menores a su máscara de cuero en 1918, pero el respirador había llegado a su límite de desarrollo y se enfocaron en la práctica de simulacros y disciplina. En febrero 1918, instructivos alemanes anti-gas salieron con

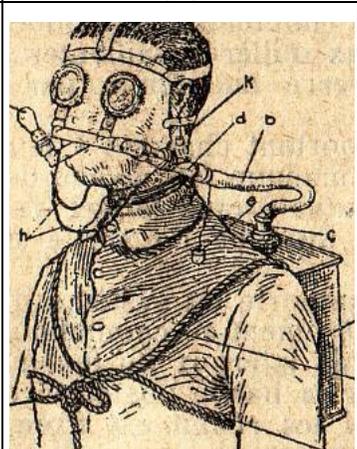
instrucciones para protección mejorada contra ataques de Livens. La manufactura aliada de gas mostaza tomó por sorpresa a los alemanes, al no tener experiencia en tratar quemaduras y ceguera. La manera más rápida de tratar con mostaza era equipar de nuevo a los hombres afectados con uniformes, ropa interior y material desinfectados, pero Alemania carecía de los materiales textiles para esto, lo cual cuestionaba la continuación de la guerra en 1919. Una pomada anti-gas mostaza llamada “Gelbolin” fue disponible a partir de agosto, y a partir de septiembre y octubre 1918, guantes largos y mandiles impermeables fueron distribuidos a los jefes médicos. Profesor Haber expidió instrucciones contra rumores alarmistas, negando que el gas causaba efectos terribles de perder brazos y piernas. Los oficiales médicos tuvieron que ser instruidos en cómo manejar calmar a los pacientes con miedo irracional. ⁽¹²⁾

De lado del otro bando, los franceses, británicos y rusos no coordinaron su investigación en la defensa contra los gases. Aunque se compartían información de ciertos materiales y equipos, trabajaban de forma independiente para la mayoría de la creación de sus máscaras.

Los cambios de las máscaras se resumen a las necesidades de los diferentes surgimientos de gases a través de la guerra y de la eficiencia de cada modelo. ⁽⁹⁾ A continuación, se presenta el desarrollo de las máscaras francesas:

NOMBRE	FECHA	DESCRIPCIÓN	ILUSTRACIÓN
<p>“<i>Compresse</i>” (Compresa)</p>	<p>1915</p>	<p>Inspirado en el Respirador británico de Velo negro en su misma solución, variaba con las cintas remplazadas con una banda más ancha. Algunos incluían el naranja de metilo, indicador de pH, el cuál cambia a rojo cuando el absorbente se queda exhausto. ⁽¹²⁾</p>	 <p>(D)</p>

<p>“Tampon P” (Tampón P)</p>	<p>1915</p>	<p>Elaborado como una respuesta al problema de los gases lacrimógenos. El tiosulfato de sodio fue remplazado con una mezcla de aceite de ricino. Tiras delgadas de acero se agregaron al protector para formar un sello más fuerte. La posibilidad del uso de fosgeno llevó a la adición de sulfanilato de sodio en la misma máscara, para entonces llamada P1. Al haber desarrollado ellos mismos el ácido cianhídrico, le dieron a sus tejidos una tercera impregnación de acetato de níquel. Las tres almohadillas fueron coloreadas a rosa, blanco y verde, y la máscara renombrada P2. ⁽¹²⁾ Se utilizaban con unas lentes de manera separada para cubrir los ojos.</p>	 <p>(E)</p>
<p>“Tampon T” (Tampón T)</p>	<p>1915</p>	<p>Una mascarilla en forma cónica cerrando la nariz y la boca. Contaba con la ventaja de no tener contacto directo con la boca. Como el P2, se colocaba con lentes de protección separados y contaba con tres almohadillas diferentes impregnadas, pero con la ventaja de crear un mejor sello alrededor de la cara y de la barbilla, permitiendo que una mayor parte de la máscara funcionara como neutralizante. ⁽¹²⁾</p>	 <p>(F)</p>
<p>“Nouveau modèle Tambuté (NTN o TN)” (Nuevo modelo Tambuté)</p> <p>“TNH o LTN” (en su forma con lentes integrados)</p>	<p>1916</p>	<p>Con la llegada del fosgeno, se convirtió en prioridad que las máscaras francesas fueran efectivas contra él. El trabajo de investigación siguió una manera más práctica de colocar las máscaras y una capa a prueba de agua fue agregada. Al incrementar la complejidad de los gases, tornaron a contener los lentes de protección integrados. ⁽¹²⁾</p>	 <p>(G)</p>

<p>“M2”</p>	<p>1916</p>	<p>Ocupa una almohadilla más gruesa formada con una bolsa debajo de la barbilla. El lente hecho de hidrocélulosa o celofán. La máscara podía ser puesta muy rápidamente gracias a su elasticidad. Inicialmente sólo se diseñó en un tamaño, los soldados con cabezas más grandes seguían usando las máscaras T y goggles. Después de un problema con los lentes, al empañarse con media hora de utilización, se optó por una capa de celofán más gruesa y este segundo modelo de M2 se distribuyó en tres tamaños. ⁽¹²⁾</p>	 <p>(H)</p>
<p>“Tissot”</p>	<p>1916</p>	<p>El doctor Tissot desarrolló su máscara, la cual se constituía de una caja metálica cargada en la espalda conteniendo materiales absorbentes: carbono especial y calcio. Esta caja, donde se ubica la toma de aire en la parte inferior, se enlaza a la máscara con un tubo flexible pasando sobre la espalda. Contiene una válvula de expiración, y cuenta con la ventaja de que el filtro no causa mucha resistencia al respirar. Fue construido en dos tallas, grande y pequeño, la caja filtrante variando. En condiciones normales, el Tissot grande podía proteger indefinidamente, con la desventaja de ser estorboso. ⁽⁵⁾</p>	 <p>(I)</p>
<p>“Matériel Chimique de Guerre, (MCG)” (Material Químico de Guerra)</p> <p>finalmente, renombrado</p> <p>“Appareil respiratoire Spécial (ARS)”</p>	<p>1917 - 1918</p>	<p>Se empezó a agregar más características. La pieza de cara de caucho no protegía contra agentes lacrimógenos, y se reemplazó con dos capas; una de caucho exterior y una de tela cubierta de aceite de linaza interna. Dos válvulas interior y exterior fueron incorporadas y se desarrolló un filtro de tres capas. En mayo 1918, se diseñó un nuevo relleno para el filtro con mejor protección contra la Cruz Azul alemana. También se implementó una tela cubierta de aceite de ricino para incrementar la defensa. ⁽¹²⁾</p>	 <p>(J)</p>

(D), (E), (F), (G), (H), (J): Les compresses et les masques de protection contre les gaz. Abril 18, 2018, de Les Français à Verdun Sitio web: <http://www.lesfrancaisaverdun-1916.fr/uniforme-masque.htm#>

(I): Les Nouveaux Moyens de Destruction: Les Armes chimiques. Abril 18, 2018, de Sitio web:

Frente a la amenaza del gas mostaza, los investigadores franceses buscaron algún tejido fácilmente y barato de producir. El ministro francés de municiones distribuyó una cantidad de materiales impregnados con aceite, los cuales fueron probados y decididos de manera adecuada. La artillería tuvo prioridad y se agregó la producción de botas y guantes con esta tecnología junto con un saco hecho de tela impregnada para preservar las raciones de pan de la contaminación. ⁽¹²⁾

Se desarrolló una chamarra con capucha junto con pantalones con una tela impregnada doblemente de aceite. En 1918 se adoptaron unos guantes de doble espesor de tela, y desarrollaron una pomada para proteger la piel contra quemaduras, llamada “*Pommade Z*”. ⁽¹²⁾

A continuación, se presenta el desarrollo de las máscaras británicas:

NOMBRE	FECHA	DESCRIPCIÓN	ILUSTRACIÓN
<p>“<i>Black Veil Respirator</i>” (Respirador de Velo Negro)</p>	<p>1915</p>	<p>Una almohadilla compuesta de restos de algodón sumergido en solución de tiosulfato de sodio, carbonato de sodio y glicerina sostenido por gasa, lo cual lo protegería contra el cloro, bromo, dióxido de azufre y humos de nitrógeno. El resto del algodón permite que el aire circule por la almohadilla mientras que el gas es neutralizado por la solución. Se enrolló la gasa negra, elegida por su disponibilidad, alrededor del algodón con una extensión para poderse abrochar detrás de la cabeza. ⁽¹²⁾</p>	 <p>(12)</p>
<p>“<i>Hypo Helmet</i>” (Casco Hypo) o “<i>Smoke Helmet</i>” (Casco de Humo)</p>	<p>1915</p>	<p>Se produjo una bolsa de franela empapada en tiosulfato de sodio con micas protectoras para los ojos. Algunas de las micas no toleraron el aire caliente en el proceso de secado y fueron remplazados por triacetato de celulosa. ⁽¹²⁾</p>	 <p>(K)</p>

<p>“P-Helmet” (Casco P)</p> <p>y después</p> <p>“PH-Helmet” (Casco PH)</p>	<p>1915 - 1916</p>	<p>Su nombre se debe al descubrimiento del fenóxido de sodio, un químico crucial para la protección. La mica del frente fue remplazada por dos círculos de vidrio con bordes de estaño. Por otro lado, el dióxido de carbono reducía el efecto del ácido cianhídrico, por lo cual se colocó una válvula por donde el usuario podía exhalar. Sin embargo, éste contaba con ciertas limitaciones, incluyendo un fuerte olor químico, especialmente al ser expuesto al cloro, contaba con baja visibilidad y era vulnerable a la lluvia. La solución de fenóxido a la que era sumergida podía causar quemaduras en la frente o en el cuello, al contacto con la lluvia y con el sudor. ⁽¹²⁾</p> <p>A partir de 1916, se empezaron a sumergir en hexamina, efectivo contra el fosgeno junto con el fenóxido. Éste fue el llamado <i>PH</i>. ⁽¹²⁾</p>	 <p>(L)</p>
<p>“Large Box Respirator” (Caja Respiratoria Grande)</p>	<p>1916</p>	<p>Inspirado en el modelo alemán, los científicos británicos tornaron sus investigaciones a filtros para las tropas. En una caja, colocaron un filtro de 3 capas: con los gránulos de Lambert (de lima y permanganato de sodio), fragmentos de pumita remojados en solución de sulfato de sodio y fragmentos de carbón de hueso. La caja se guardaba en una bolsa mientras ésta era conectada hasta la boca a través de un tubo de hule. Se agregó una pieza de boca de metal sostenida por la boca y una tela de varias capas que se sostenía a la cabeza con bandas elásticas. La tela era sumergida en una solución de hexamina con zinc. ⁽¹²⁾</p> <p>Debajo de la pieza de metal, se ubicaba una válvula de exhalación. Finalmente, unos lentes de protección se llevaban con la máscara separadamente. ⁽¹²⁾</p>	 <p>(12)</p>

<p>“Small Box Respirator” (Caja Respiratoria Pequeña)</p>	<p>1916 - 1918</p>	<p>El éxito de la caja grande respiratoria orientó a los científicos a una versión más compacta. Se redujo el tamaño del filtro colocando gránulos de permanganato de lima entre dos capas de carbón de hueso, que mantenía irritantes de pulmón tales como el fosgeno y agentes lacrimógenos pesados. ⁽¹²⁾</p> <p>En el invierno de 1916-17, los británicos debieron modificar el respirador de caja pequeña debido al uso de bombas conteniendo cloruro estáñico. Una extensión con un cúmulo de celulosa y más gránulos de permanganato de lima fue desarrollada. Las unidades de soldados debían juntar la extensión sobre el final de la caja filtro existente, usando una gasa para pegarlas. ⁽¹²⁾</p> <p>En julio una versión especial del respirador de caja chica fue introducido para la tripulación de tanques con una pieza de boca y lentes separados. Incluía protección para los ojos con el riesgo de una explosión con piezas de metales. ⁽¹²⁾</p>	 <p>(M)</p>
---	----------------------------	--	--

(K): Hypo Helmet. Abril 18, 2018, de Imperial War Museum Sitio web: <https://www.iwm.org.uk/collections/item/object/30015954>

(L): AEF Gas masks & Respirators 1917 to 1919. Abril 18, 2018, de Us Militaria Forum Sitio web: <http://www.usmilitariaforum.com/forums/index.php?/topic/233734-aef-gasmasks-respirators-1917-to-1919/page-2>

(M): British SBR Small Box Respirator and Bag WW1 Gas Mask. Abril 18, 2018, de Soldier of Fortune Sitio web: <http://www.sofmilitary.co.uk/british-sbr-small-box-respirator-and-bag-ww1-gas-mask-product,12559>

Los primeros intentos de protección británicos se vieron frustrados por su ineficiencia. El secretario de estado de guerra, Lord Kitchener, citó al profesor John Haldane, un experto en envenenamiento de gas para revisar ideas propuestas por Winston Churchill, Primer Lord del Almirantazgo. Éste había previamente sugerido el uso de pequeñas almohadillas de algodón con lana utilizadas por la Armada. Haldane se opuso a su uso ya que, al ser mojadas en la solución, la lana no permite la respiración del usuario. Aun así, el “Daily Mail” siguió las instrucciones de Churchill con una publicación pidiendo a los hogares de preparar estas mascarillas. Aún con la advertencia de su ineffectividad, algunas de estos respiradores terminaron en las manos de soldados. En el caso del respirador de velo negro, al momento de su producción inicial, sufrieron un retraso en la industria por un caso de confusión entre sosa caustica por carbonato de sodio, causando quemaduras y sangrados a las sangres de las mujeres sumergiendo los respiradores. ⁽¹²⁾

Frente al gas mostaza, los británicos no quedaron satisfechos con el equipo anti-mostaza francés, al ver que los guantes y las botas no eran efectivas. Tejidos negros sumergidos en aceite se desarrollaron en Gran Bretaña y se distribuyeron en Francia. Aun así, el comando británico optó por entrenamiento y disciplina en lugar de ropa defensiva en general. ⁽¹²⁾

A partir de marzo 1918 el respirador británico fue ajustado con un vidrio triple en lugar de celulosa. Al descubrir el potencial del humo de arsénico de penetrar sus respiradores, produjeron otra extensión, en la forma de una chamarra con capas de cúmulo de celulosa. Se descartó el desarrollo de esta protección al ver que los alemanes no habían explotado esa posibilidad de sus proyectiles de Cruz Azul. El último diseño del respirador se llamó respirador XY. Su producción comenzó el 9 de septiembre 1918. ⁽¹²⁾

Los americanos también se percataron de la necesidad de desarrollar máscaras de gas desde antes de su entrada a la guerra. Los departamentos de guerra subrayaron la importancia de crear un almacén de máscaras contra el gas empleado en Europa. Con un mes en el conflicto, el secretario de guerra comenzó con órdenes de máscaras. Sin embargo, al llegar el verano de 1917, se volvió evidente que el diseño y la manufactura de las máscaras era más compleja que esperada y requería una rama separada de investigación luego llamada servicio de defensa de gas. ⁽¹⁶⁾ La guerra química se había convertido en algo más sofisticado comparado al primer ataque en Ypres dos años anteriores. En julio, el gas más efectivo era el gas mostaza entre otros agentes complejos en los proyectiles. ⁽⁹⁾

La versión estadounidense de la caja pequeña respiratoria fue lista a fines de verano 1918. Previo a este punto, las tropas habían empleado máscaras aliadas. Contaba con ventajas y desventajas, aunque su pieza de cara más grande permitía una limpieza más fácil de los lentes, tenían una tendencia a caerse; la lata de filtro más grande daba mejor protección, pero era más pesada. La máscara era incómoda, ya sea estadounidense o británica, y divisiones reportaron que sus tropas cambiarían a la más cómoda máscara francesa M2 en medio de un ataque inhalando gas en su proceso. La máscara M2 no contaba con la protección del filtro del SBR. Su construcción delgada y vulnerabilidad contra el agua reducían su efectividad, así como la falta de resistencia contra gas mostaza. Tuvieron que prohibir el uso de M2, solamente permitiéndola a las tropas de trabajo en la parte trasera del frente. Un número de oficiales estadounidenses procuraron la máscara francesa ARS por sus propios medios. Esto causó un problema de inseguridad entre los soldados al tener dudas sobre la calidad del material distribuido. ⁽⁹⁾

Contra el gas mostaza, los estadounidenses también desarrollaron sus técnicas de defensa. Los oficiales médicos introdujeron una pasta llamada "*Sag paste*" para

proteger la piel expuesta, con aspecto similar a vaselina. Los soldados que entraban a zonas bombeadas con mostaza o que esperaban un bombardeo de la misma especie se colocaban esta crema como prevención. Era muy efectiva usada con la medida de tiempo adecuada. Una incomodidad se presentaba al movimiento del soldado, la transpiración y la crema se mezclaban juntos. ⁽⁹⁾

Otros métodos para proteger a los soldados incluían trajes especiales hechos de algodón, aceite de vegetal y guantes muy gruesos. El traje daba un calor intolerante e incluso se reportan soldados que preferían enfrentar el gas quitándose la protección. Los efectos de gas mostaza podían ser abatidos o hasta evitados quitándolo con agua caliente espumosa rápidamente después de estar expuestos. También se ordenó la descontaminación del piso en donde se encontraban todavía restos del agente, similarmente a los franceses y británicos. ⁽⁹⁾

En general, el despliegue de las armas químicas llevó a ajustes de tácticas, estrategias y cultura militar de cada bando. El uso de las máscaras de gas se convirtió en algo cotidiano e integral en la vida del soldado. Se les dio instrucciones a los soldados de siempre mantener su equipo al alcance. Las máscaras, sin embargo, un artefacto diseñado para salvar vidas, tuvieron un efecto claustrofóbico con las tropas. Aun con las fuertes medidas de control de los equipos, siempre existía la posibilidad de falla, y no se contaba con la garantía de funcionamiento. En algunos casos las máscaras causaron más trauma psicológico a las víctimas que los gases en sí. ⁽¹⁶⁾

Era la responsabilidad del guardia de gas advertir sobre un posible ataque de gas a las otras tropas. Debía escuchar muy de cerca el sonido del gas dejando los cilindros, algún movimiento de nube, distinguir un olor sospechoso, u oír el sonido de un proyector. En adición a gritar “¡Gas!”, después de colocarse la máscara, sonaba una alarma mecánica. Entre éstas se encuentran cuernos de aire, triángulos de acero, o campanas de iglesias. Al final de la guerra se observaron que los cláxones producían el sonido más fuerte de advertencia de gas a las tropas. Una de las cosas más difíciles era dar la orden de quitarse la máscara a los soldados, sobre todo con las trampas de los alemanes con humo de gases sin daño. ⁽⁹⁾

Gracias al desarrollo efectivo en las defensas de las fuerzas aliadas, los gases desarrollados cada vez fueron más y más sofisticados. Ambos bandos terminaron por darse cuenta que, si el enemigo estaba preparado adecuadamente, la eficiencia del ataque de gas era mínima. La capacidad de inhabilitar en lugar de matar era un punto muy valioso para las fuerzas. Los recursos del enemigo se gastan más al tener más heridos a los cuales cuidar, sumando un gran tiempo de recuperación tras los efectos del cloro y de fosgeno. ⁽¹⁶⁾

3.5 Industria

En 1913, la producción mundial de tintes llegaba aproximadamente de 150 000 toneladas de las cuales tres cuartos eran controlados por Alemania, la cual producía más de 85% de los intermediarios de los tintes terminados. La mayor parte de esta industria se situaba en la región del Rin. ⁽⁴⁾

Antes de la guerra, solamente una industria francesa producía cloro (Motte-Breuil). No solo producía una cantidad muy pequeña de cloro, sino que el capital de la misma empresa era alemán. Los franceses no tenían plantas suyas para poderse considerar una industria de cloro. Al desato de la guerra, el cloro fue requerido para los explosivos, lo cual forzó una inversión en él. El hecho de ser requerido para explosivos causó una problemática de escasez a la hora de producir piezas de artillería de gas. ⁽²⁴⁾

La escala de la producción en la industria química durante la guerra fue enorme y sin precedente. Un rango amplio desde universidades, laboratorios gubernamentales y compañías químicas elaboraron un gran trabajo para producir químicos no solamente para ser usados como armas químicas, sino también para municiones y combustible para una nueva generación de armas. Un estimado a partir de los documentos oficiales muestran 124 200 toneladas de gas, indicando la fuerte inversión que se llevó a cabo para mantener el ritmo de la guerra. ⁽¹⁶⁾

La producción de municiones, explosivos y otros químicos de importancia crítica jugaron un papel de suma importancia en la primera guerra mundial. En vista de la crisis de municiones, la industria química supo hacer la transición entre los tiempos de paz y de guerra en corto tiempo. Como el estado ofreció incentivos financieros en forma de subsidios y prestamos baratos, las compañías de grande escala de la industria química estuvieron listas para producir las sustancias vitales. ⁽¹³⁾

Alemania produjo extensivas municiones a través de la guerra, incluyendo más de 33 millones de piezas de artillería con gases al interior. Las empresas “Badische Aniline” y “Soda Fabrik” produjeron la cantidad más grande de fosgeno a lo largo del conflicto. Esto se debe a su acceso facilitado a monóxido de carbono para obtener aproximadamente 7200 toneladas de fosgeno por año. Aunque Alemania contaba más fosgeno, las fuerzas aliadas combinadas tenían diferentes métodos que lograba compensar la desventaja. ⁽¹⁶⁾

Los franceses y los británicos tuvieron más dificultades para manufacturar agentes químicos. Al final de la guerra, la infraestructura empleaba a más de 10 000 hombres y mujeres en Estados Unidos. Las instalaciones producían sobre 140 toneladas de gas por día. ⁽¹⁶⁾

La cantidad final de gases producidos varía dependiendo de la fuente. Podemos resumir la información obtenida en una table resumida. La producción de agentes químicos en el conflicto se muestra a continuación (en toneladas): ^(8, 4, 25)

	LACRIMÓGENOS	IRRITANTES DE PÚLMONES	VESICANTES	ESTORNUTATORIOS	TOTAL ESTIMADO
GRAN BRETAÑA	1 800	23 335	500	100	14 000- 25 735
FRANCIA	800	34 000	2 140	15	26 000- 36 955
ESTADOS UNIDOS	5	5 500	170	-	1 000- 6 215
ITALIA	100	4 000	-	-	4 100- 6 300
RUSIA	150	3 500	-	-	4 700- 3 650
ALEMANIA	2 900	48 000	10 000	7 200	52 000- 68 100
AUSTRIA HUNGRÍA	245	5 000	-	-	7 900- 5 245
TOTAL	6 000	123 335	13 350	7 315	150 000

La materia prima de Francia vino de sus aliados. 1000 toneladas de cloro líquido fueron dadas por Gran Bretaña y de Italia. Estados Unidos siguió con 1 00 toneladas entre 1916-1918. Gran Bretaña también procuró cloruro de calcio, cianuro de sodio y todo el sulfato de níquel para la impregnación de máscaras protectoras contra el gas. Entre otras cosas, Estados Unidos le dio a Francia formol y trioximetileno para la impregnación de sus máscaras; tetracloruro de carbono empleado ampliamente en la fabricación del gas mostaza; cianuro de sodio y finalmente, gaza para las máscaras impregnadas. ⁽⁵⁾

En cuanto al fosgeno, una convención en 1916 entre Francia y Gran Bretaña en marzo 1916, la cual sería respetada el resto de la guerra, acordaría un intercambio de cloro por parte de los británicos a cambio de fosgeno por los franceses. ⁽⁵⁾

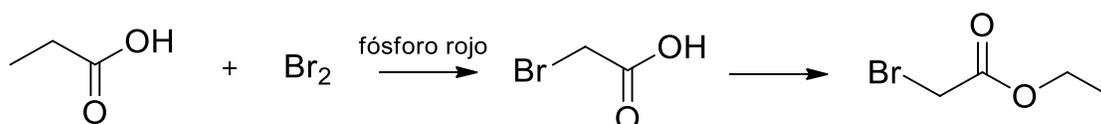
Como parte del proyecto, se busca encontrar los procesos de producción que se emplearon en aquella época y describirlos. Si se considera los diferentes agentes usados, podemos ver la mayoría son compuestos halogenados, ya sean clorados, bromados o iodados. Esto llevó a la gran necesidad de cloro líquido o gaseoso y de bromo.

3.5.1 Lacrimógenos

En Francia, las primeras necesidades de cloro líquido fueron cubiertas por importaciones de Gran Bretaña y de Italia, pero al mismo tiempo hubo necesidad de elaborar un vasto programa de construcción de empresas. El primer programa de cloro, de 30 toneladas por día, fue establecido en agosto 1915. Creció hasta 1917 donde el número se elevó hasta 50 toneladas por día. El 11 de noviembre 1918, estas fábricas

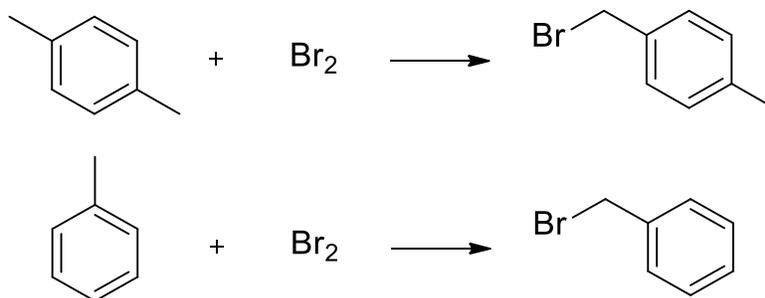
habían producido 24 000 toneladas de cloro. Se buscó la extracción del bromo de aguas madre de salinos terrestres. En su territorio solamente se encontraba el de Giraud y el de Berre, sin embargo, en Túnez, se descubrieron recursos más considerables. El establecimiento de la fábrica de Zarzis llevó una producción de 850 toneladas de bromo. ⁽⁵⁾

El proceso de bromoacetato de etilo es preparado con la bromación del ácido acético en la presencia de fósforo rojo y la consecuente esterificación del alcohol del ácido bromoacético. ⁽⁴⁾ La bromación es una reacción de halogenación donde un halógeno, en éste caso el bromo, se adiciona a una molécula orgánica, en éste caso el ácido acético. La esterificación es el proceso por el cual se sintetiza un éster, compuesto derivado de la reacción química entre un ácido carboxílico y un alcohol.



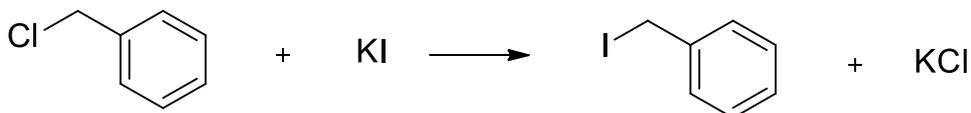
El bromoacetato y el cloroacetato se preparan por la acción del bromo sobre la acetona en presencia de clorato de hidróxido de sodio, de ácido sulfúrico y de agua. Se prepararon 500 toneladas en total de éstos productos.

El bromuro de xililo es preparado con el proceso de la directa bromación del xileno y consiste de los tres productos de la sustitución isomérica (orto-, meta-, paraxileno). El bromuro de bencilo se prepara con la directa bromación del tolueno de manera paralela al bromuro de xililo. ⁽⁴⁾ Ambas se tratan de reacciones de halogenación atacando el carbono que no se encuentra dentro del anillo aromático.



El proceso del ioduro de bencilo se basa en la doble descomposición del cloruro de bencilo con ioduro de potasio en solución alcohólica. ⁽⁴⁾ Está reacción también conocida como de doble sustitución ocurren cuando existe un intercambio entre los elementos de dos compuestos diferentes para crear nuevos compuestos. Al estar en una solución

alcohólica, el ioduro de bencilo como el cloruro de potasio son más estables y logran mantener su estabilidad. Se prepararon 90 toneladas. ⁽⁵⁾



La Acroleína fue compuesta fue fabricado a partir de su método clásico: la deshidratación de la glicerina a partir del bisulfato de potasio. Se fabricaron cerca de 200 toneladas del lado francés. ^(4,5) Las reacciones de deshidratación son aquellas que implican la formación de una molécula de agua, en este caso serían dos moléculas de agua, por la estequiometría de la reacción. Se trata de una conversión de alcoholes a alquenos.



Por su lado, la Cloropicrina se preparó a base de la acción del cloruro de calcio sobre el ácido pícrico. Su producción fue de 500 toneladas del lado francés. ⁽⁵⁾

Ese proceso se ilustra en el diagrama: ⁽⁴⁾

Contamos con ácido pícrico de un lado y cloruro de calcio de otro, los cuales se mezclan en un reactor. El sistema entonces se somete a un proceso de condensación y de separación para obtener el agua y la cloropicrina de otro.

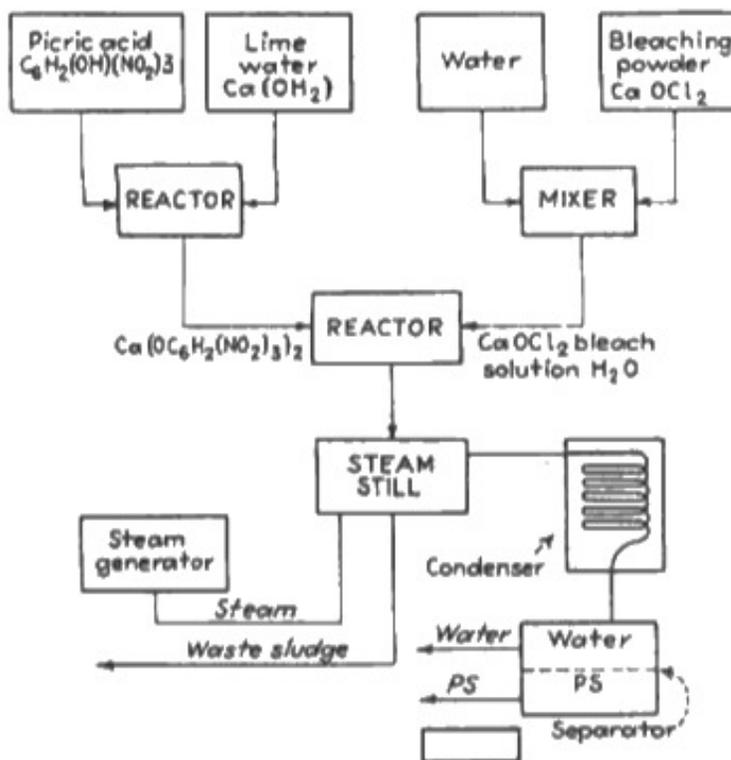


CHART XI.—Manufacture of chlorpicrin (flow sheet).

3.5.2 Sofocantes

La industria del cloro tiene varios antecedentes históricos notables antes de su uso

militar. Su descubrimiento fue en 1774, cuando el químico sueco C. W. Scheele observó el calentamiento del óxido negro de manganeso junto con ácido clorhídrico, resultando en la obtención de un gas. En su momento lo llamó Ácido Muriático deflogisticado. Fue H. Davy ante la Sociedad Real de Londres, quien propuso el término de “Cloro” para lo que él consideraba era un elemento. El origen de la palabra recae en el griego “Chloros”, el cual traduce a verde/amarillo. ⁽¹⁹⁾

A partir de este punto se buscaron varias vías y caminos de síntesis del cloro de manera más práctica y eficiente que el método original de Scheele. Uno de éstos fue la introducción del proceso electrolítico en 1800. Alemania logró la licuefacción del cloro sin electrolitos en 1888 y a causa de su necesidad de materiales sintéticos en industria de tinte, este rápidamente reemplazó a sus precursores. Los ingleses y los americanos, al no tener una industria química de materiales sintéticos orgánicos no desarrolló con la misma velocidad el uso del cloro. ⁽¹⁹⁾

El proceso de cloro es manufacturado por la electrólisis de la sal común: NaCl mostrado en el diagrama de flujo. ⁽⁴⁾

En el ánodo, el cloruro (Cl⁻) es oxidado a cloro (Cl₂), mientras que la reacción en el cátodo el agua se reduce a hidróxido (OH⁻) y a hidrógeno (H₂).

Al tratarse de una electrólisis, se lava la mezcla de NaCl y de H₂O y la solución resultante se introduce a una celda de Nelson, la cual resulta en la producción de los productos.

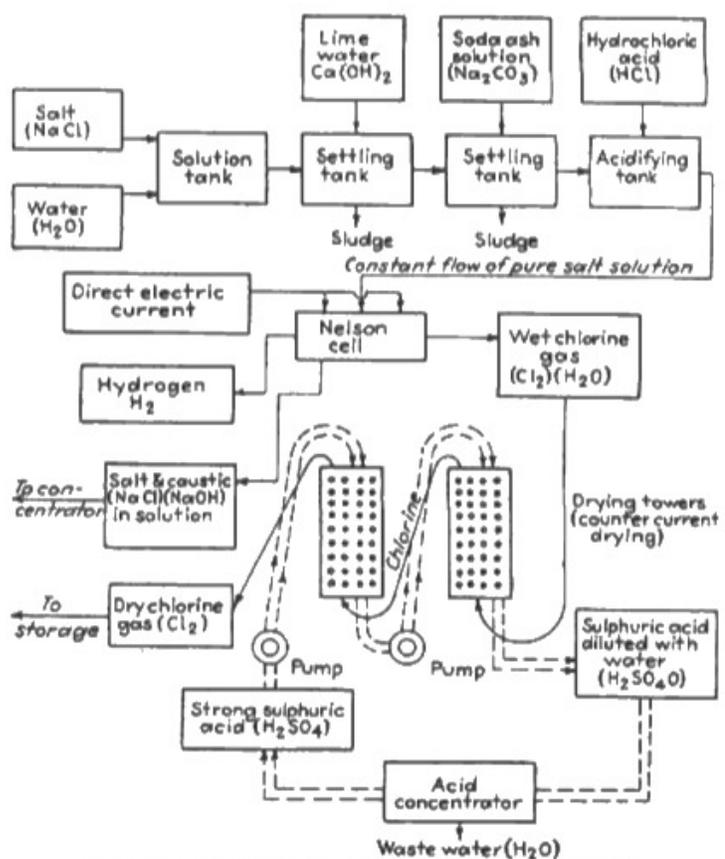


CHART IX.—Electrolytic manufacture of chlorine (flow sheet).

La reacción descrita es la siguiente: $2\text{NaCl}_{(aq)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow 2\text{NaOH}_{(aq)} + \text{H}_2(g) + \text{Cl}_2(g)$.

El NaOH puede ser utilizado posteriormente en la industria para la neutralización de soluciones ácidas u otros compuestos. También se puede utilizar para la fabricación de materiales químicos, incluyendo explosivos en su contexto histórico. El cloro recuperado de la celda se somete a un proceso de secado con el fin de dejarlo listo

para ser empacado y posteriormente empleado en las trincheras, como ya se explicó anteriormente.

La industria del fosgeno existe desde el siglo XIX, cuando varios investigadores publicaron declaraciones sobre el efecto del monóxido de carbono y cloro mostrándolos como mutuamente inactivos. En 1812, John Davy decidió investigar su interacción. Mezcló cantidades iguales y expuso el resultado sobre mercurio a la luz solar. En 15 minutos, el color del cloro había desaparecido y un nuevo gas había sido creado: el fosgeno. En el encontró propiedades lacrimógenas y de alta reactividad. Varios investigadores continuaron en su trabajo y antes de 1860 solamente tres métodos sin incluir la de Davy habían sido registrados para la producción de fosgeno. Incluían la mezcla de ácidos nítrico concentrado e hidroc্লórico con bisulfito de carbono, descubierto por Berzelius y Marcet, y la decomposición de hexaclorometil oxalato por calor. ⁽²²⁾

En el caso de la primera guerra mundial, hubo dos procesos industriales de fabricación empleados. El primero trata de la reacción de Óleum (Ácido Sulfúrico Fumante) con el tetracloruro de carbono. Grignard estudió este método agregándole mejoras, pero a principios de 1917 fue abandonado. La reacción principal es la siguiente:



El segundo, mejorado, ejerce la combinación directa de cloro y de monóxido de carbono en presencia de un catalizador. En Francia, esta fabricación permitió la fabricación de 15400 toneladas. La producción total fue de 16 000 toneladas. ⁽⁵⁾

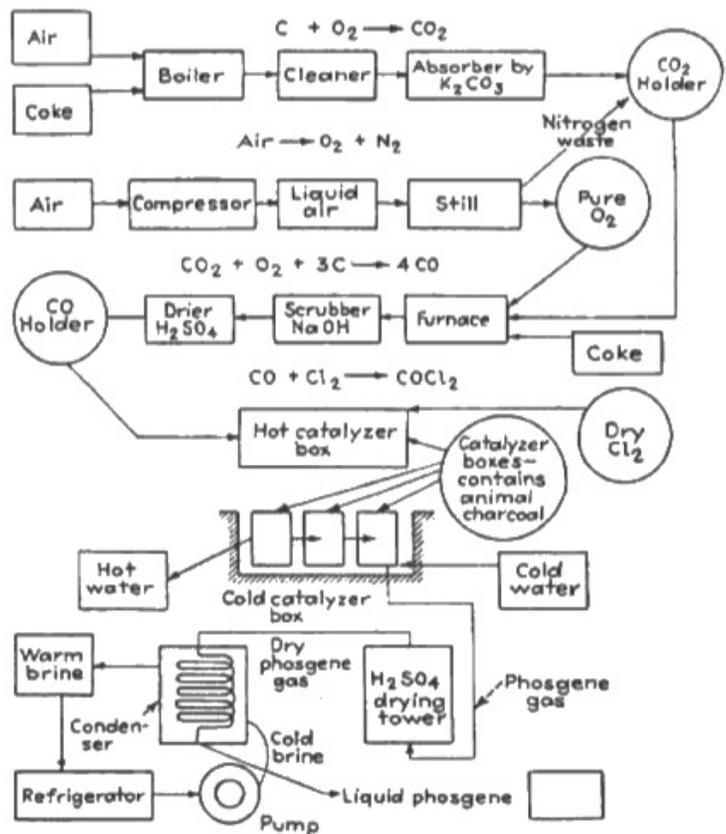
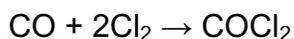


CHART X.—Catalytic manufacture of phosgene (flow sheet).

El proceso de síntesis de cloro con monóxido de carbono se ilustra a continuación: ⁽⁴⁾

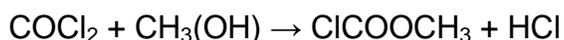
La primera etapa consiste a partir del aire, hacer pasar dos vías de purificación para

obtener el CO₂ y O₂ puro. Después, debe de ser mezclados de tal manera que lograremos la síntesis del monóxido de carbono en un horno. Una vez contenido el CO, se lleva a cabo la reacción principal con la ayuda de un catalizador:



De una manera similar al cloro, el fosgeno recuperado es sometido a un proceso de secado y refrigerado y almacenado para esperar su uso en el campo de batalla.

El cloroformiato de clorometilo es preparado a partir de la acción del fosgeno con alcohol metílico para obtener cloroformiato de metilo de acuerdo a la reacción: ⁽⁴⁾



Luego se buscar clorar al éster en presencia de luz fuerte para que el cloro remplace progresivamente los átomos de hidrogeno del grupo de metil y así obtener el producto deseado. Se produjeron 80 toneladas en Francia. ⁽⁴⁾

3.5.3 Vesicantes

La historia del dicloro-etil sulfuro comenzó con la observación de Despretz en 1822, aunque su efecto vesicante no fue observado hasta 37 años después. ⁽²³⁾

Como ya mencionado, su eficiencia dejó muchas bajas sobre el campo de batalla, dándole un uso terrible que hasta hoy en día se sigue empleando. Desde el 1 de julio 1915 hasta el 11 de noviembre 1918, las cantidades cargadas de gas fueron de 13 000 000 (75mm de tamaño), y 1 000 000 (105-155mm y bombas) junto con las granadas sofocantes (acroleína) de 1 100 000 del lado francés. ⁽⁵⁾

Se muestra el desarrollo de los proyectiles de gas mostaza del lado francés. ⁽⁵⁾

Proyectiles de:	75mm	105mm	155m
Abril 1918	10 000	10 000	10 000
Mayo 1918	205 000	6 000	400
Junio 1918	370 000	13 000	1 600
Julio 1918	295 000	19 000	6 000
Agosto 1918	425 000	12 000	11 000
Septiembre 1918	425 000	14 000	31 000
Octubre 1918	350 000	18 000	64 000

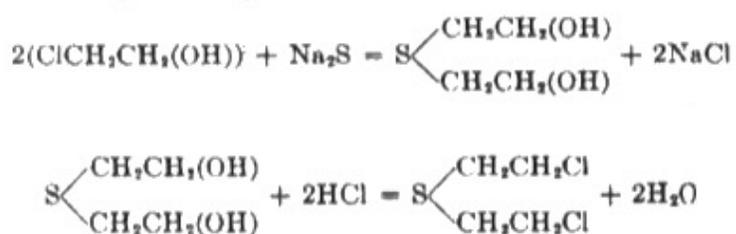
Noviembre (11 días)	85 000	9 000	27 000
TOTAL	2 160 000	91 000	141 000

Aunque parecían principiantes en el uso de las armas químicas, los Estados Unidos se educaron rápidamente y empezaron a emplear gas mostaza en junio de 1918, con una producción de 30 toneladas al día. La cantidad de víctimas del gas mostaza indica la eficiencia de este último. ⁽¹⁶⁾

Sobre su proceso, cada bando desarrollo sus propios métodos.

a. Método Alemán

Los alemanes fueron los primeros en introducirlo y se basaban en la conversión del 2-cloroetanol al tiodietilenglicol con sulfuro de sodio, para después clorarlo con ácido clorhídrico en estado gaseoso de acuerdo a las reacciones siguientes: ⁽⁴⁾

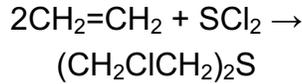


Este contaba con dos ventajas: la primera era que el proceso intermedio no poseía intermediarios peligrosos y la conversión era alta. La segunda era que contaban con la obtención de su producto puro y como el otro producto era agua, era fácilmente separado por destilación. Éste proceso fue hecho basado en las plantas alemanas disponibles en su territorio, acomodado a sus posibilidades. ⁽⁴⁾

b. Método Aliado

Los aliados, por otro lado, tornaron a diferentes otros procesos, los cuales fueron modificándose dependiendo del país y de los avances. ⁽⁴⁾

El primer proceso aliado de este gas, francés, permitía la fijación continua del etileno sobre el bicloruro de azufre (SCl_2) en medio de tetracloruro de carbono, y la fabricación comenzó en marzo 1918. Desde marzo 1918 hasta el armisticio, se produjeron 1500 toneladas de "yperita" en Francia. El azufre venía de Italia y una parte del tetracloruro de carbono de Estados Unidos, ya que la producción francesa de este último no era suficiente. ⁽³¹⁾



El proceso Levenstein de gas mostaza consiste en el burbujeo de etileno a través de monoclora de sulfuro. Suelta mucha energía con la separación del sulfuro lo que implica un control de la temperatura muy importante para evitar su precipitación en forma sólida.

También cuenta con una dificultad considerablemente en separar el gas mostaza del azufre coloidal. Esto implicaba un peligro constante aún con las condiciones más seguras del proceso para los trabajadores. (4, 32)

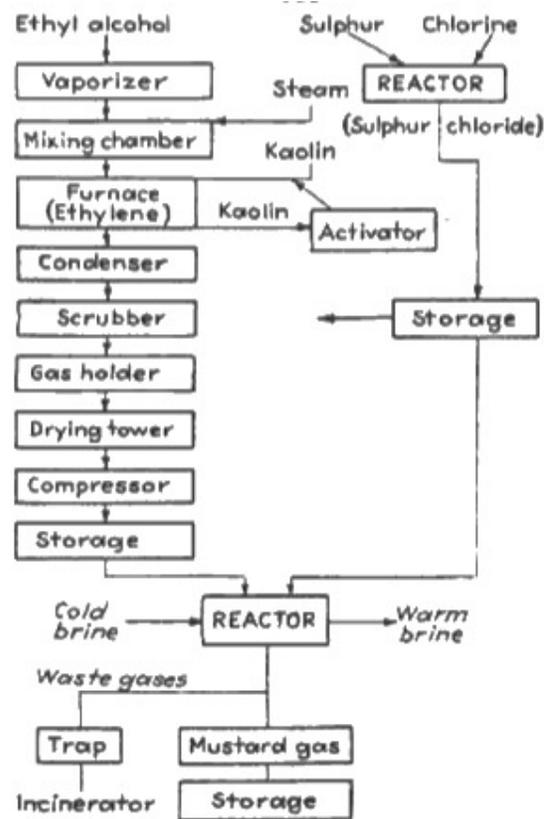


CHART XII.—Manufacture of mustard gas. Levenstein process (flow sheet).

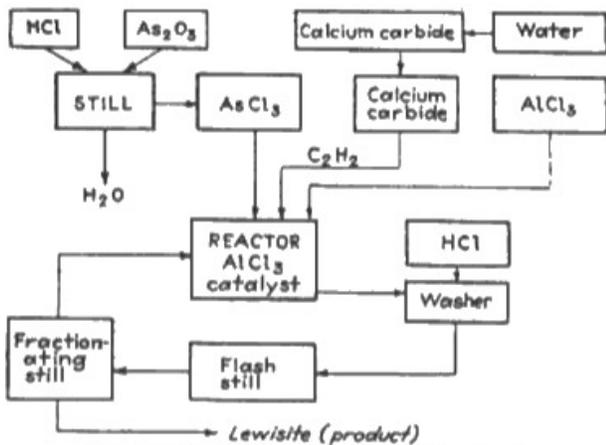


CHART XIII.—Manufacture of lewisite (flow sheet).

El proceso de Lewisita fue propuesto como un proceso análogo al de gas mostaza de los aliados, basado en la fijación del etileno en monoclora de sulfuro. La diferencia recae en que la Lewisita es producida con la acción de acetileno sobre tricloro de arsénico bajo la presencia de tricloro de aluminio como catalizador. Los productos secundarios se tratan.

IV. Después de la Guerra

4.1 Periodo de Entre Guerras

Al llegar el Armisticio, la producción aliada de gas había logrado alcanzar la de

Alemania, y estaba lista para superarla, sobre todo los Estados Unidos. Los americanos lanzaron su primer proyectil de gas mostaza el 1º de noviembre en Verdun. La producción estadounidense en 1919 tenía prevista llegar a 200 toneladas de gas por día, comparada a la de Alemania, solamente de 18 toneladas por día. ⁽¹²⁾

Con todo lo que implicó la introducción de los gases, su objetivo primordial había fallado: el uso de estos agentes terrible falló en darle una solución definitiva al conflicto como la había querido Fritz Haber. ⁽⁸⁾ La introducción del gas, aunque no hayan sido en su mayoría bajas fatales, fueron de un impacto significativo en la primera guerra mundial:

Bajas de gas en la 1era guerra mundial: ⁽⁸⁾

	NO-FATALES	FATALES	TOTAL
GRAN BRETAÑA	180 597	8 109	188 706
FRANCIA	182 000	8 000	190 000
ESTADOS UNIDOS	71 345	1 462	72 807
ITALIA	55 373	4 627	60 000
RUSIA	419 340	56 000	475 340
ALEMANIA	191 000	9 000	200 000
AUSTRIA HUNGRÍA	97 000	3 000	100 000
OTROS	9 000	1 000	10 000
TOTAL	1 205 655	91 198	1 296 853

Se considera en el sentido militar a una persona como baja como cualquier pérdida de personal que reduce la efectividad de la fuerza de la unidad militar. Las bajas militares son, por lo tanto, las pérdidas ocasionadas por muerte, heridas, enfermedades, captura, desertión y despido. Se dividen en dos clases, las bajas de batalla y las de no-batalla y éstas pueden ser permanentes o temporales. ⁽⁴⁾

Entre la revolución de tanques, submarinos y aviación junto con el desarrollo de la industria química las armas de este campo no tardaron en ser consideradas. Para el final de la guerra, el 11 de noviembre de 1918, los gases contaban con más de 1.3 millones de bajas, de las cuales aproximadamente 90 000 muertes. ⁽¹⁶⁾

Sobre 495 000 bajas francesas, británicas, alemanas y estadounidenses, solamente 20 000 fueron fatales por causa primaria de los gases. La mayoría de estos cayeron al principio bajo la sorpresa y la falta de protección que luego aportó las máscaras antigás. ⁽⁷⁾ El sentimiento aborrecible de las armas químicas persistió mucho tiempo después del armisticio el 11 de noviembre de 1918. Las víctimas de gas no dejaban de recordarle al público sus terribles efectos. ⁽⁹⁾

Después de la guerra, los gases producidos crearon un fuerte estrés mental para las

fuerzas militares. Inclusive después del tratado de Versalles, firmado en 1919, se transmitieron opiniones de la prohibición de la manufactura de cloro en Alemania. Argumenta que con esto podrían evitar la producción de la mayoría de las armas peligrosas teutonas. ⁽²⁰⁾

Aún con tratados diseñados para evitar el uso de armas químicas (por ejemplo, el protocolo de Ginebra en 1925 y la Convención de Armas Químicas en 1997) la guerra química siguió tras la primera guerra mundial, incluso en contra de poblaciones civiles. Unos ejemplos son de España en Marruecos (1921-27), la Unión Soviética contra la revolución de Tambov (1921), Italia en Etiopía (1935), Japón en China (1938-39), los Estados Unidos en la guerra de Vietnam (1960-70s), Iraq (1984-88) y en Siria (2013-15) ⁽¹⁷⁾

Aún prohibidas y vistas como armas no éticamente correctas, ciertos países continuaron empleado en conflictos coloniales. Un uso notable de este podría ser Italia contra Etiopía durante la segunda guerra Italo-Abysianiana. ⁽¹⁶⁾ Las armas químicas también fueron empleadas en Rusia en la guerra civil de 1920. ⁽⁶⁾ Los españoles también emplearon armas químicas en Marruecos, los británicos en Rusia e Iraq como los japoneses en China. Con la subida al poder del partido social nacionalista de Alemania en los años 30, la mayoría de los países se negaban a eliminar las armas químicas. Estados Unidos no aceptó el protocolo de Ginebra acordado en 1925, hasta 1975. ⁽¹⁶⁾

Esto se debe a que, aunque existieran convenciones buscando detener su uso, cada bando continuó la investigación a flote. ⁽¹⁶⁾ Aún con el tratado de Versailles prohibiéndolo, los científicos alemanes continuaron investigando sobre las armas químicas y sus efectos, pero ahora tomando en cuenta el importante aspecto económico. Miles de compuestos fueron investigados buscando sus usos en armas químicas con pruebas prácticas en Rusia. Esto reforzó los esfuerzos políticos para prohibir estas armas, con la convención de Geneva en 1925, pero esta no tomaba en cuenta la propiedad, almacén o desarrollo de las armas, solamente su uso. ⁽¹⁵⁾ En 1934, un químico alemán llamado Gerhard Schrader, quién trabajaba para encontrar pesticidas persistentes, encontró una sustancia extremadamente tóxica llamada tabún (Dimetilamidoetoxifosforil cianidato), y dos años después, consiguió la creación del gas sarín (metilfosfonofluoridato de O-isopropilo). Estos gases cuentan con una gran diferencia en su tipo comparado a los gases de la gran guerra, llamados neurotóxicos. ⁽⁶⁾

Debido a las normas dictadas por la situación política previa a la segunda guerra mundial, debieron ser reportados y su beneficio militar fue reconocido con la construcción de una fábrica en Dyhernfurt an der Oder. Ésta llegó a contar con una producción de 12 000 toneladas de tabún entre 1942 y 1945 bajo el nombre de "Trilon

83". En el transcurso de su trabajo, Schrader y sus colegas sintetizaron más de 2000 compuestos de la categoría de organofosfatos, de los cuales varios no se consideraron como tóxicos o aptos para el cambio de batalla. ⁽¹⁵⁾

Bien que fueron consideradas muchas veces, las armas químicas no jugaron ningún papel en la segunda guerra mundial, excepto su uso por parte de los japoneses cuando invadieron China, en 1937. Tanto los aliados como las potencias del Eje tuvieron acceso a estas armas, pero la guerra de movimiento ejercida no permitió repetir las condiciones de las trincheras y por ende su posibilidad de planear un ataque de gas, contrariamente a la primera guerra. ⁽⁶⁾

4.2 Después de la Segunda Guerra Mundial

Las investigaciones acabando la segunda guerra mundial se dirigieron en su mayoría a las nuevas sustancias tóxicas encontradas en los desarrollos científicos alemanes. Una carrera entre Estados Unidos y la Unión Soviética para mejorar su arsenal se desarrolló junto con la guerra fría. A fines de los años 50, investigadores británicos desarrollaron nuevos tipos de agentes neurotóxicos, llamados agentes V. Eran más estables y tóxicos que el sarín. ⁽⁶⁾

La tensión de la posibilidad inminente de un conflicto de escala grande durante la Guerra Fría entre los dos ejes llevó al desarrollo de varios programas de investigación. Entre ellos se encontraban la de las armas químicas. Para asegurarse de su poder e importancia en el mundo, tanto Estados Unidos como la Unión Soviética entre las naciones de su bloque desarrollaron un nuevo pacto en base a los agentes alemanes de nervios. Después, Estados Unidos, Canadá y Gran Bretaña entraron en un acuerdo en 1946 para compartir sus resultados de sus programas para obtener un avance más veloz. ⁽¹⁶⁾

A partir de 1945, con un mejor conocimiento del mecanismo de la acción de los agentes nerviosos, llevó al descubrimiento de gases diez veces más tóxicos que el sarín en 1957. La producción de gas VX empezó en 1961 pero no se conoció su estructura hasta 1972. En 1987, los Estados Unidos empezaron a producir una forma mejor manejable a partir de una mezcla de dos componentes después de lanzarse y que son relativamente inofensivo. ⁽¹⁵⁾

En los 80s, a consecuencia de la presión de las naciones de NATO junto con la unión soviética, se vio la destrucción completa de sus armas químicas estadounidenses que se habían vuelto inestables. ⁽¹⁶⁾

Las armas químicas fueron usadas por Egipto en Yemen (1936-1967) y durante la guerra de Iran-Irak (1982-1988). Las guerras del Golfo (1990-91), los eventos "masivos en la historia de la guerra química" constituyeron el punto culminante donde la

comunidad internacional tuvo que hacer frente a la amenaza de Saddam Hussein, con 50 000 piezas de artillería y bombas de gas mostaza, sarín y sarín ciclohexílico. ⁽⁶⁾

En la primera guerra del Golfo (1980-1988), miles de soldados iraníes y de iraquíes kurdos murieron a causa de envenenamiento debido el uso de explosivos y agentes neurotóxicos. Los hospitales se llenaron de bajas con hombres lesionados. Como un resultado psicológico, los soldados iraníes se reusaban pelear contra Irak. Con la experiencia de la guerra, Irán oficialmente planeó el desarrollo de agentes defensivos. Con el impacto iraquí frente a Irán, una nación mucho más fuerte en términos económicos y militares, varios países de tercer mundo buscaron la adquisición de armas de destrucción masiva. ⁽¹⁵⁾

Las naciones finalmente tomaron conciencia de la necesidad de prohibir el uso de armas químicas, al percatarse del nivel terrible que podían llegar a ser los conflictos bélicos gracias a estas armas. ⁽⁶⁾ En 1985, se reunieron 15 países occidentales en la embajada australiana de Bruselas para coordinar medidas de control. Aquí se afirmaron los lineamientos necesarios de exportación para las sustancias requeridas para la síntesis de armas químicas. Con la caída del bloque soviético al final de la Guerra Fría, la situación seguridad cambió y los países con armas químicas registradas disminuyeron. ⁽¹⁵⁾ Un número importante de convenciones y protocolos han tenido lugar desde entonces. La última y más importante ha sido la Convención por la Prohibición de Armas Químicas, entrada en vigor el 29 de abril de 1997. Aún con la entrada en vigor de esta Convención, algunos estados continúan realizando programas con adaptaciones de armas químicas con fines ofensivos como en el caso de Siria, país al centro de la actualidad. La destrucción de las existencias de armas químicas, estimadas a un millar de toneladas de agentes neurotóxicos (gas tabún, sarín, etc) y hemotóxicos, todavía hoy en día constituye una operación larga, difícil y costosa (estimada en alrededor de 200 000€ cada tonelada) ⁽⁶⁾ Desde un punto de vista miliar, se requieren métodos eficientes para descontaminar los espacios afectados incluyendo alertas para descontaminar sitios afectados, identificar agentes posiblemente nuevos y sus efectos. ⁽¹⁵⁾

V. Conclusiones

Se considera las armas químicas junto con las biológicas y nucleares, de destrucción masiva o no convencional. Ello en atención a sus efectos difíciles de controlar y su potencia rebasa notoriamente el daño que podría hacer un ejército normal. ⁽⁶⁾

La Primera Guerra Mundial fue un evento determinante del siglo XX que marcó la historia de manera antes nunca vista. Una de las más importantes fue el desarrollo en la aplicación de nuevas tecnologías, lo cual desencadenó en una nueva era de guerra. Todos los bandos, buscando un fin más rápido a un infierno de trincheras, se

encontraron frente al concepto de utilizar las propiedades de un gas como un arma. La era de producción masiva junto con la química cambió completamente las doctrinas de guerra en un sentido irreversible.

Las armas químicas no cambiaron el balance de los poderes, pero sí lograron cambiar el nivel de horror que enfrentaron los soldados en las trincheras de 1914 a 1918 tanto físico como psicológico, el uso de gases contra seres humanos dejó su cicatriz. Su objetivo centrado en terminar el conflicto fue un fracaso; solamente trajeron más dolor, sufrimiento y muerte a las tropas, sin resolver nada. El uso de gases junto con los otros avances tecnológicos de la aviación y de los tanques, finalmente destruyó la idea romántica de la guerra.

Por otro lado, se puede decir que ese momento de guerra también influyó de manera decisiva en el desarrollo de la química. Ambas se entrelazaron mutuamente, para lamentablemente transformarse en un arma de destrucción masiva.

Las consecuencias del uso de este método bélico se muestran lamentablemente todavía en el mundo actual. El ejemplo más reciente se trata del ataque de Siria, a principios de abril de 2018, cuando en la ciudad de Douma cerca de 500 personas mostraron síntomas típicos de los efectos que se desarrollan cuando se sufre el uso de armas químicas, como son la afectación de la visión y la dificultad para respirar. La situación política es tensa; se niega la utilización de estas armas por parte del gobierno sirio, varios países del oeste han lanzado misiles en respuesta al uso de este tipo de sustancias tan destructivas. ⁽³³⁾ Es un tema complejo, el cual mantiene el mundo en alerta y se reafirma la importancia de entender cómo se comenzó a emplear estas armas terribles.

La pregunta lógica que surge con la situación actual recae en: ¿A dónde vamos? Aún con todas las medidas tomadas y la gran conciencia internacional en contra del uso de éstas, ciertos países se reusan a dejarlas y las víctimas que pagan el precio son lamentablemente grupos inocentes.

El objetivo principal de este proyecto era profundizar en la importancia que el desarrollo de los procesos de producción de armas químicas tuvo y entender el impacto que existe hoy en día por causa de la guerra. Así pues, éstos fueron tan trascendentes que cambiaron totalmente el concepto de guerra, el cual es tan viejo como la humanidad en sí.

Espero que, con el paso del tiempo, las asociaciones encargadas de los asuntos internacionales logren controlar este peligro en contra de la humanidad. Es importante recalcar que todo esto fue posible gracias a un desarrollo científico. Es nuestra responsabilidad como científicos tener la capacidad de evitar estas catástrofes y desarrollos antes de que caigan en manos militares. Tenemos ese poder y nunca

debemos olvidar su importancia, ya que a partir de ahí podremos concentrarnos en un mejor desarrollo de la humanidad.

Este trabajo sirve para que las futuras generaciones de estudiantes puedan aprender acerca de los peligros y de las responsabilidades que como químicos compartimos y debemos seguir por el bien de la humanidad, y me siento muy honrada de poder contribuir a la formación de científicos con valores, los cuales estoy segura serán profesionales excelentes.

Los científicos tienen el poder de darle las herramientas a la humanidad para tener un futuro donde los avances tecnológicos sean conceptos benéficos que ayuden a construir y no armas de destrucción. Es verdad que es mucho más fácil destruir que construir, y que la tendencia humana en ocasiones se refleja en sus instintos agresivos, pero esos últimos pueden ser combatidos. Debemos creer y confiar en que la humanidad tiene la capacidad de combatir el odio si se lo propone. Una vez que pongamos al lado nuestras diferencias, comprendamos que las armas y la violencia no llevan a nada y pensemos en el futuro a largo plazo con sus consecuencias, podremos construir juntos una sociedad superior donde la paz se sostenga sobre los valores y la ética. Los científicos deben darse cuenta a través de la lectura y de la educación, de la relevancia de ser los pioneros en este campo y la importancia trascendental de asegurarse que los desarrollos que tengamos sean responsables y benéficos.

VI. Bibliografía

(1): Einstein, A. Liberal Judaism 16 (1949), Einstein Archive 30-1104.

(2): Compound Interest. (2014). Chemical Warfare: Poison Gases in World War 1. Recuperado de <http://www.compoundchem.com/2014/05/17/chemical-warfare-ww1/>

(3): Fries, A. (1920). Chemical Warfare. The Journal of Industrial and Chemical Engineering, pp.423-429.

(4): Prentiss, A. (1937). Chemicals in War. New York and London: McGraw- Hill.

(5): Moureu, C. (1920). La Chimie et La Guerre, science et avenir. Paris, Francia: Masson & C.

(6): Bontemps, J. (2014). Armes chimiques: un siècle d'utilisation, des années de destruction. Athena, #303, pp. 18-22.

(7): Sbrava, D. (2011). La guerre des gaz. ECPAD.

(8): Fitzsimons, B. (1973). Tanks & Weapons of World War I. London, Great Britain:

Phoebus.

(9): Heller, C. (1984). Chemical Warfare in World War I: The American Experience, 1917-1918. Kansas, EU: Leavenworth Papers.

(10): Mayor, A. (2009). Greek Fire, Poison Arrows and Scorpion Bombs. Estados Unidos: Overlook Duckworth.

(11): Neiberg, M. (2013). Poison Gas in World War I. Marzo 22, 2018, de Foreign Policy Research Institute Sitio web: <https://www.fpri.org/article/2013/09/poison-gas-in-world-war-i/>

(12): Jones, S. (2007). World War I Gas Warfare Tactics and Equipment. Oxford, Great Britain: Osprey Publishing.

(13): Vaupel, E. (2014). Krieg der Chemiker. Chemie in unserer Zeit, 48, pp.460-475.

(14): Wöhrle, D. (2010). Fritz Haber und Clara Immerwahr. Chemie in unserer Zeit, 44, pp.30-39.

(15): Höfer, M. (2002). Chemische Kampfstoffe. Chemie in unserer Zeit, 3, pp.148-155.

(16): Fitzgerald, G. (2008). Chemical Warfare and Medical Response during World War I. American Journal of Public Health, 98, #4, pp.611-625.

(17): Gal, J. (2015). World War I: History, Chemistry, Toxicology, Consequences. Marzo 22, 2018, de University of Colorado Anschutz Medical Campus Sitio web: <http://edelstein.huji.ac.il/wp-content/uploads/2015/01/GAL.pdf>

(18): Bancroft, W. (1918). Chemical Warfare Research. The Journal of Industrial and Engineering, Vol. 10, pp. 785-786.

(19): Baldwin, R.. (1927). History of the Chlorine Industry. History of the Chlorine Industry, Vol. 3 No. 2, pp. 313-319.

(20): Editorials. (1919). Chlorine Manufacture in Germany. The Journal of Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 11 No. 2, pp. 90-91.

(21): (Hernando, J. (2014). La 2da Batalla de Ypres. Historia Rei Militaris, , pp. 15-20.

(22): Dyson, G. (1927). Phosgene. American Chemical Society, Vol. 4 No. 1, pp. 109-165.

(23): Jackson, K. (1933). β,β' -Dichloroethyl Sulfide (Mustad Gas). American Chemical Society, , pp. 425-462.

(24): Krause, J. (2013). The Origins of Chemical Warfare in the French Army. War in History, Vol. 20 No. 4, pp. 545-556.

(25): Diagram Group. (2007). The New Weapons of the World. Estados Unidos: Diagram Group.

(26): Wells, H. (1914). The war that will end war. Londres: F. & C. Palmer.

(28): Bonnemain, B. (2017). Les gaz de combat et la Première Guerre mondiale: le rôle clef des médecins et pharmaciens. Médecine et armées, Vol. 45 No. 1, pp. 65-70.

(29): Sibert, W. (1919). Chemical Warfare. The Journal of Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 11 No. 11, pp. 1060-1062.

(30): Pell, F. (1920). The Lethal war Gases, Physiology and Experimental Treatment. Estados Unidos: Yale University Press.

(31): Conant, J. (1919). The Mechanism of the Reaction between Ethylene and Sulfur Chloride. American Chemical Society, , pp. 585-595.

(32): Reynold, C. (1946). Levinstein Mustard Gas IV. The bis(2-chloroethyl) polysulfides. American Chemical Society, Vol. 11 No.5, pp. 487–498.

(33): Victor, D. (2018). Suspected Chemical Attack in Syria: What We Know and Don't Know. New York Times, Sitio web: <https://nyti.ms/2GVdK9D>.