Estas discordancias obligaron a emprender una nueva serie de investigaciones, pues se plantearon con una nueva serie de interrogantes.

La explicación de los cambios de peso durante la combustión vendría a encontrarse en los gases que aparecían o desaparecerían mientras se formaban los compuestos. La respuesta global a esta problemática la dio Antonio Lorenzo Lavoisier (1743-1794), basado en los trabajos de ilustres predecesores.

IDENTIFICACION DE GASES.

En 1756 el químico escocés Joseph Black, uno de los más renombrados de la época, había explicado la formación de los carbonatos (substancias que expuestas a un intenso calor pierden un gas, además, los ácidos actuando sobre estos carbonatos, hacen aparecer el mismo gas, "aire fijo". Lo llama Black reconociendo que nada tiene que ver con el aire común y que es un gas perfectamente distinto), y su descomposición mediante la existencia de un cuerpo gaseoso, el primero de esta clase realmente aislado e identificado, el gas carbónico. En realidad, desde hacía más de medio siglo que se había entrevistado la existencia del gas carbónico, pero los químicos, por respeto a las teorías aristotélicas, no se decidían a admitir que el aire atmosférico no fuese el único cuerpo gaseoso de la naturaleza.

Por primera vez en la historia de la química Black había demostrado la existencia de un gas (entonces llamado un "aire") que no era el aire atmosférico.

Además, la lista de los cuerpos gaseosos aumentó rápidamente gracias a Joseph Priestley (1733-1804) nacido en un poblado cerca de Leeds, en Yorkshire, Inglaterra. Priestley consiguió descubrir media docena de gases o al menos los caracterizó completamente. Empleo como líquido para recoger y encerrar los gases en la cuba neumática el mercurio, con el que pudo estudiar los gases solubles en el agua.- En 1771 se interesó por el fenómeno de la fijación de gas carbónico (CO_2) sobre las plantas; en 1772 aisló por primera vez el dióxido de nitrógeno (NO_2), luego el óxido de nitrógeno, amoníaco gaseoso, ácido clorhídrico gaseoso, bióxido sulfuroso gaseoso; etc. (En el sistema de asignar nombres de la época "aire nitroso disminuido", "aire nitroso", "aire alcalino", "aire ácido" y "aire ácido vitriólico").

Pero es el hecho de que ciertos compuestos como las bases alcalinas (hidroxidos de sodio y potasio), la cal (óxido de calcio), la magnesia (óxido de magnesio) etc. Pierden o recuperan sus propiedades originales debido a la intervención de un gas (un "aire") lo que atrae la atención de Antonio Lavoisier, trayendo a escena a este gran revolucionador de la Química.

Este último fenómeno había sido ya estudiado por Black, quien había dado a conocer sus observaciones en un clásico trabajo titulado "Experimentos sobre magne-

sia, cal viva y otras substancias alcalinas". En este sentido, la famosa memoria de Black antes citada, ejerce sobre Lavoisier una fuerte influencia, llevándolo no sólo a repetir los experimentos del gran químico escocés, sino a ampliarlos. Se interesa también por los trabajos realizados hasta ese momento por Priestley (hay que señalar que transcurre el año de 1772) y se decide a reproducir también los trabajos de aquel.

En este momento Lavoisier esta en posición de cumplir con "identificar el problema..." "... y recopilar todos los datos posibles relacionados con éste". Pues conoce los postulados de la Teoría, las discrepancias surgidas entre ésta y los resultados experimentales y, lo más importante, las evidencias del papel que parecen jugar los "aires" en los fenómenos de combustión.

En efecto, es en el curso del año 1772 que Lavoisier toma plena conciencia de la naturaleza de los gases y la parte que algunos de ellos podían desempeñar en las reacciones químicas, en particular en los fenómenos de oxidación y de combustión.

Durante todo este año trabaja en torno al problema de la calcinación y finalmente el 1o. de Noviembre del mismo año deposita un pliego sellado en la Academia Real de Ciencias abierto y leído el 5 de Mayo del año siguiente y que contiene la declaración siguiente:

"Hace aproximadamente ocho días que he descubierto que el azufre, al quemarse, lejos de perder peso, por el contrario lo aumentaba; en efecto, de una libra de azufre se podía obtener mucho más de una libra de ácido vitriólico, efectuada la abstracción de la humedad del aire; lo mismo acaece con el fósforo: este aumento de peso proviene de la gran cantidad de aire que se fija durante la combustión y se combina con los vapores. Este descubrimiento, cuya veracidad he constatado mediante experiencias que considero decisivas, me ha hecho pensar que lo que se observaba en la combustión del azufre y del fósforo podía también suceder con respecto a todos los cuerpos que adquieren mayor peso por combustión o calcinación, y me he convencido que el aumento de peso en las cales metálicas provenía de idéntica causa. La experiencia ha confirmado totalmente mis conjeturas; he efectuado la reducción de la litargia en vasos cerrados, empleando el aparato de Hales, y he observado que se desprendía, en el momento del tránsito de la cal en metal, una considerable cantidad de aire, y que este aire formaba un volumen mil veces más grande que la cantidad de litargia empleada. Como este descubrimiento me ha parecido uno de los más importantes efectuados desde Sthal, he creído deber asegurarme la propiedad de él, efectuando el depósito presente en las manos del secretario de la Academia, a fin de que permanezca secreto hasta el momento en que publique mis experiencias".

En esta breve reseña de sus experiencias con azufre, fósforo y litargia -- (PbO) Lavoisier nos muestra por un lado:

1. Que al quemar azufre y fósforo se producía un aumento de peso, en contra de lo esperado.

2. Que este aumento de peso se debe a "... la gran cantidad de aire que se fija durante la combustión..."

3. A partir de los resultados obtenidos de una serie de experimentos sobre dos casos particulares formula una explicación general.

4. Nos describe sus experimentos.

Por el otro:

1) Que hay que "Elaborar un informe escrito sobre todo el ciclo de la investigación..."

2) Que tuvo que efectuar un "Análisis de los resultados y conclusiones". Para efectuar ese informe.

Así, Lavoisier establece un paralelo -más aún, una identificación- entre el aumento del peso del fósforo y el de azufre quemado con la combustión en general y con la calcinación de los metales. También observó que el fenómeno inverso, la reducción de una cal metálica (el litargirio) mezclada con carbón, se da con una enorme producción de gas. Por otra parte, se encuentra todavía apegado a las concepciones y a la terminología del flogisto, y habla siempre de aire en general y no de una parte especial del aire, como hoy sabemos que ocurre en realidad.

Lavoisier dedica el fin de 1772 y los comienzos de 1773 a la elaboración de un programa de trabajo que le permita ordenar y sistematizar los conocimientos derivados del estudio de los "aires", del papel que juegan éstos en los fenómenos de la combustión, de la respiración, de la calcinación; para lo cual en su diario de laboratorio, específicamente el 20 de Febrero anota el estado de los conocimientos relativos a la formación de los gases en las reaccions químicas, texto fundamental para comprender el pensamiento de Lavoisier y apreciar el propósito de la guía. "Antes de comenzar la larga serie de experiencias que me propongo realizar sobre el fluido elástico que se desprende de los cuerpos, sea por la fermentación, sea por la destilación, sea finalmente por las combinaciones de todas clases, lo mismo que sobre el aire absorbido y la combustión de un gran número de sustancias, creo necesario expresar por escrito algunas reflexiones para formularme a mí mismo el plan que debo seguir. Es un hecho comprobado que, en un gran número de circustancias, se desprende de los cuerpos un fluído elástico: pero existen varias teorías acerca de su naturaleza..."

Luego enumera las diversas hipótesis enunciadas por otros: se trata del aire atmosférico mismo, o bien de otro fluído distinto, el aire fijo, o bien de emanaciones sútiles "de las que se podía distinguir una infinidad de especies". Comprueba que todos los experimentos acumulados que ocupan contemporáneamente aquímicos de todos los países, no son suficientes todavía para elaborar una teoría completa y satisfactoria. Señala la confusión que existe en relación a la naturaleza y a las propiedades de estos "aires" que se tiende a multiplicar, en lugar de tratar de averiguar si sus diferencias no se deben a mezclas o a la presencia de impurezas en número pequeño de gases definidos.

Finaliza con la conclusión siguiente donde se resume un programa de trabajos que seguirá escrupulosamente durante quince años: "La importancia del tema me indujo a retomar todo este trabajo que me pareció apto pare producir una revolución en la física y en la química. Creí necesario considerar tan sólo como indicaciones todo lo que había sido hecho con anterioridad; me he propuesto repetirlo todo con nuevas precauciones a fin de relacionar lo que conocemos sobre el aire que se fija o que se desprende de los cuerpos con los otros conocimientos adquiridos y formar una teoría. Los trabajos de los autores que acabo de citar considerados desde este punto de vista, me han presentado secciones separadas de una gran cadena, de la que se han unido sólo algunos eslabones. Pero falta aún una inmensa serie de experiencias para formar una continuidad... Esta manera de encarar el tema me ha hecho sentir la necesidad, primero de repetir, y luego, de multiplicar, las experiencias que absorben el aire a fin de que, conociendo el origen de esta sustancia, pudiera rastrear sus efectos en todas las diferentes combinaciones".

"Las operaciones por las cuales se puede llegar a fijar el aire son: la vegetación, la respiración de los animales, la combustión, en alguna circunstancia la calcinación y, por último, algunas combinaciones químicas".

Nos encontramos aquí, nuevamente, con las siguientes consideraciones:

1.- A partir de su última serie de experiencias Lavoisier identifica nuevamente el problema "... el fluido elástico que se desprende de los cuerpos sea por la fermentación, sea por la destilación, sea finalmente por las combinaciones de todas clases, lo mismo que sobre el aire absorbido en la combustión...".

Enumera las hipótesis enunciadas sobre este problema y toda la información sobre el caso.

2.- Lavoisier no adelanta ninguna hipótesis, se limita a observar y estudiar sus resultados experimentales.

3.- Aunque no señalamos en este escrito los experimentos desarrollados por Lavoisier, dada su extensión si debemos señalar lo siguiente"... me he propuesto repetirlo todo, con nuevas precauciones..." y "... primero de repetir, y luego de multiplicar, las experiencias que absorben el aire..."

El primer fruto de este trabajo fue una extensa memoria que presentó a la Academia Real de Ciencias. Esta, con la aprobación de la Academia Real de Ciencias. Esta, con la aprobación de la Academia, apareció como volumen suelto en enero de 1774, llevando el título de Opusculos físicos y químicos. Los Opusculos se componen de dos partes. La primera trata históricamente el problema de los "aires", deteniéndose especialmente a estudiar las experiencias de Black y su "aire fijo". En la segunda parte describe sus experiencias y expone sus conclusiones. Entre las que destacan.

"Que de idéntico modo que siempre que un cal metálica pasa el estado de cal al de metal, hay una liberación de fluído elástico, de la misma manera todas las veces que un metal pasa del estado de metal al de cal, existe absorción de este fluído, y que la calcinación misma está poco más o menos proporcional a la cantidad de esta absorción".

"Que diversas circunstancias indicarían que la totalidad del aire que respiramos noes apta a fijarse para entrar en la combinación de las sales-metálicas, sino que existe en la atmósfera un fluído elástico especial que se encuentra mezclado con el aire y que es en el momento en que se agota - este fluído conteniendo en la campana, cuando la clacinación no se puede - continuar".

Una de las objeciones contra la afirmación de que el aumento de peso durante la calcinación se debe a una parte del aire que se fija en el metal se basaba en la admisión hecha por Boyle de que eran las "partículas - de fuego" las que pasaban a través de las paredes del recipiente donde se hacia la calcinación de los metales y que teniendo peso y agregándose al - metal determinaban el comprobado aumento de peso.

Bajo este estado de cosas Lavoisier inicia el año de 1774 convencido de la validez de su hipótesis: una parte del aire atmosférico es el que se fija con las cales metálicas; y trabaja con nuevos elementos (plomo y estaño) en la comprobación de ésta y por consiguiente en la refutación de la de Boyle.

En febrero de 1774 provoca la calcinación de una cierta cantidad de - plomo y estaño en ampollas cerradas al calor, después de haber pesado cuidadosamente la cantidad de metal usada y los recipientes cerrados antes de exponerlos al fuego. Los pesa luego al final del experimento y no comprueba ninguna variación de peso total. Así, en contra de la opinión corriente, el fuego no ha cedido ninguna materia pesada al metal a través del vidrio. Al abrir la ampolla siente el soplo del aire que penetra al interior, pesa y anota el aumento de peso que es igual al de los metales usados en el experimento, que luego pesará por separado; ahora está en condiciones de afirmar que el aumento de peso de los metales calcinados proviene de una parte del aire atmosférico que se ha fijado sobre estos metales. -- Queda por identificar todavía esta parte de aire que algunas observaciones podrían hacer confundir con el gas carbónico. Para avanzar en sus descubrimientos, necesita un medio más adecuado que la calcinación del plomo o estaño. En el mercurio encontrará el material ideal.

EL DESCUBRIMIENTO DEL "AIRE VITAL".

Su atención se fija en el mercurio gracias a los trabajos de otros dos químicos realizados en 1774. Por una parte el farmacéutico militar Bayen publicó dos memorias que describen experimentos sobre sales de mercurio -- descompuestas y transformadas en óxido y sobre la propiedad de este óxido de descomponerse con el calor

Sin embargo, recibirá las noticias más importantes del inglés Joseph Priestley. Al calentar el óxido rojo de mercurio bajo una campana invertida, Priestley recogió el primero de agosto de 1774 un gas que, como --- comprueba con asombro, mantiene la combustión. Se trata del oxígeno.

En el transcurso de los meses siguientes Priestley visitó París y vió a Lavoisier; en octubre le habló de sus experimentos con óxido de mercurio, que recibía el nombre de precipitado per se porque se formaba sobre la superficie del mercurio cuando se lo calentaba. Priestley repitió sus experimentos en presencia de Lavoisier.

Pero estudiemos esto más detenidamente; Priestley hacia comienzos del año de 1774, había podido conseguir un lente muy poderoso, con el cual inició toda una serie de experiencias para estudiar, sin utilizar el fuego, - la acción del calor sobre varias substancias cuyos "aires" recogía en vasos cerrados. "Con este aparato", escribe en el segundo volumen de sus experimentos y observaciones, "después de varias otras experiencias..., el - 1o. de agosto de 1774 intenté extraer aire de mercurius calcinatus per se y luego con el recurso de estos lentes, encontré que con mucha facilidad -- expulsaba aire. Habiendo obtenido este gas tres o cuatro veces, conforme a la cantidad del material de que disponía, lo puso en contacto con agua, - y comprobé que no se disolvía en ella. Pero lo que me extrañó más de lo - que puede decirse, fue el hecho de que una vela quemaba en aquel aire con una llama notablemente vigorosa, mucho más que la amplia llama con que la vela quema en el aire nitroso tratado con hierro o con hígado de azufre -- (se trata de oxídulo de nitrógeno, N_2O, obtenido reduciendo el óxido, NO); pero, no habiendo observado en ninguna especie de aire un tan notable fenómeno, sino en esta especial modificación del aire nitroso, y conociendo -- que el ácido nitroso no se había usado en la preparación del mercurius calcinatus, estaba completamente perplejo sobre la manera de explicarme este hecho".

En los días siguientes, Priestley repitió la experiencia, e hizo otras similares con el plomo rojo (minio Pb_3O_4), obteniendo el mismo aire. Así Priestley se convenció de que "el mercurius calcinatus debía conseguir de la atmosferá la propiedad de producir tal especie de aire, siendo iguales los procedimientos de preparación de aquella substancia y la del plomo rojo", y esta parte que conseguía debía ser una parte nitrosa o ácida.

En el mismo mes de agosto el sabio inglés dejó de lado estas experiencias, acompañando a su patrón, Lord Shelburne a un viaje al continente. De manera que en París comunicó a otros sus descubrimientos, en particular a Lavoisier. A su regreso, en noviembre, Priestley reanudó sus experiencias con el gas que, más tarde, llamará "aire desglogisticado" y reconoció algunas otras de sus particularidades interesantes. Así, el 21 de noviembre de 1774 reconoce en modo claro y completo que el nuevo aire por

él descubierto el lo. de agosto, era absolutamente diferente del "aire nitrosdesglofisticado" (el oxídulo de nitrógeno). El lo. de marzo de 1775 comprueba que el nuevo aire es respirable y por eso dice que es aire común, pero el 8 del mismo mes se convence de que es mejor que el aire común, llamandoloaire desflogisticado.

Lavoisier en marzo de 1775 repite las experiencias de Priestley con la cal de mercurio, y después de rechazar que el aire desarrollado era -como creía antes- "aire fijo"; afirma que lo que se obtiene era aire común "con un poco de la naturaleza del aire inflamable" (H_2). Durante aproximadamente un mes Lavoisier continua con una serie de experimentos con el óxido de mercurio, lo que le permite aclarar en forma precisa las diferencias entre el gas carbónico (CO_2) el aire vital (O_2), el aire inflamable (H_2) y el aire fijo (N_2) mismas que comunica a la Academia en abril del mismo año (1775). Justo es reconocer la importancia que tuvo para la realización de estas experiencias los resultados reportados por Priestley en el segundo volumen de sus Experimentos y Observaciones.

Durante 1776 y buena parte de 1777 Lavoisier continua realizando sus experimentos, desarrollando en abril de 1776 su célebre experiencia con el óxido de mercurio rojo misma que se describe en casi todos los trabajos de química:

"Introduje cuatro onzas de mercurio puro en un recipiente, cerrado, de vidrio, -escribió- luego encendí el horno y lo mantuve asi durante doce días. Al segundo día, había empezado a aparecer diminutas partículas rojas sobre la superficie del mercurio". Cuando la mayor parte del mercurio se hubo convertido en un polvo rojo. Lavoisier retiró del fuego el recipiente de vidrio, que había pesado cuidadosamente antes del experimento, y pesó su contenido, nuevamente. Se encontró con que no hubo aumento de peso.

Como el recipiente de vidrio estaba cerrado, nada pudo entrar o escapar durante el calentamiento. Sin embargo, cuando abrió el recipiente, notó que el aire entraba violentamente dentro de él. Para Lavoisier, esta entrada violenta de aire indicaba que parte del aire del recipiente se había consumido durante el calentamiento y había dejado espacio para que pudiera penetrar más aire. Después que entró el aire dentro del recipiente, lo pesó, una vez más, y comprobó el aumento en peso. Dedujo entonces lógicamente, que este aumento igualaba el peso de algo que estaba en el aire contenido en el recipiente y que se había combinado, durante el calentamiento,con el mercurio, formado el polvo rojo. Como medida de precaución, invirtió su experimento original. Tomó el polvo rojo de mercurio y lo calentó a temperatura más alta. Encontró que el polvo rojo se convertía en mercurio y que se desprendía un gas, y, mediante una serie de pruebas, encontró que este gas era idéntico al aire deflogistizado que Priestley había descubierto. Por lo tanto, concluyó que el gas que había en el aire, era el causante de la combustión.

Durante todo este lapso de tiempo (mas de año y medio) el trabajo experimental de Lavoisier no presenta variaciones apreciables, antes bien si prueba y comprueba sus datos experimentales, es con la intención de no cometer errores, de contar con datos seguros y rigurosos. Pero, en cuanto al aspecto teórico, todo se concibe de manera completamente diferente, hacia 1778, en una nueva publicación de su memoria de 1775, lo que plantea Lavoisier es algo mucho más desarollado, diriase que por fin Lavoisier ha encontrado la clave del problema.

"De acuerdo a esto, parece que el principio que se combina con los metales durante su calcinación, y que les aumenta el peso, no es otra cosa que la parte más pura del aire que nos rodea, que respiramos y que pasa,en esta operación, del estado de expansibilidad al de solidez; si por lo tanto se le obtiene en el estado de aire fijo, en todas las reducciones metálicas en que se emplea el carbón, es a la combinación de este último con la parte pura del aire que se le debe el efecto y es muy probable que en todas las cales metálicas no darían, tal la del mercurio, más que aire eminentemente respirable, si se pudiera reducirlas a todas sin adición, de la misma manera que se reduce el mercurio precipitado per se. Todo lo que acabamos de decir del aire de las cales metálicas puede aplicarse naturalmente al que se obtiene del salitre merced a la detonación; se sabe que la mayor parte de este aire se encuentra en el estado de aire fijo, que es mortal para aquellos animales que lo respiran, que tiene la propiedad de unirse fácilmente con la cal y los álcalis, de dulcificarlos y hacerlos cristalizar; pero, como al mismo tiempo la detonación del salitre no se produce sino agregándole carbón u otro cuerpo cualquiera que contenga flogisto, no se puede dudar que no acaezca todavía, en esta circustancia, una conversión del aire eminentemente respirable en aire fijo; de donde se deduciría que el aire combinado en el salitre... es la parte respirable del aire de la atmósfera desprovisto de su expansibilidad, y que es uno de los principios que constituye el ácido nitroso. Estamos obligados a concluir, que el principio al que se le ha dado hasta ahora el nombre de aire fijo, es la combinación de la parte eminentemente respirable del aire con el carbón " (CO_2).

Lavoisier llamaba al oxígeno aire vital y al nitrógeno, exhalación residual porque se trataba del gas que quedaba en la campana de mercurio después de la calcinación o después que un pájarito hubiera respirado allí dentro. Priestley, que estaba en posesión de los mismos resultados y que hasta los había comunicado antes a la Royal Society de Londres, había denominado a los dos nuevos gases: aire deflogisticado y aire flogisticado. Los dos sistemas comienzan a enfrentarse desde ese momento. Lavoisier, ha adoptado el nombre de "aire vital" es decir, un gas diferente del aire atmosférico y diferente de aquella exhalación residual que constituye los cuatro quintos del aire atmosférico.

En efecto, el sistema tradicional es muy sólido y las denominaciones adoptadas por Priestley así lo revelan. El gas que permite la respiración y la combustión es para él y para todos los químicos excepto