



NOCIONES

DE

FILOSOFÍA NATURAL

Traducidas del INTRODUCTORY

DEL PROFESOR HUXLEY

POR

FANOR VELASCO



SANTIAGO DE CHILE

IMPRENTA CERVANTES

CALLE DE LA BANDERA, 13

1887



BIBLIOTECA NACIONAL DE CHILE

Sección

Chilena Boveda

Clasificación

9(173-37)

Cutter

Año Ed.

1887

Copia

Registro Seaco

129412

Registro Notis.

AAB 2941

BIBLIOTECA NACIONAL




0194114

7842
BIBLIOTECA NACIONAL
Santiago de Chile
SECCION INFANTIL

02
NO

ch		
ta	4	
	14	



501
H9868

AA B 2941

B

ón

AA152842

NOCIONES

DE

31109

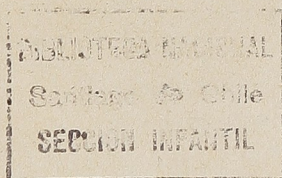
FILOSOFÍA NATURAL

Traducidas del INTRODUCTORY

DEL PROFESOR HUXLEY

POR

FANOR VELASCO



SANTIAGO DE CHILE

IMPRENTA CERVANTES

CALLE DE LA BANDERA, 73

1887

129412

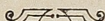
9/173-37)

NOCIONES

DE FILOSOFÍA NATURAL

SECCION PRIMERA

LA NATURALEZA I LA CIENCIA



I

Sensaciones i cosas

BIBLIOTECA NACIONAL
Santiago de Chile
SECCION INFANTIL

Siempre que nos encontramos despiertos, estamos en comunicacion por medio de nuestros sentidos con el mundo en que vivimos i del cual formamos parte; constantemente tenemos en actividad el tacto, o el oido, o el olfato, o la vista, si no nos rodea la oscuridad, i en intervalos el gusto. A las comunicaciones que nos llegan de este modo, hemos puesto el nombre de SENSACIONES.

Cuando experimentamos alguna de estas sensaciones,

DR | 

es costumbre decir que palpamos, u oímos, u olemos, o vemos, o gustamos algo. Cierta fragancia nos hace asegurar que olemos una rosa; cierto sabor, que probamos un durazno; cierto sonido, que oímos un carruaje; cierta esterilidad, que vemos un árbol; i llamamos COSA u OBJETO a todo lo que en esta forma percibimos con el auxilio de nuestros sentidos.

II

Causas i efectos

Ademas, decimos que todas esas cosas u objetos son las CAUSAS de las sensaciones que experimentamos, i que estas sensaciones son EFECTOS de aquellas causas. Por ejemplo, al oír cierto ruido particular, aseguramos que lo causa un carruaje que pasa por la calle, o que el ruido en cuestion es el efecto o la consecuencia de un carruaje que va en marcha. Sintiendo un fuerte olor a quemado, creemos que ello es efecto de que está prendiéndose alguna cosa, i buscamos con inquietud la causa de ese olor. Al ver un árbol tenemos la certidumbre de que hai alguna cosa o algun objeto que causa su aparicion en el campo de nuestra vista.

III

La razon por qué.—Esplicacion

Cuando, despues de sentir olor a quemado i de mirar a nuestro rededor, damos con el fuego, se dice indiferentemente que hemos encontrado la causa del olor,

o que sabemos la razon por la cual lo percibimos, o que nos lo **ESPLICAMOS**.

Conocer, pues, la razon de una cosa o explicárnosla, equivale a conocer la causa que la produce. Pero lo que es causa de una cosa, es a su turno efecto de otra causa. Suponiendo que la causa del olor a quemado sea el humo de un monton de paja, en el acto tratamos de averiguar la causa porque ésta se ha prendido. Quizás se echó sobre ella un fósforo ardiendo, i en tal caso decimos que el fósforo es esa causa. Sin embargo, como no es posible que en la paja haya un fósforo encendido si alguién no lo ha puesto en ella, resulta que la presencia de este fósforo es un efecto producido por causa de alguna persona. ¿Por qué, entónces, esa persona puso el fósforo en aquel punto? ¿Tiró este fósforo descuidadamente, o al tirarlo tuvo conciencia de lo que hacia? Si lo que sucedia es esto último ¿qué motivos o causas indujeron a esa persona a arrojarlo en este sitio? ¿Qué razon hubo para que esta causa se le presentara?

Es claro que sobre el asunto pueden hacerse preguntas infinitas, i que la respuesta que se dé a cada una de ellas, será motivo para una pregunta posterior.

En consecuencia, creemos que todo es efecto de algo que lo precede como causa, i que esta causa tambien es efecto de otra, i así seguimos sucesivamente por una cadena de causas i efectos que se prolonga sin término. Todas las cosas se esplican tan pronto como descubrimos su causa o su razon; la esplicacion es mas completa, si logramos dar con la causa de esa causa; i miéntas mas podemos prolongar la cadena de causas i efectos, mas satisfactoria es la esplicacion.

Pero nada tiene una explicación completa i absoluta, porque los mas profundos conocimientos humanos retroceden mui pocos pasos hácia el principio de las cosas.

IV

Propiedades i poderes

Si hai alguna cosa que produce siempre un efecto determinado, decimos a veces que este efecto es una PROPIEDAD i a veces que es un PODER de la misma cosa. El perfume es una propiedad de las rosas, porque estas flores hacen siempre que el olfato experimente una sensación particular cuando a ellas se acerca la nariz; el plomo tiene la propiedad de ser pesado, pues siempre que tomamos un pedazo de este metal, sufrimos una sensación de peso; una corriente de agua tiene el poder de poner en rotación una rueda hidráulica, porque la corriente hace que jiren las ruedas de esta especie; i una serpiente venenosa tiene el poder de matar a un hombre, porque su mordedura puede causar la muerte. Propiedades i poderes son, pues, ciertos efectos causados por cosas de las cuales se dice que tienen esas propiedades i esos poderes.

V

Objetos artificiales i objetos naturales.—Naturaleza

Muchas de las cosas que conocemos por medio de nuestros sentidos, como las casas, los muebles, los ca-

rruajes i las máquinas, tienen el nombre de COSAS u OBJETOS ARTIFICIALES, porque el ARTE es lo que les ha dado forma. En el lenguaje vulgar i corriente, se dice que esos objetos son hechos por los hombres. Hai, sin embargo, un número infinitamente mayor de cosas que nada deben a la mano del hombre, i que serian exactamente lo que son aun cuando la humanidad no existiera. Entre éstas figuran, por ejemplo, el cielo, las nubes, el sol, la luna, las estrellas, los cerros, los valles, las plantas i los animales silvestres. A las cosas de esta especie damos el nombre de OBJETOS NATURALES, i al conjunto de todas ellas el de NATURALEZA.

VI

Las cosas artificiales son únicamente cosas naturales a que el hombre ha dado forma, uniéndolas o separándolas.

La distincion entre *arte* i *naturaleza*, entre *cosas artificiales* i *cosas naturales*, se hace con toda facilidad i tiene ventajas indiscutibles; pero es necesario recordar que, despues de un exámen atento, resulta que a la naturaleza lo debemos TODO. Aquellos objetos artificiales que constantemente se dice que el hombre ha hecho, en realidad no son sino objetos naturales a los cuales el hombre se limita a dar forma i movimiento. El hombre es impotente para CREAR, esto es, para hacer que exista lo que de antemano no existe de algun modo.

Conviene, ademas, tener presente que si el hombre da forma a los objetos naturales reuniéndolos o sepa-

rándolos, o hace en virtud del poder que posee en su calidad de objeto natural.

Por consiguiente, la accion de aquella parte de la naturaleza a la cual conocemos bajo el nombre de humanidad, es la que produce todas las cosas artificiales.

Tenemos razon al decir que *hacemos* una caja, si lo único que afirmamos es la circunstancia de que nosotros damos figura a unos cuantos pedazos de madera que quedan unidos mediante los clavos que les ponemos; pero son objetos naturales la madera de que nos servimos para hacer esa caja, i el hierro de estos clavos. Un reloj se hace de oro, plata, níquel i otros metales, objetos naturales todos ellos, que se juntan i adaptan de diversos modos. Una levita se hace de lana, objeto natural, i un vestido de algodón o seda, objetos naturales igualmente. Por último, objetos naturales son tambien los hombres que hacen todas las cosas que se acaban de indicar.

Los albañiles, los zapateros, los pintores i, en una palabra, todos los artesanos i los artistas, son individuos que, gracias a la práctica i a la observacion, conocen las propiedades i los poderes de algunos objetos naturales i la série de causas i efectos que estos objetos producen en la naturaleza: esos conocimientos colocan a los artesanos i a los artistas en situacion de disponer i de reunir objetos naturales para hacerlos útiles al hombre.

Si un carpintero no conoce algunas de las propiedades de la madera, no puede *hacer* una silla; no puede *hacer* una herradura el que no sepa que el hierro tiene la propiedad de ablandarse cuando se le calienta al rojo;

ni puede *hacer* un ladrillo el que ignora ciertas propiedades de la arcilla.

El ejercicio de cada una de las partes implica, pues, un conocimiento mas o ménos estenso de las causas i de los efectos naturales: los progresos de las artes se verifican bajo la condicion ineludible de que encontremos en los objetos naturales nuevas propiedades i nuevos poderes, i de que en nuestro provecho los utilicemos junto con las relaciones de causa i efecto que existen entre los objetos indicados.

VII

En la naturaleza hai muchos objetos i muchas series de causa i efecto que están fuera de nuestro alcance.

Como ya hemos visto, entre los objetos naturales hai algunos que podemos manejar i aprovechar; pero están excesivamente léjos de nuestro alcance, así las cosas mas importantes de la naturaleza, como el encañamiento de causas i efectos que las une. El sol sale i se pone; la luna i las estrellas recorren el firmamento, i se alternan el tiempo bueno i el malo, el frio i el calor. De una violenta tempestad el mar pasa a una tranquilidad completa, segun el empuje con que el viento sople sobre las aguas, e innumerables plantas i animales aparecen i desaparecen, sin que nos sea posible ejercer la mas mínima influencia en la majestuosa procesion de los grandes acontecimientos naturales. Un lugar es asolado por los huracanes, éste es destruido por un te-

rremoto, aquel otro se arruina con una erupcion volcánica. Una estacion propicia esparce aquí la salud i la abundancia; i una prolongada sequedad produce allá el hambre i la peste. En todos estos casos es impotente la influencia directa del hombre, cuyo papel, miéntras permanece ignorante, se reduce al de un simple juguete de la naturaleza.

VIII

El órden de la naturaleza: nada sucede por accidente: no existe lo que se llama casualidad.

Una vez que con atencion comenzaron a estudiar la naturaleza, los hombres notaron que hai acontecimientos que se producen en un órden regular i causas que siempre ocasionan los mismos efectos. Invariablemente el sol sale por un lado del firmamento i se pone por el otro; las fases de la luna se suceden en un órden determinado i con intervalos idénticos; hai estrellas que permanentemente están visibles en el horizonte del lugar donde habitamos; en todo caso las estaciones son mas o ménos parecidas; el agua corre siempre para abajo; el fuego quema siempre; las plantas brotan de unas semillas i producen otras de las cuales nuevas plantas vuelven a brotar; i los animales nacen, crecen i mueren, siglo tras siglo, de una manera perpétuamente idéntica. Ha entrado, pues, gradualmente en la intelijencia de los hombres la nocion de que hai un ÓRDEN EN LA NATURALEZA i de que entre las cosas hai una relacion invariable de causas i efectos. Miéntras aquel órden

subsistia, las cosas tenian explicacion; i se aseguraba que habian ocurrido por CASUALIDAD o por ACCIDENTE las que no podian explicarse.

Ahora bien, a medida que la naturaleza se ha estudiado mas cuidadosamente, ha habido necesidad de reconocer que el órden prevalece con mayor amplitud, i que es solo complejo lo que a primera vista parecia desordenado. En la actualidad, nadie tiene la tontería de creer que ocurra alguna cosa por casualidad o que haya accidentes, es decir, acontecimientos sin causa. Cuando se dice que sucede algo por casualidad, todo el mundo entiende que lo que con ello se significa, es que se ignora la causa del suceso o la razon por la cual ha ocurrido. Casualidad i accidente son, pues, sinónimos de ignorancia.

En este instante, yo veo desde la ventana que la lluvia cae, que el viento sacude con violencia las ramas de los árboles, i que bajo una de ellas se guarece un hombre. La rama se quiebra al fin, se desploma sobre este individuo i lo maltrata de gravedad. A esto se da el nombre de *accidente*: aquel hombre salió al *acaso*, se refugió al abrigo del árbol por *casualidad*, i en esta forma es como el *accidente* se verifica.

La verdad, sin embargo, es que en todo ello no hai accidente, ni acaso, ni casualidad. La tempestad es el efecto de causas que, desde mui léjos, quizás a distancia de millares de quilómetros, están obrando sobre la atmósfera; las vibraciones de cada hoja son consecuencia de la fuerza mecánica con que el viento choca contra todo aquello que encuentra en su camino; la rama se quiebra a consecuencia de la relacion que existe en-

tre su propia solidez i el empuje del viento; si esta rama cae sobre el hombre, es a consecuencia de la acción de otras causas naturales i definidas; i el hecho de que ese hombre se hubiera colocado precisamente debajo de ella, es solo el último eslabon de una cadena de causas i efectos que se han sucedido en un orden natural, desde la que tuvo por efecto hacer que el hombre se pusiera en marcha, hasta esa otra cuyo efecto fué que se guareciera al abrigo de aquel árbol.

Pero como somos incapaces de desenredar la complicada i larga madeja de causas i efectos que hicieron caer sobre aquel individuo la rama de nuestra referencia, nos limitamos a dar al caso el nombre de *accidente*.

IX

Las leyes de la naturaleza: las leyes no son causas.

Cuando por medio de observaciones cuidadosas i repetidas hemos comprobado que una cosa determinada es siempre la causa de cierto efecto, o que tales acontecimientos siempre tienen lugar en el mismo orden, llamamos LEI DE LA NATURALEZA a la verdad descubierta de ese modo. Es lei de la naturaleza que los cuerpos pesados caigan al suelo siempre que no se encuentren sostenidos, i es otra lei análoga que, en condiciones ordinarias, el plomo sea pesado i blando, mientras que son caractéres del pedernal la fragilidad i la rijidez: la esperiencia nos manifiesta que todas las cosas que tienen peso, caen siempre que no hai algo que las sosten-

ga, i que, en condiciones ordinarias, el plomo siempre es blando, como siempre es ríjido el pedernal.

Todo lo que sabemos sobre propiedades i poderes de los objetos naturales i sobre el órden de la naturaleza, puede con propiedad responder al nombre de lei natural. Sin embargo, las leyes naturales no son las causas del órden de la naturaleza, sino simplemente un medio de que nos valemos para representar aquello que en ese órden hemos logrado comprender. Esta diferencia se olvida mui a menudo, i en consecuencia, es útil recordarla. No caen las piedras a causa de la lei a que acabamos de referirnos; pero esta lei es un modo de asegurar lo que invariablemente ocurre cuando tienen posibilidad de moverse cuerpos pesados que esten mas arriba de la superficie de la tierra.

Bajo este aspecto, las leyes de la naturaleza son semejantes a las que los hombres dictan para *servir* de norma a la conducta que entre sí deben observar. Hai unas leyes relativas al pago de las contribuciones, i otras relativas al robo i al asesinato; pero aquellas no son la causa de que paguemos nuestras contribuciones ni éstas de que nos abstengamos de robar i asesinar. Las leyes se reducen a indicar lo que tiene que suceder a aquel que no cubre los impuestos i a aquel que roba o asesina. La causa de que no incurramos en esa infraccion o en estos crímenes, es a falta de motivos mas elevados, el temor a las consecuencias, temor que a su turno es efecto de la seguridad que tenemos en el cumplimiento de aquella indicacion. Las leyes humanas nos dicen lo que podemos esperar que la sociedad hará en ciertas circunstancias; i las leyes de la naturaleza nos

manifiestan lo que podemos esperar que en ciertas circunstancias harán los objetos naturales. Unas i otras son avisos dirigidos a nuestra inteligencia; i cuando sobre ésta no ejercen influencia de ninguna clase, las leyes naturales como las humanas quedan reducidas a la condicion de un ruido o de un jeroglífico indescifrable.

A pesar de esta grande analogía entre las leyes de la naturaleza i las de los hombres, hai entre ellas diferencias esenciales que no se deben olvidar. Toda lei humana consiste en un mandato dirigido a agentes que, por el hecho de tener voluntad propia, pueden obedecerlo o desobedecerlo, i la lei no se anula ni se deroga por la circunstancia de ser infringida. Por el contrario, las leyes naturales no son un mandato sino una asercion relativa al orden invariable de la naturaleza; i conservan su calidad de tales, solamente miéntras les es posible manifestar que espresan aquel orden. Hablar de la violacion o suspension de una lei de la naturaleza, es absurdo. Lo único que esas palabras significan, es que, en determinadas condiciones, carece de verdad la asercion a que se refiere la lei; i por consiguiente, la conclusion exacta es, no que el orden de la naturaleza se haya interrumpido, sino que habíamos experimentado una equivocacion al indicar ese orden. Toda lei natural es universal, i en este carácter no es susceptible de excepciones.

Las leyes humanas no tienen sentido sino miéntras existe la sociedad humana. Las leyes naturales espresan el curso jeneral de la naturaleza, i en ésta la sociedad humana forma solo una fraccion insignificante.

X

**El conocimiento de la naturaleza es la guía de
nuestra conducta práctica.**

Si nada ocurre por casualidad, si en la naturaleza todo obedece a una norma determinada, i si por leyes naturales entendemos cuanto por medio de nociones apropiadas hemos sido capaces de conocer sobre el órden de la naturaleza, es mui importante para nosotros saber el mayor número posible de estas leyes a fin de guiar por ellas nuestra conducta.

El que pretenda vivir en un pais sin hallarse impuesto de las leyes que en él rijen, tendrá mui pronto que experimentar contrariedades; i si le llega el caso de ser multado, aprehendido o ahorcado, los hombres razonables dirian probablemente que su mala suerte es hija de su falta de cordura.

Del mismo modo, aquel que trata de vivir en la superficie de la tierra sin prestar atencion a las leyes de la naturaleza, lo logrará solamente por mui poco tiempo, i pasará la mayor parte de éste en aflicciones insoportables i continuas, porque una peculiaridad que distingue las leyes naturales de las humanas, es que los efectos de las primeras se hacen sentir sin notificacion i sin forma de juicio. No puede vivir ni medio dia aquel que no respete algunas de las leyes de la naturaleza; i millares de hombres perecen constantemente o viven de una manera lastimosa, a causa de no haber sido suficientemente celosos en aprender el código natural.

La práctica de todas nuestras artes i de todas nuestras industrias tiene por base, como ya hemos visto, el hecho de que conozcamos las propiedades de aquellos objetos naturales que, para ejercer esas artes, podemos reunir o separar; i aunque no nos sea posible ejercer una accion directa sobre la mayor parte de los objetos naturales ni sobre la jeneralidad de las causas i efectos que se suceden en la naturaleza, estaremos en situacion de eludir lo que nos sea perjudicial i de aprovechar lo que nos sea favorable, siempre que conozcamos las propiedades i los poderes de aquellos objetos i el órden habitual de los acontecimientos.

Así, pues, aunque el hombre carezca de medios para alterar las estaciones o para cambiar la marcha del desarrollo de las plantas, sin embargo, puede manejarse de un modo que le permita sembrar i cosechar segun convenga; aunque es incapaz de hacer que haya viento, puede, una vez que el viento sopla, servirse del conocimiento que tiene de su fuerza i de su direccion probable para dar vela a sus buques i movimiento a sus molinos; i aunque no tenga medios para detener el rayo, puede hacerlo inofensivo por medio de conductores cuya fabricacion implica el conocimiento de algunas de las leyes de la electricidad, que tiene en el rayo una de sus manifestaciones. «Hombre prevenido nunca fué vencido,» dice el refran; i el conocimiento de las leyes naturales sirve para prevenir lo que se espera que puede suceder cuando se trata de objetos de la naturaleza.

XI

La ciencia: el conocimiento de las leyes de la naturaleza se obtiene mediante la observacion, la experimentacion i el racionio.

Ninguna diferencia existe entre el conocimiento comun i el conocimiento científico de las cosas. Estrictamente hablando, todo conocimiento exacto se llama CIENCIA, i es CIENTÍFICO todo racionio verdadero. El método de OBSERVACION i ESPERIMENTACION, al cual se deben los grandes resultados obtenidos en las ciencias, es idénticamente el mismo que cada cual emplea en la vida diaria, aunque refinado i exacto. El niño que adquiere un juguete desconocido, observa sus caractéres i experimenta sus propiedades; i todos estamos constantemente haciendo experimentos i observaciones sobre este o aquel objeto.

Pero los que nunca han intentado observar con exactitud, quedarán sorprendidos de ver cuántas dificultades reune esta tarea. Entre cien personas no hai una que, siquiera con una precision aproximada, pueda describir la ocurrencia mas vulgar. En ésta se omitirá siempre alguna circunstancia importante, o se agregará la existencia de alguna cosa que no se ha observado, pero que a ciegas se supondrá haber existido. Cuando en un tribunal de justicia se contradicen dos testigos igualmente verídicos, de ordinario resulta que uno u otro, o ambos a la vez, confunden lo que vieron en rea-

lidad con las inferencias que deducen de lo que vieron. Pedro afirma bajo juramento que Juan le sustrajo la cartera; i sin embargo, lo único que realmente sabe Pedro es que, estando Juan al lado suyo, sintió una mano estraña en su bolsillo. Despues de muchas investigaciones i de numerosos esclarecimientos, se comprueba que Juan es inocente i que el ladron es Martin, en quien Pedro no habia fijado la atencion. Los observadores inexpertos confunden de una manera maravillosa aquello que deducen de lo que ven con lo que ven en realidad, e incesantemente se encuentran en peligro de incurrir en un error análogo hasta los observadores experimentados i cuidadosos.

La observacion científica debe ser completa i exacta, i a la vez hallarse exenta de deducciones que no hayan sido perfectamente comprobadas.

Esperimento es la observacion de lo que ocurre cuando intencionalmente reunimos ciertos objetos naturales, o cuando los separamos, o cuando de este o del otro modo alteramos las condiciones en que ellos se encontraban colocados. En consecuencia, esperimento científico es toda observacion científica que se ejecuta en condiciones artificiales exactamente conocidas.

Materia de observacion vulgar es que a veces el agua se conjela. La observacion pasa a ser científica cuando con exactitud establecemos bajo qué condiciones tiene lugar el cambio del agua en hielo. Esperimentos mui vulgares acreditan que en el agua flota cualquier pedazo de madera; i el esperimento científico manifiesta que al flotar la madera desaloja una cantidad de agua igual a su propio peso.

El RACIOCINIO científico difiere del raciocinio vulgar en los mismos términos en que la observacion i el experimento científicos difieren de la observacion i experimentos vulgares. El raciocinio científico se esfuerza siempre por ser exacto, i es igualmente difícil raciocinar i observar con exactitud.

Para el raciocinio científico las reglas jenerales se compilan mediante la observacion de muchos casos particulares; i de esas reglas, una vez establecidas, se deducen consecuencias. Si un niño dice que el *mármol es duro*, hace estensiva a todos los mármoles una consecuencia que resulta de aquellos que él ha visto i ha tocado, i raciocina de un modo que técnicamente se llama de INDUCCION; pero si se niega a tratar de romper con los dientes una de esas piedras, ejecuta consciente o inconscientemente la operacion inversa de DEDUCCION, partiendo de la regla jeneral segun la cual *el mármol es demasiado duro para que uno pueda romperlo con los dientes*.

Sobre las diversas operaciones del raciocinio adquirirán ustedes mayores conocimientos cuando estudien LÓJICA, ciencia que trata estensamente de esa materia. Por ahora, básteles saber que leyes de la naturaleza son las reglas jenerales que, con relacion a los objetos naturales, se han recojido de innumerables observaciones i experimentos, o en otras palabras, que son inducciones derivadas de estos experimentos i observaciones. Los resultados prácticos i teóricos de la ciencia son el producto de un raciocinio deductivo aplicado a aquellas reglas jenerales.

La ciencia i el sentido comun no se encuentran, pues,

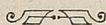
en oposicion, como las jentes piensan a menudo: por la inversa, la ciencia es un sentido comun perfeccionado. El racionio científico es simplemente un racionio comun mui cauteloso, i los conocimientos comunes o vulgares se trasforman en científicos a medida que se hacen mas exactos i completos.

El camino que conduce a la ciencia es, por lo tanto, el de los conocimientos comunes. Debemos estender estos conocimientos por medio de prudentes esperimentos i observaciones, aprender a fijar con exactitud en leyes o reglas jenerales de la naturaleza los resultados de nuestras investigaciones, i ser capaces de razonar correctamente segun estas leyes, para llegar así a tener de los fenómenos naturales una esplicacion racional que despues nos sirva de guía de conducta.



SECCION SEGUNDA

A.—LOS CUERPOS MINERALES



XII

El objeto natural a que se da el nombre de agua

El agua es uno de los mas comunes entre los objetos naturales; todos se sirven de ella diariamente para este o para aquel uso, i en consecuencia, todos tienen sobre esta materia una considerable cantidad de datos indeterminados, o de conocimientos vulgares. Sin embargo, es mui probable que nunca se haya parado la atencion sobre un gran número de estos conocimientos: los que no han hecho esfuerzos por estar impuestos de cuanto puede saberse acerca del agua, tienen que permanecer en la ignorancia de muchos de sus poderes i propiedades i de varias leyes de la naturaleza respecto de las cuales ella suministra esplicacion; i por lo tanto, son incapaces de darse cuenta de ciertas cosas que se esplican con facilidad.

Por el estudio del agua entraremos, pues, en el de la ciencia.

XIII

Un vaso de agua

Tenemos aquí un vaso con agua hasta la mitad. Este vaso es un objeto artificial (V), o en otros términos, un obrero ha dado la forma de vaso al vidrio que resultó de la fundición de ciertos objetos naturales que se habían reunido i calentado previamente.

Por otra parte, el agua es tambien un objeto natural que se ha estraído de un río, de un pozo, de una vertiente, o de un balde en que cae una gotera.

Ahora bien, el agua tiene un gran número de peculiaridades. Por ejemplo, es trasparente, de modo que ustedes pueden ver al traves de ella; es fria, estingue la sed i disuelve el azúcar.

Pero reúne todavia otros caractéres, por los cuales es mas conveniente principiar.

XIV

El agua ocupa espacio; ofrece resistencia; tiene peso; puede transmitir el movimiento que ha adquirido: en consecuencia, es una forma de la materia.

El agua, como hemos visto, llena la cavidad del vaso hasta la mitad; ocupa, por consiguiente, ese mismo espacio, o tiene ese tamaño o VOLÚMEN. Si en este vaso

introducen ustedes otro de las mismas dimensiones, observarán que cuando el fondo exterior de éste llega a ponerse en contacto con el agua, no puede seguir hundiéndose, i que, en efecto, no se hunde hasta que se derrama una parte de este líquido. Todo el que cae al agua desde cierta altura, recibe un choque considerable. El agua, por lo tanto, ofrece RESISTENCIA.

Si vaciamos toda el agua que contiene, el vaso se sentirá mucho mas liviano: el agua, por lo tanto, tiene PESO.

I por último, si a un objeto que se encuentre ligeramente sostenido, arrojan ustedes el agua de ese vaso, ésta, al chocar contra el objeto, lo derriba: prueba de que el agua puesta en movimiento puede transmitir este movimiento a un objeto cualquiera.

Todos estos FENÓMENOS, como jeneralmente se llaman las cosas que ocurren en la naturaleza, son efectos que tienen por causa al agua, i en consecuencia, todos ellos pueden ser conocidos bajo el nombre de propiedades (IV) del agua.

Todas las cosas que ocupan espacio, que ofrecen resistencia, que tienen peso i que transmiten movimiento a los objetos con que chocan, se llaman SUSTANCIAS o CUERPOS MATERIALES, o simplemente MATERIA.

El agua es, pues, una especie o forma de la materia.

XV

El agua es un líquido

Fácilmente observarán ustedes que, aun cuando ocupa

espacio, el agua no cuenta con una forma determinada, sino que se adapta exactamente a la figura del utensilio que la contiene. Si el vaso es cilíndrico i se encuentra verticalmente colocado, serán circulares los perfiles de la superficie del agua, i sin el menor defecto o interrupcion irán tomando la forma de un óvalo a medida que el vaso se incline. Siempre los contornos del agua se adaptarán exactamente a los del utensilio en que ustedes la pongan, cualquiera que éste sea. Metiendo un dedo en el agua, podrán ustedes moverlo en todas direcciones sin sentir otra cosa que un ligero obstáculo, i al sacarlo no dejarán en ella ninguna cavidad, porque el agua se apresura por todas partes a llenar el espacio que estaba ocupado por el dedo. Si tratan ustedes de tomar un puñado de agua, este líquido se les escapará por entre los dedos, i no lograrán tenerlo de un modo permanente.

Manifiestan éstos hechos que las partes del agua se mueven unas sobre otras con la mayor facilidad. Lo mismo se demuestra inclinando el vaso de manera que la superficie del agua llegue en algun punto hasta mas arriba de sus bordes; en este punto habrá cierta cantidad de líquido no sostenido por el vaso, i entónces el agua caerá en un hilo al suelo, donde se desparrama en los mas bajos de los sitios accesibles, o se cala en las grietas paulatinamente.

Aunque las partículas de agua resbalen i se deslicen con toda desenvoltura, permanecen, no obstante, reunidas hasta cierto punto. Tocando apénas el agua con el dedo, se adhiere a él una pequeña porcion de líquido; i una vez que el dedo se levanta cuidadosamente i con

lentitud, el agua adherida se levanta tambien en una columna delgada que, ántes de romperse, adquiere una lonjitud perceptible. De madrugada i despues de un rocío denso, ustedes pueden ver sobre las hojas de los árboles i sobre las briznas de la yerba, gotas esféricas de agua cuyas partículas se mantienen reunidas.

Se da el nombre de FLUIDOS a aquellas sustancias materiales cuyas partículas son tan movedizas, que se ajustan exactamente a las paredes del utensilio en que se encuentran, i que se derraman cuando no hai algo que las contenga; i el de LÍQUIDOS a aquellos fluidos cuyas partículas no se separan, sino que permanecen reunidas, como lo hacen las del agua.

El agua es, en consecuencia, un líquido.

XVI

El agua es poco ménos que incompresible

Hemos visto que el agua, como las demas sustancias materiales, resiste la intrusion de otras materias en el lugar que ella ocupa; pero son muchas las cosas que, experimentando la misma resistencia, pueden, sin embargo, apretarse o COMPRIMIRSE con facilidad en un volúmen mas pequeño. No es esto lo que sucede con el agua, la cual, del mismo modo que los demas líquidos, es casi INCOMPRESIBLE, entendiéndose por esta circunstancia que se necesita disponer de una presion inmensa para conseguir que su volúmen disminuya de un modo apreciable.

Puede parecer extraño que una cosa como el agua,

que aparentemente cede con tanta sencillez, ofrezca mas o ménos las mismas dificultades que el hierro, cuando se trata de apretarla. La condescendencia que a primera vista muestra el agua, se debe a la facilidad con que cambia de forma: cuando no puede cambiar de forma, es sumamente difícil hacer que sus partículas se apreten mas que en circunstancias normales. Encerrada en un espacio sin salida i bajo una presión de 15 libras (3.75 quilógramos) por pulgada cuadrada, el agua pierde únicamente $\frac{1}{20000}$ avos de su volúmen.

Tomemos una jeringa ordinaria; i habiéndonos asegurado de la conveniente adaptacion del ÉMBOLO al CILINDRO, introduzcámosla en el agua, i tiremos el émbolo para que se llene aquel otro aparato. En seguida, démosla vuelta, i empujemos el émbolo hasta que aparezca un poco de agua, a fin de convencernos de que es agua lo único que contiene el cilindro. Apoyemos fuertemente el dedo sobre el agujero de la jeringa para impedir en absoluto que logre salir la mas pequeñacantidad de líquido, i empujemos otra vez el émbolo. No podremos moverlo sin hacer un esfuerzo considerable; i si logramos moverlo de una manera perceptible, ello se deberá a la circunstancia de que por algun intersticio se escapa una porcion de agua. En efecto, cuando un émbolo que se ajusta con precision, tiene una pulgada cuadrada (6.45 centímetros cuadrados) de superficie i obra sobre una columna de agua de una pulgada (2.54 centímetros) de largo, es menester comprimirlo con un peso de mas 12,500 quilógramos (cerca de catorce toneladas) para hacer que recorra cosa de 3 milímetros o un décimo de pulgada.

XVII

Lo que significa el peso

Vamos ahora a considerar la propiedad que se conoce con el nombre de peso.

Decimos que tienen peso todas aquellas cosas que nos hacen experimentar una sensación de esfuerzo cuando las levantamos del suelo o las sostenemos en la mano. O de otro modo, tiene peso aquello que estando sostenido a cierta altura sobre el suelo, cae cuando se le quita su sosten. Ahora bien, entendemos por suelo únicamente la superficie de la tierra; i, como cuando no están sostenidos, caen a esa superficie todos los cuerpos que tienen peso, podemos establecer la regla jeneral de que los cuerpos pesados tienden a caer de esa manera. Nada importa la parte de la tierra en que ustedes hagan el experimento. La lluvia se compone de gotas de agua, i estas gotas caen perpendicularmente al suelo en Santiago i en Pekin. Sabemos que la tierra es un globo i que Pekin está en las antípodas, es decir, en el punto opuesto al lugar que Chile ocupa en el globo. Por consiguiente, si al mismo tiempo llueve en Santiago i en Pekin, las gotas de lluvia caen en direcciones opuestas, las unas hácia las otras, i las unas i las otras hácia el centro de la tierra, que se encuentra entre Pekin i Santiago. En efecto, todos los cuerpos que tienen peso, tienden a caer hácia el centro de la tierra, o en otros términos, caen en esta direccion, siempre que no hai algo que se lo impida. Cuando hablamos, pues, de peso,

nos referimos a esta tendencia a caer. Decir que una cosa es pesada, equivale exactamente a espresar la certidumbre de que ella caerá al suelo, si no tiene nada que la sostenga, o de que, si la sostenemos nosotros mismos, experimentaremos un sentimiento de esfuerzo.

XVIII

La gravedad i la gravitacion

La palabra GRAVEDAD, al principiar a usarse, tenia el mismo sentido que la palabra *peso*; i se decía que GRAVITABAN hácia el centro de la tierra todos los cuerpos pesados. Actualmente, sin embargo, la palabra *gravedad* ha adquirido un significado mucho mas estenso que la palabra *peso*. Un número inmenso de cuidadosos experimentos i observaciones ha establecido la lei de la naturaleza o la regla jeneral que sigue: exactamente como las gotas de lluvia caen hácia el centro de la tierra, toda sustancia material tiende a aproximarse a otra sustancia de la misma especie. En efecto, dos porciones de materia, cualquiera que sea la naturaleza de esta materia, se moverán la una hácia la otra, si no hai de por medio nada que se lo impida.

Para dar a este hecho una claridad mayor, supongamos que los únicos cuerpos materiales que hai en el universo, son dos gotas esféricas de agua, i que ambas tienen un diámetro de un décimo de pulgada. Estas dos gotas tendrian un mismo tamaño i se compoundrian de una cantidad exactamente igual de materia. Principiarian a aproximarse, por enorme que fuera la distan-

cia existente entre ambas; i moviéndose cada una con creciente rapidez, llegarían a encontrarse exactamente a medio camino entre los puntos que ocupaban al principio. Pero si una de esas gotas tiene un tamaño mucho mayor que la otra, entónces la mas grande se moverá mas pausadamente, i el lugar en que las dos deben encontrarse, estará mucho mas próximo a la grande que a la pequeña. Despréndese de esto que si una masa de de agua fuera del tamaño de la tierra i la otra del de una gota de lluvia, el movimiento de la primera hácia la última seria una fraccion inconcebiblemente mínima respecto del total de la distancia recorrida: parecería que el cuerpo mayor, conservándose en quietud completa, arrastraba al menor.

Lo anterior es precisamente lo que ocurre cuando una gota se desprende de las nubes i cae en tierra despues de recorrer una milla de distancia. La tierra se mueve, en realidad, hácia la gota, del mismo modo que la gota se mueve hácia la tierra, en la línea recta que une sus centros respectivos; pero la lonjitud de la línea que recorren ambos cuerpos, es **INVERSAMENTE PROPORCIONAL** a la cantidad de materia que contienen: en otros términos, el de mayor cantidad recorre la distancia menor. En consecuencia, tenemos esta regla de tres: la cantidad de materia que hai en la tierra, es a la de una gota de agua, como una milla es a la distancia recorrida por la tierra. El que resuelva este problema, encontrará que la incógnita es una imperceptible fraccion de centímetro. Sin embargo, como aquí tratamos de cosas prácticas, podemos considerar que la tierra permanece inmóvil con relacion a los cuerpos que caen sobre ella,

por cuanto, comparada con la cantidad de materia que ésta contiene, es insignificante la de cada uno de los cuerpos a que nos hemos referido.

En el estado actual de los conocimientos humanos, lo que se ha dicho del agua se estiende tambien a todas las especies de materia; i en consecuencia, podemos establecer que hai una lei de la naturaleza segun la cual todas, absolutamente todas las especies de materia, tienen gravedad; es decir que, habiendo dos cuerpos, cualesquiera que éstos sean, cada uno de ellos tiende a moverse hácia el otro, con una rapidez que siempre es menor para aquel que contiene mayor cantidad de materia, i esta rapidez se hace mas viva a medida que disminuye la distancia entre ambos cuerpos.

A la esposicion de los mismos hechos observados de un modo mas completo, se da el nombre de LEI DE GRAVITACION.

XIX

La causa del peso: atraccion: fuerza.

Nada, absolutamente nada, sabemos acerca de la razon por la cual los cuerpos tienen peso. Los cuerpos no caen en virtud de la lei de gravitacion (IX), ni la gravedad que ellos tienen esplica el por qué de su caida. Como hemos visto, la palabra *gravedad* sirve únicamente de nombre a la palabra *peso*: la lei de gravitacion se limita a indicar el MODO como los cuerpos se aproximan unos a otros, i nó la CAUSA de esta aproximacion.

Se ha dicho a menudo que la gravitacion es lo mismo que la ATRACCION i que los cuerpos caen a la tierra por-

que ésta los atrae. Pero la palabra *atraer* significa simplemente *traer hácia sí* alguna cosa, i la palabra *atraccion* indica solo el *acto de atraer*. Si de dos cuerpos que se mueven, el uno con direccion al otro i vice-versa, decimos que *se atraen* mútuamente o que *se traen el uno hácia el otro*, nos limitamos puramente a describir un hecho, sin que esta descripcion nos enseñe un ápice mas de lo que sabíamos. Si no tenemos mucho cuidado, puede ella, por el contrario, hacernos incurrir en graves equivocaciones. La frase *traer hácia* se asocia tan estrechamente con cuerdas, con gárfios i con el acto de tirar, que de un modo mui fácil puede hacernos creer en la existencia de alguna invisible maquinaria que ejerza su accion sobre los cuerpos mútuamente atractivos.

De la misma manera, suele darse a la gravitacion el nombre de FUERZA; i como esta palabra es de un uso mui comun, veamos modo de indicar lo que entendemos por ella. Un hombre hace fuerza cuando empuja o tira algun objeto para comprimirlo o ponerlo en movimiento; un luchador prueba la suya cojiendo i apretando el cuerpo de otro, de un modo particular, i un jugador de bochas hace lo mismo con la rapidez del movimiento que imprime a la bola.

Por consiguiente, damos el nombre de fuerza a aquello que causa movimiento o que tiende a causarlo, como sucede cuando se ejerce presion. Fuerza de gravedad significa, pues, o la causa de la presion que experimentamos cuando por nosotros mismos sostenemos objetos que tienen gravedad, o la causa que hace moverse estos objetos hácia el centro de la tierra, cuando ellos pueden

moverse libremente. Sin embargo, siempre hai necesidad de tener presente que, de un modo absoluto, ignoramos la causa exacta de los fenómenos anteriores.

Las palabras *atraccion* i *fuerza* suelen entenderse en el sentido de cosas que existen por sí mismas i que no tienen relacion ninguna con los objetos materiales ni con la série de causas i efectos sometidos a nuestra constante observacion. Es indispensable, en consecuencia, tomar nota de que tales palabras son palabras únicamente, palabras de que nos servimos para dar nombre a las causas desconocidas de ciertos fenómenos. Del empleo incorrecto de las voces indicadas proviene un número considerable de graves equivocaciones, i al principiar el estudio de la ciencia, es útil, por lo tanto, dar sobre este punto entera claridad a las ideas.

Esforcémonos, pues, por recordar que, en el estado actual de nuestros conocimientos, hai una lei de la naturaleza segun la cual dos cuerpos materiales que pueden moverse sin estorbo, se aproximan entre sí con una rapidez que aumenta por grados, i que las distancias recorridas por esos dos cuerpos miéntas se ponen en contacto, están en proporcion inversa de la cantidad de materia que contiene cada uno de ellos. A este hecho jeneral se da el nombre de **ATRACCION DE LA GRAVITACION**; el hecho mismo toma el nombre de **PESO** cuando se trata de cuerpos terrestres, i **FUERZA** es el nombre con que se designa la causa desconocida de ese hecho. Los nombres de las cosas no tienen grande importancia, miéntas no olvidemos que simplemente son nombres i no creamos que son cosas.

XX.

El peso del agua guarda proporcion con su
volúmen

Hablemos ahora, no del peso en jeneral, sino del peso del agua.

Se sabe que un vaso lleno de agua es mas pesado que uno vacío: al levantar el lleno experimentamos mayor sensacion de esfuerzo que al hacer lo mismo con el vacío. Este esfuerzo es mas considerable a medida que aumenta la cantidad de agua contenida en el vaso. Para alzar un balde de agua se requiere un esfuerzo mucho mas serio, a pesar de que vacío el balde puede ser mui liviano. Podemos cargar al hombro una tina vacía, i es inútil intentar hacerlo con una tina llena de agua. Parece, pues, que el volúmen del agua aumenta cuando aumenta el peso de este líquido i que cuando disminuye su peso, tambien disminuye su volúmen.

Si en la palma de la mano nos ponemos una gota, no sentimos ninguna impresion de peso. Sin embargo, esa gota cae directamente al suelo siempre que se encuentre sin un punto de apoyo, i en consecuencia, tiene que pesar algo. Por otra parte, con algunos miles de las mismas gotas, se llena el vaso de que hemos hablado mas arriba; i por lo tanto, si mil gotas pesan algo, cada una de éstas ha de pesar la milésima parte de lo que pesan todas. La sensacion de esfuerzo es una medida mui tosca que no nos habilita para comparar pesos pe-

queños, ni aun para percibirlos en caso de que sean mui pequeños.

Para saber algo de un modo exacto sobre el peso, tenemos necesidad de recurrir a un instrumento espresamente fabricado a fin de medirlo con precision.

XXI

Modo de medir el peso.—La balanza

El instrumento a que acabamos de referirnos, es la BALANZA, que ustedes pueden ver en todas las espederías. Se compone de un brazo que descansa sobre un quicio i de cada una de cuyas estremidades cuelga un platillo. Estando vacíos los platillos, el brazo se mantiene horizontal; pero poniéndose en cualquiera de ellos algun objeto que tenga peso, baja el platillo en que ese objeto se ha colocado, i sube el que está vacío. Ahora bien, si ustedes empujan este último hácia abajo, el brazo de la balanza puede tomar otra vez la posicion horizontal; i el esfuerzo que ustedes hagan para mantenerlo en esta posicion, aumentará proporcionalmente segun el peso de los objetos que se coloquen en el otro platillo. Oprimiendo lijeraente el que se encuentra desocupado, es mui fácil hacer levantarse aquel en que se haya puesto un decágramo; para lograr lo mismo con el que tenga un hectógramo, se necesita un esfuerzo mas considerable; i este esfuerzo tiene que ser de una magnitud mucho mayor, si mediante la opresion del platillo desocupado, se quiere alzar el que esté cargado con diez quilógramos.

Supongamos que, en vez de apoyar el dedo en el primero de estos platillos, colocamos en él alguna cosa que tenga peso. Tan pronto como este peso sea equivalente al que hai en el otro, el brazo de la balanza tomará la posición horizontal. Teniendo ambos platillos la misma tendencia a moverse hácia el centro de la tierra i no pudiendo bajar ninguno de ellos sin que el otro suba, resulta que los dos se neutralizan mutuamente. Igual cosa sucede cuando luchan dos niños de la misma fuerza: siendo de idéntica intensidad los sacudimientos que se dan en opuesta dirección, ambos conservan su lugar; i por insignificante que sea el aumento de fuerza que el uno emplee, el otro quedará vencido.

XXII

En condiciones iguales, es constante el peso de un mismo volúmen de agua.—Masa.—Densidad.

Tomemos ahora dos medidas de vidrio que se contrapesen exactamente i pongamos una en cada uno de los platillos. Colocando en cualquiera de las medidas una sola gota de agua, bajará el platillo correspondiente, siempre que la balanza sea buena, i de este modo se comprueba que la gota tiene peso. Si las medidas son de un capacidad perfectamente igual, debe ponerse en ambas un volúmen exactamente idéntico de la misma agua, para que la balanza permanezca a nivel. Claramente se ve, pues, que EN CONDICIONES IGUALES, UN MISMO VOLÚMEN DE AGUA TIENE SIEMPRE UN MISMO PESO.

En el capítulo XVIII hemos dicho que los cuerpos

tienden a moverse unos hácia otros con una velocidad relativa (*); que es inversamente proporcional a la cantidad de materia que contienen.

¿Cómo podemos medir la cantidad de materia? ¿Debe ésta estimarse por el espacio que ocupa, o, lo que tanto vale, por su volúmen? ¿Es posible calcular por el peso la cantidad de materia que hai en un cuerpo? Pronto sabrán ustedes que el volúmen de todos los cuerpos cambia constantemente segun las modificaciones que se operan en la presion que sobre ellos ejercen otros cuerpos, i mui especialmente segun las variaciones de temperatura a que se hallan sometidos. Sin embargo, hai que notar que nunca sufre alteracion el peso de un cuerpo que siempre se encuentra colocado en el mismo punto de la superficie de la tierra. De esto se desprende que podemos servirnos del peso de un cuerpo para apreciar la cantidad de materia que en este cuerpo hai contenida, i que en el caso de dos objetos de peso igual i de tamaño diferente, el mas voluminoso contendrá, con relacion a su tamaño, menor cantidad de materia, siendo mayor esta cantidad en el ménos voluminoso.

La relacion que existe entre el peso i el volúmen de un cuerpo nos da su DENSIDAD.

Lo que hasta aquí hemos dicho del agua, es aplicable a todos los demas cuerpos o sustancias materiales.

(*) La velocidad, o rapidez, se mide por la distancia que un cuerpo recorre en un tiempo determinado. Suponiendo dos cuerpos, uno de los cuales recorre la distancia de un metro en el espacio de un segundo, miéntras el otro recorre dos en el mismo espacio, éste último es el que tiene mayor velocidad relativa.

En efecto, despues de vaciar el agua de una de las medidas a que hemos venido refiriéndonos, volvamos a colocar esta medida en el platillo en que se encontraba. Se inclinará entónces la balanza, pero podrá volver a tomar la posicion horizontal, si en aquel platillo depositamos un pedazo de plomo de las dimensiones convenientes. En consecuencia, este pedazo de plomo tendrá un peso exactamente igual al del agua que habia en la medida; i los pedazos de hierro o de bronce, que al plomo sirvan de contrapeso, pesarán también lo mismo que el agua, que el plomo i que otro cuerpo cualquiera. Los pedazos de hierro, plomo o bronce serán, sin embargo, de un tamaño o volúmen mucho menor que el del agua contrapesada por ellos. Por lo tanto, la densidad de estos metales, o la cantidad de materia contenida en un volúmen determinado de los mismos, será mucho mayor que la densidad del agua o que la cantidad de materia contenida en igual volúmen de este líquido.

En el comercio se da el nombre de PESOS a pedazos de plomo, hierro o bronce, cuyo peso equivale exactamente al de cierto volúmen de agua en determinadas condiciones. De este modo, UN GALON IMPERIAL DE AGUA PESA DIEZ LIBRAS, I EN CONSECUENCIA, UNA PINTA IMPERIAL PESA LIBRA I CUARTO.

XXIII

Objetos diferentes con volúmenes iguales i en iguales condiciones, tienen distinto peso: es distinta la densidad de los distintos cuerpos.

Hai que considerar con mucha atencion el importante teorema que termina el capítulo anterior.

Hemos visto que la medida a que se da el nombre de *pinta imperial* (5 decilitros 75 centésimos) tiene el espacio que alcanza a ser ocupado por una cantidad de agua que pesa libra i cuarto (575 gramos), i que ese espacio es el que ocupa este peso de agua. Pero si ustedes toman una libra i un cuarto de libra i colocan estos pesos en una medida que haga una pinta imperial, notarán que esta última, en vez de llenarse, tendrá ocupada solamente una pequeña porcion del espacio de su interior, o en otros términos, de su capacidad. El volumen, pues, de 575 gramos o libra i cuarto de plomo, hierro o bronce, es mucho menor que el de una cantidad de agua que tenga ese mismo peso; lo que equivale a decir que los metales son mas DENSOS que el agua, o que éstos, en igual volumen, tienen mas masa o gravedad. Para poner el ejemplo en otra forma, echemos agua hasta la mitad del vaso de que al principio hemos hablado, cuidando de hacerle en el costado una señal exactamente al nivel de la superficie del agua. En seguida, coloquémoslo en uno de los platillos de la balanza, i equilibrémoslo poniendo en el otro los pesos correspondientes. Derramemos el agua; i despues de secar el

vaso, llenémoslo con arena menuda hasta la señal. El volúmen de arena será igual al volúmen de agua. Sin embargo, la arena no podrá ser contrapesada por los mismos pesos, i para contrapesarla tendrán ustedes que poner nuevos pesos en el platillo contrario. Por consiguiente, en igualdad de volúmenes, la arena es mas pesada que el agua. Quiten la arena, i en lugar de ésta pongan aserrin, i encontrarán que para contrapesar el aserrin se necesita de ménos peso que para contrapesar el agua. Por consiguiente, en igualdad de volúmenes, el aserrin es mas liviano que el agua. Haciendo los mismos esperimentos con alcohol i con aceite, se notará que estas sustancias son mas livianas que el agua; i haciéndolos con melaza i con mercurio, se verá que es mas pesada la primera i mucho mas pesado el último.

XXIV

Lo que significan las palabras pesado i liviano.— Gravedad específica

Tenemos costumbre de usar con mucho descuido las palabras PESADO i LIVIANO. A las cosas que son fáciles de levantar damos el nombre de livianas, i el de pesadas a las que se levantan difícilmente. Decimos que es liviana la arena esparcida por el viento, i que es pesado un trozo de madera, i acabamos de ver que, en igualdad de volúmenes, la madera es mas liviana que la arena. Para evitar este doble sentido, se ha convenido en llamar GRAVEDAD ESPECÍFICA de cualquier líquido o sólido al peso de un volúmen de estos cuerpos en relacion con

el peso del mismo volúmen de agua a una temperatura i a una presion conocidas. Siendo 1 la del agua, todo cuerpo que tenga un volúmen dos veces tan pesado como un volúmen igual de agua, tiene 2 de gravedad específica; aquel cuyo volúmen sea tres veces mas pesado, tiene 3, i así sucesivamente. La gravedad específica de un líquido o de un sólido indica su densidad en relacion con la del agua en las mismas condiciones. El aserrin, el aceite i el alcohol tienen ménos gravedad específica que el agua, miéntras que la melaza, la arena i el mercurio tienen una gravedad mayor. En este sentido, las tres primeras sustancias son livianas, i pesadas las tres últimas.

XXV

Las cosas de mas gravedad específica que el agua se sumerjen en este líquido: las de ménos gravedad flotan.

Tenemos aquí dos vasos con agua. Pongamos en uno un poco de arena o de limaduras de hierro, i en el otro un poco de aserrin. ¿Qué sucede? La arena i las limaduras se precipitan al fondo, i el aserrin flota en la superficie. Podemos mover los vasos cuanto queramos; pero las primeras caerán al fondo, i el último aparecerá obstinadamente en la superficie. Por consiguiente, todo aquello que es mas liviano que el agua, se mantiene a flote, i todo aquello que es mas pesado (en volúmenes iguales) se sumerje. De modo, pues, que flotarán en el agua el aceite i el alcohol, puesto con cuidado, miéntras

que la melaza i el mercurio bajarán al fondo, exactamente como las limaduras de hierro.

Hemos visto que, a causa de ser mas pesadas que el agua, las limaduras se sumerjen. Aquí hai una lámina de laton (o hierro), del que sirve para hacer cajas. ¿Qué sucede si la ponemos en agua? En igualdad de volúmenes, esa lámina es mas pesada, i en consecuencia, se sumerje, como ustedes ven.

Tomemos ahora una caja de ese mismo material i echémosla al agua. Ustedes observan que, léjos de irse al fondo, flota en la superficie como si fuera de corcho. Hai razon para que nos encontremos perplejos. Estábamos ciertos de que el hierro es mas pesado que el agua, i ahora vemos que se halla a flote una caja de hierro. ¿Es una excepcion de la regla? Nó, absolutamente, porque lo que hemos dicho es que flotan en agua las cosas que, en igualdad de tamaño, son mas livianas que este líquido. Pesemos la caja; i despues de pesarla, veamos cuánto pesa un volúmen idéntico de agua. Esta operacion es fácil, porque siendo mui delgadas las paredes de la caja, su interior es casi tan grande como toda ella. Por consiguiente, si la caja se llena de agua i en seguida se pesa este líquido, encontraremos con mucha aproximacion el peso que tiene el agua en un volúmen igual al de la caja. Pero si hacemos esta operacion, encontraremos que el agua contenida en la caja pesa mucho mas que la caja misma. Resulta, pues, que en igualdad de volúmenes, la caja, a pesar de ser hierro, tiene ménos peso que el agua, siendo ésta la razon por la cual permanece a flote.

Ustedes han oido hablar de los buques de hierro, que

ahora son tan comunes, i han podido maravillarse de que no se vayan al fondo del mar embarcaciones hechas de pesadas planchas de hierro que pesan muchos miles de toneladas. Pero estos buques no son otra cosa que nuestras cajas de laton de grandes dimensiones, i flotan porque pesan ménos que el mismo volúmen de agua.

A causa de la propiedad que tiene el agua de sostener las cosas que sean mas livianas que ella misma i de la propiedad que tienen sus partículas de moverse fácilmente, es que el mar, los rios i los canales son los caminos reales de la humanidad.

No hai ningun objeto tan pesado que no pueda ponerse a flote, siempre que la caja que lo contenga sea bastante grande para hacer que su peso propio i el de aquel objeto sean menores que el de un volúmen igual de agua. Así las cosas, i estando a flote el peso, las partículas del agua se mueven con tanta facilidad, que la fuerza del viento, de los remos o de las ruedas, hace que sin obstáculo se deslice por el líquido de un lugar a otro.

XXVI

Los cuerpos que flotan en el agua ocupan siempre bajo el nivel de la superficie de ésta un espacio igual al de un volúmen de agua que pese tanto como ellos mismos: en otros términos, desalojan una cantidad de agua igual a su propio peso.

Una pulgada cúbica ($12\frac{1}{2}$ mililitros) de agua pesa $252\frac{1}{2}$ granos (cerca de 12 gramos i 6 décimos). Suponiendo cuadrada la caja con que hicimos el anterior

experimento i asignándole un volúmen de 100 pulgadas cúbicas (1 litro 25 centilitros), el peso de un volúmen igual de agua seria de 25,250 granos (1 quilógramo 262 gramos i medio). Si el peso de la caja es de 8,416 granos (46 centilitros), se sumerjirá precisamente la tercera parte de su volúmen; si es de 12,625 granos (63 centilitros), se sumerjirá la mitad; si es de 16,832 (84 centilitros), se sumerjirán las dos terceras partes, i así sucesivamente. O de otro modo, si estando la caja a flote le hacen ustedes una señal al nivel exacto de la superficie del agua, es posible averiguar el tamaño correspondiente de la parte que se encuentra bajo ese nivel. Si la caja tiene 30 pulgadas cúbicas ($37\frac{1}{2}$ centilitros), su peso será de 30×252.5 o 7,575 granos (379 gramos). Por esta razon puede decirse que la parte que tiene sumerjida un cuerpo flotante, ocupa el lugar del agua que esa misma parte desaloja. Ustedes experimentan una sensacion de resistencia al hundir aquella caja, la cual vuelve a levantarse tan pronto como cesa la presion que ustedes ejercen sobre ella. De esto se desprende que el agua empuja hácia arriba el fondo de los cuerpos sumerjidos; pero tambien empuja sus costados, porque si son débiles, éstos converjen hácia el interior. Hundiendo en el agua una botella delgada i vacía cuya tapa se ajuste bien, se notará que cuando llega a cierta profundidad, la botella se quiebra o el corcho se desliza a su interior.

XXVII

La presion del agua se ejerce en toda direccion

El agua, pues, ejerce presion en todo sentido sobre las cosas que están sumerjidas en ella.

Si se llena de agua un largo tubo de metal o de madera, colocado verticalmente i tapado en su estremidad inferior con un corcho que no le quede mui ajustado, el peso de aquel líquido ejercerá sobre el corcho alguna PRESION. En efecto, si aplicamos al tubo la palma de la mano, se necesita cierta cantidad de esfuerzo para neutralizar la presion que el agua ejerce hácia abajo. Aumentando el agua, esa presion aumentará tambien, hasta que la mano sea vencida o el corcho sea espulsado i caiga el agua al suelo. La presion i el peso del agua son, en este caso, una misma cosa, i el corcho habria sido igualmente espulsado por un barra de plomo que tuviera el peso de aquel líquido.

Supongamos que el tubo sea cuadrado i que cada una de sus paredes mida interiormente una pulgada (23 milímetros) de ancho. Por consiguiente, en una pulgada de altura el tubo contendrá exactamente una pulgada cúbica de agua. Puesto que una pulgada cúbica de agua pesa $252\frac{1}{2}$ granos, la cantidad de agua que en el tubo llene una altura de 2 piés $3\frac{1}{2}$ pulgadas, pesará 1 libra (450 gramos), i 15 libras de agua ocuparán una altura de cerca de 33 o 34 piés (9 metros 17 centímetros). Los pesos a que acabamos de referirnos miden la presion de una columna de agua con un alto de $27\frac{1}{2}$ pul-

gadas (63 centímetros), i de otra con un alto de cerca de 34 piés (9 metros 45 centímetros) por pulgada cuadrada de la superficie en que descansan.

La gravedad específica (XXIV) del plomo es 11.45: en otros términos, el plomo es como once i media veces mas denso que el agua. Por consiguiente, si en lugar de agua se pone en el tubo una barra cuadrada de plomo que tenga por costado una pulgada cuadrada i cuya altura corresponda a poco ménos de $\frac{1}{11}$ de la de la columna de agua, aquella barra ejercerá sobre el fondo una presion idéntica.

I aquí se presenta la oportunidad de hacer notar una diferencia que existe entre el plomo i el agua, diferencia que tiene por causa la fluidez de la última. El plomo, a la inversa del agua, no ejerce presion sobre los costados del tubo. Si en uno de estos costados i cerca del fondo se abre i se tapa con un corcho un agujero de poco diámetro, el plomo no ejercerá sobre el corcho ninguna presion. Pero si la columna de agua tiene la altura suficiente, este mismo corcho sería espulsado con tanta fuerza como ántes, porque el agua ejerce la misma presion hácia los costados que hácia el fondo. De esto podemos convencernos fácilmente, si al costado de una pipa de madera insertamos un largo tubo de vidrio cuya estremidad inferior termine en ángulo recto i esté tapada con un corcho. De un golpe el agua subirá en el tubo a la misma altura que tiene la pipa; con lo cual se demuestra que la presion que el agua ejerce en cualquier punto de sus costados, es exactamente igual a la presion vertical ejercida en ese punto, porque la presion exterior se equilibra exactamente con la que en el interior del

tubo produce la columna vertical. Siempre el agua permanece a un nivel idéntico en el cuerpo i en el caño de una regadera.

Si se pone agua en un tubo de vidrio que tenga la forma de una U, el agua permanece siempre a un mismo nivel en sus dos brazos, cualquiera que sea la encorvadura o la capacidad relativa de éstos i la inclinacion del aparato.

I necesariamente tiene que ser así, porque la fuerza con que el agua tiende a salir de la mitad de aquel tubo, está neutralizada por la altura vertical (*) con que la superficie del agua cuenta sobre la apertura de salida. De esta manera, toda columna de igual altura vertical debe contrapesarla.

Colocando en una vasija de agua un tubo de vidrio con sus estremidades abiertas, se puede ver mas sencillamente todavia que una columna cualquiera de ese líquido permanecé exactamente al mismo nivel de aquella con la cual está en comunicacion. Cualquiera que sea la inclinacion del tubo i la amplitud o la estrechez de su estremidad inferior, la columna de agua que hai dentro de él estará exactamente al mismo nivel que la del resto de la vasija; i a pesar de esto, sus paredes de vidrio impiden en todas partes, ménos el fondo, que se

(*) Altura vertical es la que se mide segun una línea que va perpendicularmente de la superficie del agua a la de la tierra. Hilo a plomo es una cuerda de una de cuyas estremidades se cuelga un objeto pesado. Si la otra estremidad se pone al nivel de la superficie del agua, la direccion de la cuerda corresponde a la línea de la altura vertical.

comunique el agua de este utensilio con la columna que el tubo tiene en el interior.

En aquellas de nuestras ciudades que han logrado realizar el importante servicio del agua potable, este líquido llega a los mas altos pisos de las casas por medio de espitas o cañerías unidas al cañon matriz, que está bajo el pavimento de las calles. Si ustedes siguen el curso de ese cañon, encontrarán que él recorre un camino irregular i largo para ponerse en comunicacion con los depósitos. Éstos, que son grandes estanques donde se acumula el agua de vertientes o riachuelos, están situados a una altura muchō mas considerable que la de las llaves por medio de las cuales se surten los diversos pisos i departamentos de cada habitacion.

Este servicio se hace, pues, por medio de depósitos, cañones matrices i cañerías i llaves domésticas, que forman una U inmensa.

XXVIII

Trasferencia del movimiento por el movimiento del agua.—Fuerza del agua en movimiento.

Supongamos una tina de madera con una espita horizontal cuyo tubo tenga un área seccional (*) de una pulgada cuadrada. Esta espita está colocada junto al

(*) El área seccional de un tubo es la superficie ocupada por su cavidad cuando se la corta. Podemos representárnosla imaginando la superficie de un pedazo de carton, semejante al taco de un fusil, con las dimensiones necesarias para ajustarse al tubo.

fondo, i sobre ella hai 100 pulgadas de agua. Cerrando la espita, sobre el área seccional del tubo habrá una presion de 25,250 granos, o de mas de tres libras i media, i cada pulgada cuadrada del fondo de la tina esperimenterará esa misma presion.

Ahora bien, si se abre la espita, el agua mas próxima a ella perderá su sosten del lado exterior, será puesta en movimiento por la presion que sufre en el lado interior, i se escapará en un chorro. Al principio, este chorro saldrá con violencia i recorrerá una distancia considerable. En otros términos, el peso de la columna de agua de 100 pulgadas de altura, obrará como fuerza, o causa de movimiento, sobre el agua mas próxima a la espita, i esta agua será espulsada en direccion horizontal con una velocidad en relacion con aquella fuerza. Tomen ustedes el emboco con que juegan durante los recreos, i pongan la bola en el camino del chorro. El poder que éste tiene de trasferir o comunicar movimiento a un cuerpo, como la bola, que, estando en descanso, es libre para moverse, se debe a la FUERZA del agua. Miéntras mayores sean la masa de la corriente i la rapidez con que ésta se mueve, mayor tiene que ser el movimiento que comunica a la bola, o mas pesada tiene que ser ésta última. Junto a la boca de la espita, la direccion del chorro es horizontal, pero mui pronto comienza a inclinarse hácia abajo, i describiendo una curva rápida, cae al suelo. Esto sucede en virtud de las mismas razones por las cuales llega al suelo, despues de describir una curva, la piedra que tiramos en direccion horizontal; i realmente, puede decirse que el chorro es agua que se tira en esa direccion.

Dos son las razones a que acabamos de aludir: en primer lugar, así que el agua sale de la espita, es un cuerpo pesado i sin sosten, i como tal, principia a caer al suelo; i en seguida, la fuerza del agua disminuye constantemente por la resistencia del aire al traves del cual hace su camino. Aunque el aire que nos rodea es un cuerpo tan sutil i movedizo que ordinariamente no lo percibimos, fácilmente puede observarse, usando, por ejemplo, un abanico, que presenta resistencia a los cuerpos que se mueven a su traves. El agua tiene que vencer esta resistencia, i su fuerza disminuye en proporcion.

Si la gravitacion i el aire se suprimieran al tiempo de salir el agua de la espita, ese líquido, por el hecho de conservar su fuerza, viajaria para siempre en una direccion igual.

Se habrá observado que, a medida que el agua va saliendo, la velocidad del chorro disminuye i se acorta la curva que describe, de modo que este chorro llega mas pronto al suelo. Finalmente, cuando la tina está poco ménos que vacía, el chorro cae casi verticalmente. La razon de este fenómeno consiste en que baja gradualmente el nivel de la superficie del agua, i en que, por lo tanto, el peso de ésta disminuye. Pero este peso o esta presion es la causa del movimiento del agua; i una vez que la causa disminuye, el efecto de esta causa disminuye tambien. Por esto es que la fuerza del agua disminuye gradualmente, tomando una direccion cada vez ménos horizontal en el tiempo que necesita para caer al suelo, hasta que por último pierde totalmente esta direccion i cae verticalmente del orificio de la espita.

XXIX

La enerjía del agua en movimiento

Tenemos la tina llena como ántes; i al extremo de la espita adaptamos uno de los brazos de un tubo corto i en ángulo recto, como la letra **L**, haciendo que el otro quede verticalmente hácia arriba. Abriendo la espita, el agua sale al aire, se levanta hasta cierta altura, se detiene, i en seguida cae. Tenemos entónces una pila.

Obsérvese la diferencia que hai entre un chorro vertical i uno horizontal. Haciendo abstraccion de la resistencia del aire, el agua del chorro horizontal no tiene obstáculo que vencer, i seguiria saliendo eternamente, si el peso que ella tiene no hiciera inclinarse su camino mas i mas hácia la tierra, en la que eventualmente puede ir a chocar.

Otro es el caso cuando se trata de un chorro vertical. El agua que sube verticalmente, de una manera constante tiende a caer verticalmente tambien, como todo cuerpo pesado, i su fuerza tiene que vencer el obstáculo de su gravedad. Sobre cualquiera porcion de agua obran, pues, dos tendencias opuestas: la fuerza, que la hace subir; i la gravedad, que la hace bajar. Ahora, si exactamente se oponen una a otra dos tendencias iguales, no se moverá absolutamente el cuerpo sobre el cual obran esas fuerzas; miéntras que si la una es mas fuerte que la otra, el cuerpo se moverá en la direccion de la mas fuerte.

En consecuencia, se eleva la porcion de agua que aca-

ba de salir del tubo, porque la velocidad que la impele hácia arriba, puede, en un tiempo determinado, por ejemplo, en un segundo, hacerla recorrer un espacio mayor que aquel que, en el mismo tiempo, podria hacerla recorrer su gravedad, impeliéndola hácia abajo.

Pero la distancia recorrida durante este segundo por el agua indicará la diferencia entre la distancia que habria ascendido en caso de no haber gravedad que la obligara a bajar, i la distancia que habria descendido en caso de no tener fuerza que la obligara a subir; i al fin de aquel segundo, el término medio de su movimiento hácia arriba, o su velocidad, será proporcionalmente menor. Así, al fin del primer segundo, el agua ha empleado cierta porcion de su fuerza en vencer su gravedad. I como no hai nada que le permita recobrar esa pérdida de fuerza, el agua, quedando abandonada a sí misma, se moveria mas pausadamente, o recorreria en el segundo inmediato una distancia menor que en el primero. Pero aunque la fuerza del agua está disminuida, sigue siendo exactamente lo que era su gravedad, o su tendencia a caer hácia abajo, i durante el posterior segundo obra exactamente del mismo modo que en el primero. Por esto, al terminar el último segundo, es todavía mas pequeña la distancia que el agua recorre hácia arriba, i su velocidad sigue disminuyendo. Es evidente que en tales circunstancias, a pesar de la gran desproporcion con que al comienzo obran la fuerza i la gravedad, esta última tiene a la larga que ganar la partida. La existencia de fuerza se agotará; i despues de una paralización momentánea, el agua, reducida a la condicion de cuerpo sin sosten, principiará a caer hácia

abajo en virtud de la accion de la gravedad, que obra entónces sin obstáculo.

El ejemplo anterior es análogo al siguiente: un niño va remando en un bote, i de improviso un hombre vigoroso se apodera de la proa, i con violencia empuja el bote para atrás. Al principio, el bote marchará rápidamente en el sentido de la popa; pero cada golpe de remo que el niño dé en la popa, retardará el movimiento de retroceso, hasta que al fin la cantidad de fuerza acumulada en el bote por el empuje de aquel hombre se gastará por completo obrando contra el niño, i la embarcacion, despues de una paralización instantánea, volverá a seguir su marcha hácia adelante. La distancia a que el bote es impelido para atras, dependerá evidentemente de la suma de poder muscular que el hombre le incorpora de improviso i de la cual el bote se desprende en seguida poco a poco.

Damos el nombre de ENÉRGICOS a los hombres que poseen mucho poder muscular o de cualquiera otra naturaleza, i estimamos su ENERJÍA en razon de los obstáculos que vencen, o en otros términos, en razon de la OBRA que ejecutan. En el ejemplo anterior, la enerjía del hombre puede medirse en razon de la distancia a que el bote es impelido ántes de detenerse.

Esta concepcion, segun la cual enerjía es el poder de hacer una obra, puede fácilmente aplicarse a las cosas inanimadas; i así, decimos que tiene ENERJÍA i que hace OBRA un cuerpo en movimiento que, iniciando la tarea con su fuerza i llegando a quedar mas o ménos en reposo, vence todos los obstáculos que se encuentran en su camino.

La enerjía del agua en movimiento se mide, pues, en vista de la intensidad de las fuerzas opuestas que es capaz de vencer, multiplicada por la distancia que el líquido recorre ántes de que se agote su enerjía, esto es, en vista de la obra que ejecuta el agua ántes de quedar reducida a un estado de inercia. En el caso que consideramos, la enerjía que durante mas o ménos tiempo triunfa de la gravedad, depende de la velocidad del chorro, i éste, a su turno, depende de la altura que en la tina tiene el agua sobre la espita. La enerjía del chorro horizontal disminuía a medida que bajaba el nivel del agua, i precisamente del mismo modo disminuye la enerjía del chorro vertical. A medida que la tina se vacía, el chorro se hace mas corto, hasta que por último desaparece.

La enerjía del agua en movimiento hace que este líquido sea uno de los agentes naturales mas destructores en ciertas circunstancias, i en otras uno de los servidores mas útiles del hombre. Torrente es un caudal de agua que viene cuesta abajo con una velocidad que depende de la inclinacion del cauce. A medida que corre, adquiere fuerza, i en consecuencia, enerjía; i por esta razon, un torrente de montaña, henchido de improviso por la lluvia o por el deshielo, arrebatara rocas i barre todo lo que encuentra en su camino. Nada hai mas apacible e inocente que una mar tranquila; pero el viento, que principia por agitar su superficie, pone en seguida el agua en movimiento, la hace chocar contra la costa de una manera formidable, i agota su enerjía levantando olas gigantescas que llevan pesos enormes hasta la orilla.

En los motores hidráulicos de cualquiera especie que sean, el factor que debe tomarse en cuenta es la enerjía de la mayor o menor rapidez con que el agua cae. Se hace que ésta se precipite sobre cavidades o paletas adheridas a la circunferencia de una rueda. Cada cavidad o paleta es un obstáculo al cual el agua trasfiere una parte de su propio movimiento; muévense estos aparatos, i en consecuencia, hacen jirar la rueda de que dependen. Al jirar, la rueda presenta a la corriente un nuevo obstáculo. A este sucede lo mismo que al anterior, i la rueda continúa su rotacion oponiendo al curso del agua obstáculos nuevos sobre los cuales se produce igual efecto. Cada cavidad, canaleta o paleta es, pues, un medio, por decirlo así, de comunicar i transferir una parte de la fuerza de la corriente a la rueda hidráulica, la cual, en consecuencia, se da vuelta con cierta velocidad.

Siendo esa rueda una masa de materia en movimiento, existe en ella cierta cantidad de enerjía o de poder para ejecutar una obra. Si al eje de la rueda se ata una cuerda que tenga un peso en la estremidad, esta cuerda se enrollará en torno del eje i levantará ese peso, o en otras palabras, se ejecutará un trabajo en virtud de las vueltas de la rueda. De esta manera tendremos una tosca medida de la suma de enerjía que a la rueda ha transmitido la corriente.

La maquinaria de un molino es simplemente una série de arreglos que trasmiten la enerjía concentrada en la rueda al sitio en que ha de ejecutarse la operacion. En un molino harinero, por ejemplo, la série de rodajes que lo componen, trasmite esta enerjía desde la

rueda hidráulica hasta las piedras circulares que pone en movimiento,

XXX

Las propiedades del agua son constantes

Si ustedes examinan un poco de agua de lluvia, la encontrarán en posesion de todas las propiedades que se han descrito. Encontrarán que es un líquido casi incompresible, que en cantidad de 1 pinta imperial (5 decilitros 75 centésimos) pesa 1 libra i $\frac{1}{4}$ (575 gramos). No hai diferencia entre el agua que llueve en Santiago i la que llueve en Pekin, ni entre la que llueve en este instante i la que habiendo llovido hace siglos, se ha guardado en una botella; i hai razones para creer que las aguas lluvias tendrán dentro de ciento o de mil años las mismas propiedades que actualmente. Con relacion a las propiedades del agua, ES CONSTANTE EL ÓRDEN DE LA NATURALEZA.

Sin embargo, esto de ningun modo significa que las propiedades del agua sean siempre las mismas. En efecto, las propiedades de la sustancia a que damos el nombre de agua varian inmensamente segun las condiciones a que se encuentra sometida, pero son idénticas en idénticas condiciones. De modo que podemos decir que es constante el orden de la naturaleza con relacion al agua.

XXXI

**El aumento de calor hace desde luego que el agua
aumente de volúmen**

Hemos visto que un peso determinado de agua tiene el mismo volúmen siempre que se encuentra sometido a las mismas condiciones. Las mas importantes de éstas son el calor i el frio. Permaneciendo durante algun tiempo en un cuarto abrigado i trasportada despues a un lugar frio, el agua SE CONTRAE, o su volúmen disminuye; i por el contrario, calentándola, SE DILATA, o aumenta su volúmen. Lo mismo sucede con el mercurio, con el alcohol i con los líquidos, en jeneral. Se da el nombre de TERMÓMETRO a un frasco pequeño que consta de un cuerpo redondo, o cubeta, i de un tubo largo i estrecho; la cubeta se llena con una cantidad de mercurio o de alcohol que alcanza a subir un poco en el tubo. Si se calienta el líquido de la cubeta, su volúmen aumenta i asciende por el tubo, aumentando en éste la altura de la columna. Por la inversa, si el líquido de la cubeta se enfria, su volúmen disminuye; i la columna de líquido que hai en el tubo, por el hecho de contraerse, baja a la cubeta, i descende el nivel de la superficie de la columna.

Si en el tubo mismo, o en una hoja que se le haya puesto, se señala el punto hasta donde sube el líquido cuando la cubeta se coloca en agua hirviendo i el punto hasta donde baja cuando ésta se coloca en hielo fundiente, i si el espacio que queda entre las señales de esos dos puntos se divide en 100 partes iguales, cada

una de estas partes toma el nombre de GRADO en los termómetros centígrados. Si al punto de la ebullicion se asigna el número 100°, al de la conjelacion debe asignarse el número 0°. Con una misma cantidad de calor, el fluido del tubo permanece siempre en el mismo grado, i por esta razon, el instrumento sirve para medir la temperatura.

Llenando un baño por medio de dos espitas que simultáneamente lo surtan una de agua caliente i otra de agua fria, se ve con toda facilidad que la última es mas pesada que la primera. Si no se tiene el cuidado de remover el líquido, el baño quedará mucho mas caliente en la superficie que en el fondo. El peso de una pinta imperial (5 decilitros 75 centésimos) de agua es de libra i cuarto (575 gramos) solo a cierta temperatura o con cierto grado de calor, es decir, a 18° centígrados. Si se calienta mas, el volúmen del agua aumenta, i en consecuencia, su gravedad específica disminuye.

Por esto hemos dicho en el capítulo XXII que BAJO UNAS MISMAS CONDICIONES es constante el peso de un mismo volúmen de agua; i en consecuencia, debemos tener esto presente cuando hablamos de que el peso de una pulgada cúbica (1 centilitro 2 décimos) de agua es de cerca de una libra i cuarto (12 gramos 6 décimos). En efecto, el peso de esa porcion de agua es de 252.45 granos (12 gramos 62 centésimos) solamente cuando el termómetro centígrado marca 18°; pero como ésta es la temperatura comun de una atmósfera templada, i como la contraccion o dilatacion que el agua experimenta por cada grado superior o inferior a esta temperatura llega a ménos de $\frac{1}{3000}$ de su volúmen, para cualquier objeto

práctico debe considerarse que el peso de una pulgada cúbica (1 centilitro 2 décimos) es de 252 i $\frac{1}{2}$ granos (12 gramos i 6 décimos).

XXXII

El aumento de calor hace al fin que el agua se convierta en vapor

Efectúase, pues, un cambio en las propiedades del agua, por poco que se la caliente, i este cambio se hace mayor a medida que el calor aumenta. Ustedes saben lo que ocurre cuando al fuego se pone una sartén con un poco de agua. El agua se calienta gradualmente, en seguida principia a bullir, i por último, cuando llega a 100°, se convierte en vapor que pasa al aire i desaparece. Toda el agua se desvanece si el hervor se prolonga. Parece a primera vista que el agua ha sido destruida por el vapor. Sin embargo, ninguna partícula de agua se ha destruido, i solo ha habido un cambio en el estado de cada una de ellas. El calor las ha hecho pasar del estado de agua líquida al de agua gaseosa o VAPOR.

Hagamos el mismo experimento con otro utensilio que no sea la sartén: echemos un poco de agua en una tetera que dejaremos en seguida bien tapada. Apénas el agua principie a hervir, el vapor saldrá del pico formando un chorro i continuará saliendo hasta que el agua se agote.

Al salir el vapor está tan caliente, que ustedes se escaldarán la mano si con él la ponen en contacto. Pero sin

necesidad de sufrir este dolor, pueden ustedes convenirse de que su temperatura es mui alta presentando al vapor un pedazo de lacre. El lacre se ablandará del mismo modo que si estuviera al fuego. Mirando el vapor al traves, ustedes verán que es trasparente al salir del pico. A una pequeña distancia de éste, pierde su transparencia, toma el aspecto de una nube blanca i opaca, i se desvanece en el aire rápidamente.

XXXIII

Bajando su temperatura, el vapor se trasforma en agua caliente

Pongamos por un instante en el chorro de vapor una cuchara o un plato frios. Una vez retirados estos útiles, los encontrarán ustedes enteramente húmedos por la gotas de agua caliente de que están cubiertos, i notarán que el plato, frio en un principio, ahora se ha puesto caliente. Si adaptan al pico de la tetera un largo tubo de metal que se halle frio, verán que por la estremidad de éste no sale vapor sino agua únicamente, i notarán que el tubo se ha calentado.

De modo, pues, que el calor pasa del fuego a la sarten o a la tetera, i de estos receptáculos al agua que contienen; el agua se calienta mas i mas, i cuando tiene acumulada cierta cantidad de calor, se trasforma el líquido en vapor de agua. Una vez que este vapor entra en contacto con el plato frio o atraviesa el tubo igualmente frio, deja en el plato o en el tubo el calor que tenia. Estos utensilios se apoderan del calor por el cual

había pasado el agua a la condición de vapor, i el agua vuelve a la condición de líquido.

De esta manera, vapor i agua son dos condiciones de una misma cosa, el AGUA: son efectos de la cantidad de calor que hai incorporada en el agua.

XXXIV

Cuando el agua se convierte en vapor, su volúmen se hace cerca de 1,700 veces mas grande que al principio.

Si ustedes principian por medir i pesar el agua que van a poner en la tetera i en seguida hacen lo mismo con el vapor en que el calor del fuego ha trasformado ese líquido, verán que el volúmen del vapor es cerca de 1,700 veces mayor que el del agua, aunque el peso de uno i otro cuerpo continúe siendo el mismo. Si ustedes toman una taza cuadrada cada una de cuyas caras mida exactamente una pulgada (516 milímetros cuadrados), en ella puede caber una pulgada cúbica (1 centilitro 2 décimos) de agua. Si esta taza se calienta hasta que el agua se convierta en vapor, el vapor ocuparia cerca de un pié cúbico (21 decímetros cúbicos i 6 décimos). Una pulgada cúbica (un centilitro i 2 décimos) de agua pesan $252\frac{1}{2}$ granos (12 gramos i 6 décimos), i exactamente el mismo peso tiene el vapor en que ella se convierte. Podemos, pues, decir que vapor es agua dilatada por el calor en un gas que tiene 1,700 veces ménos gravedad específica que el agua. Por otra parte, enfriada una pinta (5 decilitros 75 centésimos) de vapor,

se convierte en una cantidad de agua que solamente mide $\frac{1}{1700}$ de pinta, aunque tenga exactamente el mismo peso que la pinta de vapor. Por consiguiente, el vapor SE CONDENSA en agua a $\frac{1}{1700}$ avos de su volúmen.

Mui grande es el poder con que el agua se dilata al convertirse en vapor. Si ustedes cierran el pico de una tetera, el vapor, esforzándose por dilatarse, levantará la tapa; i si ustedes aseguran ésta con solidez, pronto hace estallar la tetera misma. Ustedes muchas veces habrán oido hablar de que en esa forma han estallado los mas fuertes calderos de una máquina de vapor.

XXXV

Gases o fluidos elásticos.—Aire

Aquí hai un frasco que tiene el gollete largo i el orificio destapado. Decimos que este frasco está lleno de agua cuando el líquido llega hasta los labios del orificio. Si derramamos toda el agua, decimos que el frasco está vacío. Pero ¿está vacío? Pongámoslo boca abajo en una jarra de vidrio llena de agua. Si estuviera vacío, nada se opondría a que el agua se entrara por el gollete i quedara a la misma altura en el interior i en el exterior del frasco. Si sumerjen ustedes en el agua un tubo de vidrio *vacío* i abierto en sus dos estremidades, guardarán el mismo nivel el agua que hai dentro i la que hai fuera del tubo. Pero si ustedes le ponen el dedo en la estremidad superior, convirtiendo el tubo en vaso, el agua subirá solamente un trecho mui corto por su estremidad inferior. Sucederia, pues, con el tubo lo

mismo que con el frasco. Por consiguiente, dentro del tubo *vacío* i del frasco *vacío* hai alguna cosa, alguna cosa material, porque ocupa espacio i ofrece resistencia. En efecto, el frasco está lleno de aquella forma de la materia a que se da el nombre de AIRE, i una densa capa de la cual, la ATMÓSFERA, envuelve nuestro globo. El aire tiene peso, como luego han de saberlo; i por el efecto de los vientos, los cuales no son sino aire que se mueve, verán ustedes que éste puede trasferir a los demas cuerpos el movimiento de que está animado.

El aire, en consecuencia, tiene todos los caractéres de una sustancia material. Además, es un fluido, porque se adapta exactamente a la forma del objeto en que está contenido; sus partículas se mueven con facilidad, porque si así no fuera, sentiríamos resistencia siempre que moviéramos alguno de nuestros miembros; el aire *sopla*, como se comprueba al contacto de la brisa o por medio de un fuelle, i por todas partes ejerce presión sobre los objetos que rodea.

Pero aunque es un fluido, el aire no es un líquido. En primer lugar, es muy comprimible. Hemos visto que el agua entra un poco en el tubo i en el gollete del frasco que nos sirvieron para hacer el experimento anterior. La razón de esto es que el agua reduce al aire a un volumen mas pequeño. Una bolsa llena de aire, por ejemplo, una almohada elástica que no contenga otra cosa que este fluido, puede apretarse hasta que el aire de su interior ocupe un volumen mucho mas pequeño; i haciendo con una jeringa de aire lo que ustedes hicieron con la jeringa de agua, verán que el émbolo, si está bien ajustado, puede recorrer una pequeña distancia, pero en se-

gnida vuelve a retroceder. En efecto, el aire no solamente es comprimible: es tambien un GAS o FLUIDO ELÁSTICO. El aire se dilata bajo la influencia del calor en la misma forma que el agua; pero con un calor idéntico, su dilatacion es mucho mas considerable.

XXXVI

El vapor es un gas o fluido elástico

Reuniendo todas las propiedades que se han mencionado, el agua en forma de vapor es, como el aire, un gas o fluido elástico.

Si en el frasco de que hemos hablado anteriormente se pone un poco de agua, contendrá aire toda la parte de su capacidad que queda *vacía*. Si se calienta el frasco, el agua entrará al fin en ebullicion, formándose en el líquido burbujas de vapor que estallan o se deshacen en su superficie. El aire que al principio hai sobre el agua, será gradualmente espulsado del frasco; i si éste se tapa cuando aun está caliente, la parte que en él queda *vacía*, estará llena de agua gaseosa, la cual, como el aire, es trasparente i sin color. El vapor sale del orificio del frasco en la forma de un gas claro e incoloro; pero pronto se enfria i se condensa en una nube de pequeñas partículas de agua fluida.

Por el hecho de ser mas liviano que el aire, el vapor se levanta en este fluido, del mismo modo que los cuerpos mas livianos que el agua flotan en este líquido.

XXXVII

Gases i vapores

El aire es un gas así en el invierno mas crudo como en el verano mas ardiente. Pero se puede liquidar el aire esponiéndolo a una temperatura mui fria i sometiéndolo, al mismo tiempo, a una presion estremadamente grande. Así, pues, entre aquellos gases que, como el aire, se condensan con suma dificultad, i aquellos otros que, como el vapor, se condensan fácilmente, hai solo la diferencia que depende de la facilidad o dificultad de su condensacion. Sin embargo, conviene hablar especialmente de los gases que, como el agua vaporizada, se condensan fácilmente en vapores. En lo que ordinariamente llamamos vapor, toda el agua de que este fluido se compone, permanece en estado gaseoso solo miéntras está a la temperatura de la ebullicion o a una temperatura superior a ésta. Por poco que su calor baje de 100° , la mayor parte del agua gaseosa se condensa en agua líquida caliente. Con todo, hai que tener presente que, aunque esa forma particular de agua gaseosa a la cual damos el nombre de vapor existe solamente a la temperatura de la ebullicion o a otra mas elevada, el agua puede existir en estado gaseoso a la temperatura de 0° , es decir, a la de la congelacion.

Tapemos nuestro frasco en ebullicion i retirémoslo de la llama, una vez que no contenga nada mas que agua i vapor. Miéntras la temperatura de todo él permanezca a la del agua en ebullicion, cada pulgada cúbica

(centilitros i 2 décimos) de vapor que haya sobre el agua pesará próximamente $\frac{1}{7}$ de grano, puesto que 100 pulgadas cúbicas pesan cerca de 15 granos. Supongamos que sea de 100 pulgadas cúbicas (1 litro i 2 décimos) el espacio que en el frasco ocupe exclusivamente el agua líquida. Entónces, el agua gaseosa que el frasco contiene, empezará por pesar 15 granos (75 centígramos). A medida que el frasco se enfria, mas i mas agua gaseosa se condensa en estado fluido; pero, aun llegando a la temperatura de conjelacion, permanecerá en estado gaseoso un poco de agua i se llenará con ésta la parte del frasco que no está ocupada por el agua fluida. Al calor de la sangre (36° centígrados) pesa solo cerca de 1 grano (5 centígramos) una cantidad de agua gaseosa que ocupe 100 pulgadas cúbicas (1 litro 2 decilitros); a la temperatura ordinaria del aire, no pesa mas de la tercera parte de un grano, i a la temperatura de conjelacion, pesa una octava parte únicamente. Pero como a medida que baja la temperatura disminuye el peso del volúmen de agua gaseosa, se sigue que la densidad, o gravedad específica, del agua gaseosa debe ser menor cuando es mas baja la temperatura a que se encuentra sometida. Por otra parte, miéntras, hallándose en ebullicion, el agua gaseosa o vapor resiste la presion con una fuerza exactamente igual a la del aire, a medida que baja su temperatura el agua gaseosa es mas fácilmente comprimible.

Pongamos una bolsa de elástico en el pico de una tetera de agua en ebullicion. Si la bolsa se mantiene tan caliente como el agua, se estenderá o se dilatará considerablemente, i conservará su forma a pesar de la

presion que por todas partes ejerce el aire sobre ella. Si la retiramos del pico, la bolsa retendrá su forma miéntras permanezca tan caliente como el agua en ebullicion; pero si se enfria, gradualmente se reducirá a su primitivo volúmen, a causa del aire exterior que irá comprimiendo el agua gaseosa, cada vez ménos resistente, de las mas bajas temperaturas. Por esto es que el aire penetra con gran violencia al abrirse un frasco que, con la tapa puesta, ha estado sometido a un enfriamiento de cierta consideracion.

XXXVIII

La evaporacion del agua a las temperaturas ordinarias

Si un platillo con agua se pone en un cuarto frio o al aire libre, ustedes saben que, tarde o temprano, el agua desaparece. La ropa húmeda que se cuelga de un cordel se seca pronto, esto es, el agua adherida a la ropa desaparece o *se evapora*. La desaparicion del agua en estas circunstancias es el resultado de la propiedad a que acabamos de referirnos. En efecto, el agua líquida se convierte en agua gaseosa de una densidad apropiada a la temperatura, i en esta calidad se mezcla con el aire del mismo modo que los otros gases. I como el mar, los lagos i los rios están constantemente desprendiéndose de agua gaseosa que pasa al aire en proporcion a la temperatura, no es estraño que la atmósfera contenga siempre agua gaseosa.

Se dice que el aire está húmedo, cuando el peso de

agua en una cantidad determinada de aire, por ejemplo, 100 pulgadas cúbicas, es, mas o ménos, el que puede haber en el estado de gas a la temperatura ambiente. En estas circunstancias, por poco que baje la temperatura, una parte del agua gaseosa se convierte en agua líquida. Esto es lo que vemos en dias húmedos i calurosos: inmediatamente se humedece la parte exterior de un vaso en que se pone agua fresca. Efectivamente, el agua gaseosa que está en contacto inmediato con el vaso, se enfria hasta un grado inferior a aquel en que puede existir bajo la forma de gas, i el exceso de gas se deposita bajo la forma de rocío.

En los dias de esa especie la ropa húmeda no se seca bien, porque entónces hai en la atmósfera una cantidad de agua gaseosa equivalente a la que puede mantener en ese estado la suma de calor marcada por el termómetro.

XXXIX

Cuando el agua caliente se enfria, principia por contraerse, pero despues de cierto tiempo se dilata.

Hemos visto ya el cambio maravilloso que se verifica cuando el agua se calienta. Al principio, se dilata gradual i lijeramente; pero cuando llega a la ebullicion, de improviso se dilata enormemente, deja de ser líquido i se convierte en gas.

Por otra parte, si el agua caliente se enfria, se contrae poco a poco hasta que llega a la temperatura ordinaria

del aire en el medio ambiente; pero si el tiempo es muy frío o si el agua se enfria por un procedimiento artificial, su contraccion se opera solo hasta cierta temperatura (4°), i en seguida comienza otra vez a dilatarse. Por esta peculiaridad el agua se distingue de todos los otros cuerpos que son fluidos a la temperatura ordinaria. Por eso la temperatura de 4° es aquella a la cual el agua pura tiene su mayor densidad o gravedad específica; i a esta temperatura, el agua, en igualdad de volúmenes, es mas pesada que la misma cantidad de agua a cualquiera otra temperatura. En consecuencia, si se enfria hasta 4° el agua que hai en la superficie del vaso, cae al fondo; i si el agua que hai en el fondo se enfria mas aun, sube a la superficie.

XL

Si el agua se enfria mas, se convierte en hielo trasparente, quebradizo i sólido

Si durante una fria noche de invierno dejamos en el patio un vaso de agua, gradualmente se irá enfriando hasta llegar todo él a la temperatura de 4° . Si el enfriamiento continúa, el agua enfriada así principiará a acumularse en la superficie del vaso por razon de su menor densidad, i bajará su temperatura hasta que el termómetro marque 0° . Apénas el agua que ocupa la parte superior se enfria por poco que sea respecto de 0° , se formará en su superficie una película parecida a un vidrio, por la conversion del agua fluida mas fria en agua sólida o HIELO. I si toda el agua contenida en el

vaso se enfria en la misma proporeion, ~~toda ella se cambiara~~ gradualmente en una sustancia de la misma especie.

En esta condicion el agua es sólida. Ocupa espacio, ofrece resistencia, tiene peso i trasmite el movimiento como lo hacia el agua líquida; pero si ustedes sacándola del vaso la colocan en un lugar frio, conservará su forma sin el menor cambio. Si ustedes la aprietan, la encontrarán excesivamente dura e inflexible; i si ustedes aumentan la presion, se triza i quiebra como el vidrio. Puede así ser reducida a polvo, i podemos hacer un monton de polvo de hielo, como de arena.

Una cantidad dada de vapor tiene exactamente el mismo peso que el agua, de la cual se ha formado por influencia del calor; de igual manera, el hielo tiene exactamente el mismo peso del agua, de la cual se ha formado por la privacion del calor.

XLI

El hielo tiene ménos gravedad específica que el agua de que se ha formado

Pero aunque en el vaso el peso del hielo sea exactamente el mismo que el del agua, el volúmen del uno i de la otra no es igual. La dilatacion que principiaba a los 4º, sigue adelante; i cuando el agua pasa al estado sólido, aumenta su volúmen cerca de $\frac{1}{11}$ avos respecto del que tenia a los 4º. Siendo 1 la gravedad específica del agua a la temperatura que se acaba de indicar, la del hielo es de 0.916,

Pero aunque al conjelarse el agua se dilate solo en esta insignificante proporcion, se parece al vapor en la tremenda fuerza que desarrolla al dilatarse. Si ustedes, despues de llenar de agua un globo de hierro i de atornillarle la abertura, lo ponen en un paraje frio donde el agua se conjele, este líquido, al solidificarse, romperá el duro material de sus paredes. En las ciudades en que el invierno es mui crudo, a menudo revientan las cañerías de agua potable, porque este líquido, al conjelarse en ellas sin poder abrirse paso, las rompe, así como ustedes rompen la chaqueta que les está mui ajustada. En la cima de los cerros, descubierta i espuesta a todos los accidentes de la atmósfera, las rocas mas sólidas i resistentes se rajan i quiebran en invierno exactamente como si fueran trabajadas por un cantero. Las lluvias del verano hacen que el agua penetre en las hendiduras i rendijas de las piedras. Llega despues el frio del invierno, i se conjela el agua, que rompe las rocas como rompe las cañerías.

XIII

Escarcha es el agua gaseosa que existe en la atmósfera, condensada i convertida en cristales de hielo.

Ustedes saben que durante las frias i despejadas noches del invierno, los tejados de las casas i las hojas de los árboles se cubren con un polvo blanco a que se da el nombre de **ESCARCHA**; i en las ventanas de su cuarto, cuando ustedes despiertan, ven hermosas figuras, como

delicadas plantas. Tomen un poco de escarcha o raspen la materia que hace que la ventana parezca de vidrio molido, i verán que esa sustancia se les funde en la mano i se convierte en agua. La escarcha, pues, es hielo. I si ustedes miran con una lente las figuras que hai en los vidrios de la ventana, verán que son de pedacillos de hielo que tienen una forma definida i que están hechos conforme a un molde regular. Cada uno de esos pedacillos se ha formado del modo siguiente: el aire que hai en el interior del cuarto es mucho mas caliente que el de afuera, i está mezclado con el agua que, resultando de la respiracion i de la evaporacion de las superficies húmedas, puede mantenerse en estado gaseoso a la temperatura que en él domina. Como son delgados, los vidrios de la ventana se enfrian con el aire exterior; i en consecuencia, el agua gaseosa que hai dentro del cuarto, cuando llega a ponerse en contacto con los vidrios, se condensa sobre éstos en pequeñas gotas de agua fria. Pero como estos vidrios van enfriándose mas i mas, aquellas gotas se conjelan al fin, i el agua de que constan, no solo se hace sólida, sino que se CRISTALIZA; esto es, las pequeñas masas sólidas toman formas jeométricas mas o ménos regulares, con superficie plana, inclinadas las unas respecto de las otras en ángulos constantes, de modo que parecen pedazos de vidrios cortados segun una norma fija. Todo hielo es, en efecto, cristalino; pero en el que se forma de delgadas láminas de agua, los cristales se encuentran tan íntimamente unidos, que no pueden distinguirse separadamente.

XLIII

Cuando el hielo se calienta, principia a convertirse en agua, apénas la temperatura llega a 0°

Un pedazo de hielo espuesto al aire libre durante un tiempo mui frio, puede tener una temperatura de 1°, 7°, 10° bajo cero, o ménos todavia. Si el pedazo se coloca en un cuarto abrigado, se calienta gradualmente, sin experimentar otro cambio hasta que llega a 0°. Entónces principia a fundirse, quedando a esa temperatura durante el deshielo, i el agua que de él resulta permanece tambien a 0° en un principio.

Si ponen ustedes sobre el fuego un pedazo de hielo, tomará éste una temperatura que no puede subir de 1° miéntras las partículas de hielo permanezcan siendo tales. Este hecho es exactamente análogo al que se observa cuando el agua entra en ebullicion. Miéntras cualquiera porcion del agua esté sin convertirse en vapor, el agua no sube de esa temperatura. Por su parte, el vapor al principio está a 100°.

XLIV

El hielo, que es un sólido; el agua, que es un líquido, i el vapor, que es un gas son tres estados de un mismo objeto natural: la condicion de cada uno de esos estados es cierta suma de calor.

El hielo, el agua líquida i el vapor son tres cosas tan distintas como pueden serlo cualesquiera otras. ¿Qué

entendemos entónces al decir que son estados de una misma sustancia, el agua?

Lo que en realidad entendemos es que si tomamos una cantidad determinada de agua, por ejemplo una pulgada cúbica, i la convertimos primeramente en hielo i en seguida en vapor, siempre hai algo que permanece idénticamente lo mismo en medio de todos esos cambios. Este algo es, en primer lugar, el peso de la sustancia material. El agua pesa $252\frac{1}{2}$ granos, el hielo en que el agua se convierte pesa $252\frac{1}{2}$ granos, i $252\frac{1}{2}$ granos pesa tambien el vapor que de ella se forma. En seguida, una misma fuerza hace que el hielo, el agua i el vapor se muevan con la misma rapidez; i una vez puestos en movimiento estos tres cuerpos producen un efecto idéntico sobre el objeto movedido contra el cual chocan.

En tercer lugar, cuando ustedes estudien química, sabrán que el hielo, el vapor i el agua líquida contienen el mismo peso de dos gases idénticos, OXÍGENO e HIDRÓGENO, i nada mas. Una pulgada cúbica de agua, 1,700 pulgadas cúbicas de vapor i $1\frac{1}{11}$ de pulgadas cúbicas de hielo, contienen $28\frac{1}{8}$ granos de hidrógeno i $224\frac{8}{8}$ granos de oxígeno i nada mas. (Véase el capítulo L.)

Como no hai la mas mínima diferencia entre el peso de cierta cantidad de agua i el del hielo o del vapor en que ella puede convertirse, es claro que no posee peso alguno el calor que, para hacerla pasar por cada uno de esos tres estados, se agrega o se quita al agua. Luego, si el calor es un cuerpo material, debe estar exento de peso; i por esto, en los tiempos antiguos, se daba al calor el nombre de sustancia IMPONDERABLE. Se creia que era

una especie de fluido, llamado CALÓRICO, que no tenia peso, que mantenía separadas las partículas de los cuerpos cuando, por el hecho de calentarlas, penetraba en ellas, i que estas partículas se enfriaban cuando, desalojado el calor, podían volver a unirse.

XLV

Los fenómenos del calor son efectos de un rápido movimiento de las partículas de la materia

En todo caso, hai una cosa mui cierta, i ella es que el calor puede ser producido por el movimiento. Todo el mundo sabe que frotando un boton de metal es posible calentarlo. Un herrero diestro forja el hierro calentado al rojo. El eje de las ruedas se pone rojo por el hecho de frotarse contra el cojinete, cuando éste no se encuentra suficientemente lubricado; i hasta dos pedazos de hielo pueden fundirse por el calor que desarrollan frotándose mutuamente. I hai otras mil razones, que ustedes sabrán cuando estudien física, para creer que la sensacion a que damos el nombre de calor i todos los fenómenos que al calor atribuimos, son efecto de una rápida mocion de la materia.

Sin embargo, un cuerpo que está en reposo puede calentarse sin dar la menor muestra de movimiento. La superficie del agua en un vaso a $37\frac{1}{2}^{\circ}$ permanece tan tranquila como la de la misma agua a 0° . ¿Qué es, entonces, lo que debe entenderse cuando decimos que calor es una especie de movimiento, i que la mayor suma

de calor que hai en un cuerpo es la mayor suma de movimiento que hai en él?

La respuesta de esta pregunta es que el movimiento que causa los fenómenos del calor, no es un movimiento visible de toda la masa del cuerpo calentado, sino un movimiento de las PARTÍCULAS indivisibles de que su cuerpo se compone. I cada partícula se mueve, no directamente hácia adelante, sino hácia atras i hácia adelante, en el mismo espacio, de modo que su movimiento puede toscamente compararse al de un péndulo o al del volante de un reloj. En efecto, es una especie de movimiento VIBRATORIO; cada vibracion se verifica en un espacio mui pequeño i con estremada rapidez. La sensacion de calor se produce en virtud de los movimientos vibratorios de las partículas de materia, exactamente como se produce el sonido. Vibran los dientes de un diapason que se ha tocado, como ustedes pueden notarlo, si la nota es baja. Si ustedes aplican el oido a la estremidad de una larga viga i ponen el mango del diapason en la otra estremidad, el movimiento vibratorio de éste se comunicará a las partículas de la madera i se oirá distintamente. Las partículas de la madera vibran siempre que se oye un sonido. Sin embargo, la madera en conjunto no se mueve: solo sus partículas se sacuden hácia atras i hácia adelante en un espacio tan pequeño, que el movimiento es imperceptible.

Pero ¿qué son esas PARTÍCULAS de la materia que con sus vibraciones dan nacimiento a los fenómenos del calor?

XLVI

La estructura del agua

Hemos visto que el agua pura es perfectamente clara i trasparente. El ojo desnudo no puede distinguir ninguna diferencia entre una i otra de sus partes. En otros términos, el agua no tiene disposicion o ESTRUCTURA visible. De esto no se sigue, sin embargo, que realmente carezca de estructura, porque hai muchas cosas que en todas sus partes parecen idénticas u HOMÓJÉNEAS, i que, sin embargo, muestran su estructura cuando se las mira con un vidrio de aumento. Así, la superficie de un pliego de papel fino es a la simple vista perfectamente lisa i uniforme; pero una lente de no mui gran poder señala las pequeñas fibras leñosas de que está hecho, i un poderoso microscopio lo presenta con el aspecto de una estera ordinaria.

Pero si por medio del microscopio mas poderoso que haya a nuestro alcance miramos una pequeña gota de agua, puesta debajo de un vidrio delgado a fin de entenderla en una capa sumamente fina, que de grueso no tenga mas de $\frac{1}{10000}$ avos de pulgada, siempre la veremos completamente homojénea i siempre tendremos tan poca evidencia como ántes de que se componga de partes separadas. Sin embargo, todavia no es esto una prueba de que el agua no se componga de pequeñas partes, o partículas, distintamente separadas entre sí. Todo ello puede simplemente significar que las partículas son tan estremadamente pequeñas, que no alcan-

zan a distinguirse ni aun con microscopios que den un aumento de cuatro o cinco mil diámetros.

Los cuerpos sólidos pueden dividirse en partículas tan diminutas, que los mejores microscopios no presenten rastro de ellas. La resina comun no puede disolverse en agua, pero se disuelve fácilmente en alcohol, i el barniz adhesivo es una solucion alcohólica de resina. Si se agrega agua a este barniz, el alcohol la absorbe, i la resina cae o se precipita como un sólido espeso compuesto de partículas blanquecinas mui visibles. Pero añadiendo a una determinada cantidad de agua, por ejemplo a media pinta, una gota de este barniz, i removiéndolas al mismo tiempo, la resina, aunque siempre se precipita como un sólido, se encuentra estremadamente dividida. Al ojo desnudo no son visibles separadamente las partículas sólidas de resina; pero el agua toma un color de leche opaca.

Este color de leche nace de la presencia de las partículas sólidas de resina difundidas en el agua; i sin embargo, si se ha hecho bien el esperimento, podemos volver a estender, como anteriormente, una gota del fluido i examinarla con los vidrios de mas fuerza, sin que nos sea posible ver ninguna de estas partículas. Por grande que sea el poder de la vision, no se encontrará mas que una gota de agua pura. Ahora bien, los mejores microscopios que hai en el dia, alcanzan a mostrarnos con toda exactitud cualquier cuerpo sólido que tenga un diámetro de $\frac{1}{100,000}$ de pulgada, i probablemente las partículas sólidas i opacas de un tamaño mucho menor apareceria con el aspecto de una nebulosidad. En consecuencia, las partículas de resina deben todavia

ser mucho mas pequeñas que las anteriores, que permanecen invisibles. De esto se desprende que si el agua se compone de partículas separadas, o gotitas, con un diámetro de $\frac{1}{1.000,000}$ de pulgada, i con la estructura de una masa de municion mui fina, ninguno de los microscopios que hasta hoi se han fabricado, podria hacernos ver ni siquiera un rastro de esa estructura. No estaríamos, pues, en situacion de tener de esta estructura una evidencia directa.

XLVII

Suposiciones o hipótesis: sus usos i su valor

Cuando los medios por los cuales observamos un hecho natural no pueden llevarnos mas allá de cierto punto, es perfectamente lejítimo, i estremadamente útil a menudo, hacer una suposicion respecto de lo que veríamos si pudiéramos llevar un poco mas léjos nuestra observacion directa. Se da el nombre de HIPÓTESIS a las suposiciones de este jénero, i el valor de toda hipótesis depende de la estension en que el raciocinio, fundado en la presuncion de que la hipótesis es cierta, nos habilita para explicar los fenómenos que con ella se relacionan.

En efecto, si de improviso siento un golpe en la espalda no habiendo sino una sola persona detrás i cerca de mí, yo no tengo evidencia directa de la causa de este golpe, i probablemente no podré obtenerla si solo estoy con esa persona; pero inmediatamente supongo que esta persona me ha golpeado. Ahora bien, ésta es una hipótesis, i una hipótesis lejítima, primeramente, porque

ella me explica el hecho, i en seguida, porque no hai otra explicacion probable, entendiendo por probable lo que guarda conformidad con la marcha ordinaria de la naturaleza. Si mi compañero declarara que yo he imaginado sentir el golpe o que un espíritu invisible me lo ha dado, probablemente me negaria a aceptar semejante explicacion. Yo diria que eran estremadamente improbables las dos hipótesis por medio de las cuales mi compañero procuraba explicar el hecho, o en otros términos, que en el curso ordinario de la naturaleza ni ocurren imaginaciones de esta especie ni los espíritus dan golpes. En realidad, las hipótesis de mi compañero serian ilegítimas, siendo legítima la mia; i segun toda probabilidad, yo obraria con arreglo a ella. En la vida diaria, las nueve décimas partes de nuestras acciones se basan solo en suposiciones o hipótesis, i nuestro éxito o nuestro fracaso en los negocios prácticos dependen de la exactitud de estas hipótesis. Ustedes creen a un hombre fundados en la hipótesis de que siempre es fidedigno, i le abren un crédito pecuniario fundados en la hipótesis de que está solvente.

Así, pues, cada cual inventa, o mejor dicho, se siente compelido a inventar hipótesis que le expliquen los fenómenos respecto de cuya causa no tiene evidencia directa, i ellas son tan legítimas i necesarias en la ciencia como en la vida diaria. Eso sí que el razonador científico ha de tener cuidado de recordar una cosa que de vez en cuando se olvida en la vida diaria: que una hipótesis debe considerarse como un medio i nó como un fin, que podemos acariciarla miéntas nos ayuda a explicarnos el orden de la naturaleza; pero que tenemos el

deber de hacerla a un lado sin vacilacion, apénas notamos que es incompatible con algun capítulo de aquel órden.

XLVIII

La hipótesis de que el agua se compone de partículas separadas (moléculas)

Ya se ha espresado que no podemos i que no hai mucha esperanza de que algun dia podamos ver las partículas separadas del agua, aun cuando el agua se componga de tales partículas. Pero es perfectamente lejítimo suponer que el agua se componga de partículas de esa especie, siempre que esta hipótesis nos habilite para explicarnos las propiedades del agua.

Supongamos, en consecuencia, que cierta porcion de agua fluida se componga realmente de un prodijioso número de partículas que tienen un diámetro menor, i probablemente mucho menor, que una millonésima de pulgada. Podemos dar a estas partículas el nombre de MOLÉCULAS (*).

Tenemos razon para suponer que estas moléculas tienden a aproximarse las unas a las otras en conformidad con las propiedades jenerales de la materia (XVIII). Pero el hecho de que el agua sea lijeramente comprimible justifica la suposicion de que sus moléculas no se encuentran en contacto actual, si no separadas por intersticios, como están las motas en el aire de un cuarto polvoriento.

(*) Diminutivo de *moles*, masa.

¿Qué es lo que mantiene aparte las moléculas? Hemos visto que por medio de una poderosa presión mecánica se consigue aproximarlas apenas: por consiguiente, hai una resistencia equivalente que las mantiene separadas. Esta resistencia debe tener el mismo origen de la sensación que conocemos bajo el nombre de calor, porque hemos visto que la disminución de calor hace que disminuya el volumen del agua, esto es, hace que las moléculas se acerquen unas a otras, esto es, que disminuya la tendencia que tienen a permanecer desunidas. El aumento de calor, por otra parte, aumenta el volumen del agua, esto es, separa más las moléculas, o aumenta su tendencia a permanecer desunidas.

Demos el nombre de FUERZA ATRACTIVA a la causa por la cual las moléculas del agua tienden a permanecer juntas, i el de FUERZA REPULSIVA a la causa por la cual permanecen separadas, causa que para nosotros es la sensación de calor, i que, como hemos visto, consiste, según toda probabilidad, en un rápido movimiento vibratorio o jiratorio de las moléculas. En consecuencia, estas fuerzas, en el estado líquido, se encuentran tan equilibradas, que las moléculas son completamente libres para moverse i para permanecer unidas.

Añadiendo calor, la fuerza repulsiva aumenta, hasta que las moléculas se encuentran como doce veces más lejos de lo que estaban en toda dirección, mientras que la fuerza atractiva es vencida, i las moléculas se separan en toda dirección, apenas se encuentran libres. Por la inversa, quitando calor, la fuerza repulsiva disminuye, mientras que las moléculas se hacen inseparables i el agua asume la forma sólida.

Es probable que la dilatacion del agua fluida, a una temperatura menor de 4º, depende de que las moléculas tomen una colocacion peculiar al aproximarse unas a otras. Hai dieziseis hombres formados en columnas de a cuatro en fondo, i la distancia que hai entre cada uno de ellos es de un pié; pero esos mismos hombres pueden disminuir las distancias intermedias i formar, sin embargo, un cuadro desocupado que se estienda en un

espacio mayor: $\begin{array}{ccc} \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \end{array}$ $\begin{array}{ccc} \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \end{array}$ La forma cristalina

del hielo demuestra que las moléculas de agua toman un orden determinado al asumir la condicion sólida. Cada cristal de escarcha debe su forma a la colocacion de las moléculas segun un determinado molde jeométrico.

La hipótesis, pues, de que el agua se compone de moléculas separadas, es útil porque nos ayuda hasta cierto punto a explicar las propiedades de este líquido. I cuando ustedes estudien física i aprendan las leyes del movimiento, encontrarán que es interminable el número de verdades establecidas por la observacion i la esperiencia que esta hipótesis puede explicar. Por esto, debe adoptarse i emplearse cuidadosamente como un medio de pintarnos el orden de la naturaleza, pero solo miéntras no se descubran hechos que sean inconcilia- bles con ella.

XLIX

Probablemente toda la materia está formada de moléculas o de átomos

Las mismas razones que hacen aceptable la hipótesis de que el agua se compone de partículas separadas, justifican que esta hipótesis se estienda a todas las formas de la materia.

Puede suponerse, por ejemplo, que el metal a que se da el nombre de MERCURIO o AZOGUE se compone de distintas partículas de extraordinaria pequeñez, i que según la temperatura, estas partículas se asocian en la forma sólida (mercurio helado), en la líquida (mercurio ordinario), o en la gaseosa (vapor de mercurio). Cualquiera que sea el tratamiento a que se someta el mercurio puro, no podemos sacar de él otra cosa que mercurio. Nunca ha sido posible dividir las partículas de mercurio. Por esto se les aplica generalmente el nombre de ÁTOMOS, o partículas que no pueden dividirse, i se dice que el mercurio es un ELEMENTO, o una sustancia que no consta de ningún otro componente.

Este es uno de los casos en que tiene mucha utilidad la distinción entre el hecho i la hipótesis. El hecho es que hasta el momento presente nadie ha podido extraer del mercurio puro otra cosa que mercurio puro. La idea de que el mercurio es una sustancia simple i de que, por consiguiente, no puede descomponerse en otras sustancias, es una hipótesis que las observaciones i experimentos futuros pueden confirmar i pueden desautorizar.

Hace ciento cincuenta i siete años, todo el mundo

creía que el agua era un elemento, lo mismo que el mercurio. Sin embargo, ahora se sabe bien que el agua es un compuesto. En efecto, como ya lo hemos dicho, las partículas del agua pueden fácilmente dividirse o DESCOMONERSE (sabrán ustedes de qué modo, cuando estudien química), en dos sustancias enteramente distintas, en OXÍGENO i en HIDRÓGENO, sustancias que son gaseosas a todas las temperaturas conocidas, pero que últimamente han podido liquidarse mediante la combinación de una presión intensa con un frío estremado. Según nuestra hipótesis, cada uno de estos gases consta de partículas; i como en la actualidad no hai ningún medio de descomponerlas, se les da el nombre de ÁTOMOS del mismo modo que a las del mercurio.

El agua pura contiene siempre ocho partes de oxígeno i una de hidrógeno. La partícula hipotética, o molécula de agua, debe, por consiguiente, componerse de átomos de oxígeno e hidrógeno que tengan un peso relativo; i los químicos tienen razón para creer que en cada molécula de agua existen un átomo de oxígeno i dos de hidrógeno. Si esto es exacto, la estructura del agua será mucho más complicada de lo que pensábamos al principio; i cada partícula o molécula de agua será un sistema compuesto de tres átomos separados.

L

Los cuerpos elementales no se destruyen ni su cantidad aumenta en la naturaleza

Hemos visto que no se destruye una pulgada cúbica de agua disipada por la acción del calor, sino que úni-

camente cambia su forma del estado fluido al gaseoso, permaneciendo su peso inalterable. Si la misma cantidad de agua se descompone en los gases hidrógeno i oxígeno, el agua realmente desaparece o se destruye, pero la materia de que ella consta conserva sin alteracion el peso que tenia. Si el agua pesaba 252.5 granos, el gas oxígeno pesará 224.45 granos i el gas hidrógeno 28.5. I el hombre no ha logrado hacer nada que tenga influencia sobre el peso de una cantidad determinada de ninguno de estos gases. Hasta donde hoi dia llegan nuestros conocimientos, los cuerpos elementales conservan su peso en toda circunstancia, i por él puede seguirse la pista, cualquiera que sea la forma que hayan asumido. Si esta proposicion es cierta, se desprende de ella que, en el órden de la naturaleza, la materia es INDESTRUCTIBLE: la cantidad de materia no aumenta ni disminuye.

Síguese de aquí que las cosas naturales i las cosas artificiales se asemejan mútamente bajo un solo respecto. Es verdad para las unas i para las otras que la materia de que se componen, nunca se destruye i nunca se aumenta; i por consiguiente, el órden de los acontecimientos en la naturaleza consiste en la union o en la separacion de los cuerpos naturales por intervencion natural, como el órden de los acontecimientos en el mundo artificial consiste en la union o en la separacion de los cuerpos naturales por intervencion humana.

LI

Simple mezcla

Para saber de qué modo el agua se combina en sus elementos o se descompone, ustedes deben estudiar química; pero, como preparación al estudio de esa ciencia, es útil considerar algunos casos sencillos de composición. i descomposición en que sirva de ejemplo el agua.

Si se añade a media pinta de agua pura una cantidad igual de agua teñida con un poco de tinta, las dos se confunden con prontitud; la cantidad total de agua será una pinta, i el color que tenga toda ella será la mitad ménos oscuro que el de la media pinta primitiva. Este es un ejemplo de MEZCLA simple. El volúmen de la mezcla equivale a la suma de los volúmenes de las cosas que se han mezclado, i no se opera ningun cambio en las propiedades de estas cosas. Así, cuando el agua se evapora, el agua gaseosa o vapor se mezcla del mismo modo con el aire: las moléculas de uno de esos cuerpos se dispersan entre las moléculas del otro, hasta que en todas partes hai la misma proporción de cada uno. De igual manera pueden mezclarse la arena i el azúcar (i a menudo se mezclan, por desgracia), sin que se opere ningun cambio en sus propiedades respectivas o en el espacio que ocupaban primitivamente.

Por otra parte, el agua i el aceite no se mezclan, por mas que se les ajite; i este último, por ser el mas liviano, se levanta a la superficie tan pronto como el fluido se encuentra en quietud. No se mezclan el agua i el

mercurio: siendo éste mucho mas pesado que el agua, baja al fondo del tiesto en que se les ha colocado. Tampoco se mezclan con el agua la arena i las limaduras de hierro: como cuerpos mas pesados, éstos tambien caen al fondo. Ni el hielo pulverizado, aunque sea agua en otra forma, se mezcla con este líquido glacial: el hielo, como cuerpo mas liviano, flota en la superficie.

LII

Mezcla que produce un aumento de densidad: el alcohol i el agua

El alcohol es un fluido claro i trasparente; i aun cuando se parece al agua, es, sin embargo, una sustancia mui diferente. Hierve a una temperatura mucho mas baja, arde con una llama azul, tiene propiedades embriagadoras i, como el aceite, es mucho mas liviano que el agua. Si despues de teñido con un color cualquiera se derrama suavemente en el agua un poco de alcohol, habrá de notarse que éste queda en la superficie. Tomemos ahora una medida de cierta elevacion que esté dividida en diez partes iguales. Pongamos agua hasta la quinta de estas partes; i en seguida, con mucha suavidad, agreguemos alcohol mui fuerte i teñido como el anterior, hasta que suba a la décima division. Debajo del alcohol tendremos cinco volúmenes de agua, i sobre el agua cinco volúmenes de alcohol. En el punto en que los dos líquidos están en contacto, el color que se ha dado al alcohol se difundirá en el agua por una distancia corta, manifestándose con esto que solo se ha

verificado una mezcla lijera. Sin embargo, ello no depende de que los dos fluidos se incorporen con dificultad; porque ajitándolos apénas, se mezclan completamente. En tal caso, ustedes tienen un fluido de un color que es la mitad ménos intenso del que pintaba al alcohol; i muchas otras propiedades de ese fluido serán intermedias entre las del alcohol puro i las del agua pura.

Parece, pues, que lo único que ha habido es una simple mezcla, como sucede cuando agregamos agua teñida al agua pura. Sin embargo, hai algo mas. En primer lugar, la mezcla está mucho mas cálida que cada uno de sus componentes: esto es, en ella se ha JENERADO CALOR. En segundo lugar, si ustedes miden el volúmen de todo el líquido despues de enfriado, notarán que él no llega hasta la señal DÉCIMA, sino un poco mas abajo, como hasta la NOVENA i TRES CUARTOS. Siendo menor el volúmen de la mezcla que la suma de los volúmenes de sus dos componentes, se sigue que la DENSIDAD de la mezcla debe ser MAYOR que el término medio entre la densidad del alcohol i la del agua. En otros términos, las moléculas de la mezcla no ocupan un espacio idéntico al que ocupaban ántes de mezclarse. El caso es el mismo que si los diez volúmenes que hai en la medida se hubieran comprimido hasta que solamente llegaran a ocupar el espacio de nueve i tres cuartos: de modo que el efecto que de la mezcla resulta, es una contracción semejante a la que la mezcla experimentalia si perdiera calor. I en realidad, la mezcla pierde cierta cantidad de calor, como hemos visto.

Todavía hai otro aspecto bajo el cual la mezcla difiere de las sustancias que la constituyen. La mezcla HIER-

VE a una temperatura mucho MAS BAJA QUE EL AGUA, i SE CONJELA a una temperatura mucho MAS ALTA QUE EL ALCOHOL.

En efecto, no es alcohol puro el que se ha helado. Si las moléculas del alcohol se hubieran simplemente difundido entre las del agua como el agua se difunde en la arena húmeda, deberian ellas pasar al estado gaseoso siempre que estuvieran a la misma temperatura a que hierve el alcohol; i en tal caso, seria fácil separar el alcohol del agua por medio de la destilacion. Pero no es esto lo que sucede: la destilacion no puede hacer que el alcohol se desprenda del agua, si a la mezcla no se añade alguna cosa, como, por ejemplo, cal viva, que se apodere fuertemente del agua i que la retenga toda miéntras el fluido se calienta.

Así, pues, una vez mezclados el agua i el alcohol, dan oríjen a un fluido que no es una simple mezcla: toda mezcla de esta especie tiene propiedades que nos son conocidas siempre que conozcamos las de sus componentes. Estrictamente hablando, ese fluido es un nuevo cuerpo, en el cual las moléculas del agua i las del alcohol se afectan mutuamente hasta cierto punto, i modifican las propiedades anteriores de cada uno de esos líquidos.

El efecto que diferentes cuerpos tienen entre sí, se manifiesta mucho mejor cuando el agua se pone en contacto con ciertos sólidos.

LIII

Solucion: el agua disuelve la sal

Si ponemos una cucharada de sal en un vaso de agua fria i removemos en seguida el agua, la sal se pierde prontamente de vista; i despues de un instante, por mas que la miremos, el agua nos ofrece el mismo aspecto que ántes de recibir la sal. Pero si al principio el agua pesaba cinco onzas i la sal dos, el agua pesará despues siete onzas i tendrá un gusto salado, la sal se habrá DISUELTO, i la SOLUCION toma el nombre de SALMUERA. Por otra parte, se dice que la solucion está SATURADA, cuando agregándosele mas sal, ésta no sufre cambio alguno. En efecto, el agua no disuelve sino una cantidad de sal que equivalga a los dos quintas partes de su peso. Si a fin de que el agua se evapore, la salmuera se pone en un plato estendido o si calentándose la salmuera el agua comienza a consumirse, una cantidad de sal, equivalente a las dos quintas partes del agua que se ha convertido en vapor, vuelve al estado sólido i cae al fondo. I cuando toda el agua desaparece, la sal que queda tiene exactamente el mismo peso i todas las demas propiedades que tenía ántes de ser disuelta por el agua.

De manera, pues, que el contacto con el agua ha ejercido un singular efecto sobre la sal: ha cambiado una de las propiedades de la sal, su SOLIDEZ, pero ha dejado todas las demas sin alteracion. Hemos visto hace poco que el hielo pulverizado no se mezcla con el agua glacial sino que en ella permanecen sólidos los fragmen-

tos de hielo. Sin embargo, en el momento en que la temperatura se eleva, termina la COHESION, o el hecho de estar estrechamente unidas las moléculas, hecho que es el signo característico del estado sólido: las moléculas de hielo se desprenden entónces unas de otras, quedan en libertad para moverse i se mezclan con el agua que las rodea. Puede decirse que los lazos que atan mutuamente las moléculas del sólido, se rompen a fin de que el agua sólida se haga fluida.

Es tan obvia la semejanza de esta operacion con la disolucion de sal en agua, que hablando familiarmente, se dice a menudo que un pedazo de sal o azúcar se DESHACE en ese líquido; pero si ustedes tratan de fluidificar la sal por medio del calor, tienen que someterla a una temperatura mui elevada: de manera que el hecho de pasar la sal del estado sólido al líquido merced a su solucion en agua fria, es visiblemente una operacion mui distinta de su liquefaccion por medio del calor. Sin embargo, el resultado es el mismo en cuanto respecta a la condicion de la sal. Se destruye la cohesion que existe entre sus moléculas i se distribuyen éstas, de un modo uniforme, entre las moléculas del agua, exactamente como las moléculas del vapor se distribuyen entre las del aire. Cuando ustedes estudien química, verán cómo se prueba que la mas pequeña gota de solucion de sal contiene esta sustancia precisamente en la misma proporcion que el resto de la salmuera.

Si se hace evaporar la salmuera con lentitud, las moléculas de sal se arreglan en hermosos i regulares cristales cúbicos a medida que el agua se retira. Ustedes pueden ver como se forman esos cristales, si examinan

una gota de salmuera que gradualmente vaya secándose en un microscopio. Los cristales de sal no contienen nada que no sea sal. Si se calientan hasta el rojo, pasan al estado fluido; i si todavia se les calienta mas, la sal fluida se convierte en gas o vapor, i como tal, huye al aire, o se VOLATILIZA.

Vemos, pues, que cuando se ponen en contacto la sal i el agua, aquella experimenta un cambio de cierta consideracion, miéntras que la última permanece enteramente inalterable. La salmuera no hierve a los 100°, sino a una temperatura considerablemente mas elevada. La sal, por decirlo así, retiene al agua, i le impide asumir el estado gaseoso en las mismas condiciones en que lo asumiria si se encontrara pura; i en una palabra, la sal retiene al agua, como en el caso precedente el agua retenia al alcohol. Podemos decir que la fuerza del calor, que mantiene separadas las moléculas del agua líquida cuando el vapor se forma, tiene que vencer mayor resistencia cuando la sal está disuelta en el agua. I así como la presencia del alcohol hace bajar la temperatura a que se conjela el agua con que está mezclado, así la presencia de la sal hace bajar igualmente la temperatura a que el agua se conjela. El agua de mar, que es una salmuera débil, principia a conjelarse, mas o ménos, a los $2\frac{1}{2}^{\circ}$ bajo cero, i el hielo que de ella se forma es enteramente puro, quedando mucho mas rico en sal el resto de agua.

Si por atraccion entendemos lo que se opone a cualquiera fuerza que tienda a separar los cuerpos, podemos decir que las moléculas de sal i las de agua se atraen mutuamente,

I la atraccion que entre sí ejercen moléculas de materia de especie diferente, tiene el nombre de ATRACCION QUÍMICA.

LIV

La cal viva i el agua: el estuco i el agua: combinacion

La cal viva es una sustancia que se obtiene calentando al rojo la cal o las piedras calizas. Pura, es un sólido blanco i duro que solo merced a temperaturas enormemente elevadas, puede pasar al estado líquido i al gaseoso. Si en una salsera se coloca un pedazo fresco de cal viva i se le agrega una cantidad de agua que equivalga a la tercera parte de su peso, se formará un grande alboroto: se desarrollará calor, el agua desaparecerá i la cal se desmenuzará en un fino polvo blanco. A esta operacion dan los albañiles el nombre de APAGAR la cal. Si el agua se ha puesto únicamente en la proporcion indicada, será sólido i seco el polvo blanco i duro que resulta, i el agua se habrá desvanecido, segun todas las apariencias.

En la solucion de sal hemos visto que bajo la influencia del agua un sólido se convierte en líquido: en el apagamiento de la cal, el agua fluida entra en la estructura de un sólido. Si se añade mas agua, este sólido se disuelve o se trasforma en líquido, como le sucedió a la sal, i se da el nombre de AGUA DE CAL a la solucion. Por medio de una cuidadosa evaporacion del agua puede la cal reconstituirse en forma de cristales, lo mismo que la sal, pero con esta diferencia: los cristales de sal

no contienen agua, mientras que los de cal no solo contienen este líquido, sino que lo conservan en la misma proporción en que existía en la cal apagada, es decir, a razón de 18 partes de agua por 56 de cal.

El agua, así unida a la cal en un nuevo sólido, se adhiere tan firmemente a esta sustancia, que se necesita un calor rojo para hacer posible su separación. Se dice que el agua i la cal están QUÍMICAMENTE COMBINADAS; i como siempre es la misma la proporción de cal i de agua en la cal apagada o cristales de cal, se dice también que se combinan ambas sustancias en PROPORCIONES DEFINIDAS, i la cal apagada recibe el nombre de HIDRATO DE CAL.

El yeso o estuco es un polvo seco i blanco. Mezclado con un poco de agua, no se apaga, a la manera de la cal viva, pero pronto la mezcla se ASIENTA o se pone dura, i al mismo tiempo, la mayor parte del agua desaparece. En efecto, el agua se ha combinado con el yeso i forma parte de un nuevo hidrato, en el cual, cuando se seca la humedad supérflua, no queda visible ningún rastro de agua. Esta propiedad es la que se aprovecha cuando se usa el yeso para hacer MOLDES i MATRICES. El yeso fluido se derrama encima i en torno del cuerpo que se trata de modelar; como fluido que es, se adapta completamente a todas las desigualdades de la superficie; i cuando se fija, retiene la forma que ha adquirido de ese modo. El yeso fijo puede estar perfectamente seco; pero sin embargo, contiene una cantidad de agua equivalente a la sétima u octava parte de su peso, no siendo ella volatilizable i formando una parte integrante del hi-

drato sólido. Si el yeso fijo toma un calor mui elevado, espulsa el agua que contiene, i vuelve a su estado primitivo.

El yeso abunda en la naturaleza bajo la forma de hermosos cristales trasparentes, a que se da el nombre de SELENITAS. Estos cristales tienen la misma composición del yeso fijo, es decir, son hidratos. Vista por medio de un microscopio de gran poder una delgada lámina de esos cristales, aparece perfectamente homogénea. Sin embargo, hai buenas razones para creer que se compone de moléculas de agua i de yeso mutuamente adheridas, con tal fuerza, que forman un sólido cristalino, frágil i duro. Por otra parte, las moléculas del hidrato se juntan mas estrechamente en unas que en otras direcciones. Es mui fácil rasgar lonjitudinalmente los cristales; pero se necesita una fuerza mucho mayor para cortarlos trasversalmente, i en este caso no se rasgan sino que se quiebran.

Las sales de Glauber i de Epson son otros ejemplos de sólidos que se disuelven en agua i se separan en forma de cristales cuando el agua se evapora, i que, como la cal i el yeso, se combinan con una determinada cantidad de agua para formar compuestos cristalinos. En efecto, cada uno de esos sólidos frágiles i vítreos contiene agua en una cantidad equivalente a mas de la mitad de su peso.

Vemos, pues, que dos cuerpos, uno de los cuales es el agua, pueden combinarse para hacer surgir un tercero, diferente de los dos. Esto nos conduce a la ciencia que se llama QUÍMICA. La química nos dice exactamente có-

mo se combinan los cuerpos, qué resulta de su combinación i cómo los compuestos pueden resolverse en sus componentes.

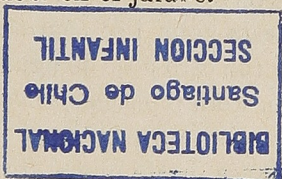
LV

Los cuerpos minerales pueden ensancharse en formas determinadas, i su volúmen puede crecer o aumentar por medio de la agregacion de partes semejantes.

El agua i los demas cuerpos naturales de que hasta este momento hemos hablado, se llaman CUERPOS MINERALES, aunque en el uso comun, el término *minerales* se restrinja ordinariamente a las piedras i a los metales. Muchas veces hemos tenido ocasion de hacer notar que, en ciertas circunstancias, no solo el agua sino muchos otros cuerpos minerales asumen formas regulares. El ejemplo mas familiar es la hermosa imitacion de hojas i follaje que en invierno hace el agua conjelada en los vidrios de las ventanas. Pero tambien hemos visto que la sal comun, la de Epsom i de Glauber, la cal i el yeso, asumen del mismo modo la forma cristalina a medida que estas sustancias o sus compuestos con agua se apartan de sus soluciones. Si se evapora al microscopio una gota de solución de sal de Glauber o de salitre, se produce un espectáculo maravilloso. A medida que la sal asume el estado sólido, en el campo de la vision aparecen de repente los cristales como agujas i láminas dispuestas en hermosos ejemplares, que rivalizan con los de la escarcha, aunque son enteramente distintos de los de ésta. En efecto, como lo sabrán ustedes si llegan

a estudiar CRISTALOGRAFÍA, cada una de las sustancias cristalizables tiene formas cristalinas que le son propias i nunca se aparta de ciertas figuras estrictamente geométricas.

Colocado en condiciones apropiadas, CRECE un cristal de cualquiera de esas sustancias. De esta manera, poniendo un cristal de sal comun en una solucion saturada de sal que esté espuesta al aire para que el agua se evapore lentamente, las moléculas de sal que quedan rezagadas i no pueden permanecer mas largo tiempo en la solucion, se depositan sobre el cristal en un orden regular i aumentan el volúmen de éste sin alterar su forma. De este modo, un cristal pequeño puede CRECER hasta adquirir un tamaño considerable. Los abultados cristales del azúcar-candi, que se componen de azúcar i agua en un fuerte jarabe o solucion saturada de azúcar, crecen de la misma manera, sobre hilos suspendidos en el jarabe en evaporacion. En esta forma de crecimiento ustedes observarán que el aumento se efectúa por medio de agregaciones a la superficie del cuerpo que lo experimenta; i, por otra parte, la materia que se agrega, a saber, la sal o el azúcar, existe de antemano como sal en la salmuera i como azúcar en el jarabe.



LOS CUERPOS VIVOS

LVI

La planta TRIGO i las sustancias de que se compone

Todo el mundo ha visto un sembrado. Si ustedes arrancan del suelo alguna de las innumerables plantas de trigo que tiene el campo en el tiempo de la cosecha, verán que se compone de un tallo que en una de sus estremidades tiene una **ESPIGA** i en la otra una **RAIZ**, i a cuyos lados hai hojas adheridas. La espiga contiene una multitud de granos ovales que son las **SEMILLAS** de la planta trigo. Ustedes saben que estas semillas, una vez fuera de la **VAINA** o **SALVADO** en que están envueltas, se reducen a polvo en el molino, i que este polvo es la **HARINA** de que se hace el pan. Poniendo en una bolsa de paño basto un puñado de harina mezclado con un poco de agua, metiendo despues la bolsa en una fuente con ese líquido, i amasándola en seguida con fuerza, la harina se convertirá en pasta i el agua se pondrá blanca. Si se vacía esta agua i se continúa la operacion del amasamiento con otro poco de agua fresca, volverá a suceder lo mismo. Pero repitiéndose esta operacion, la pasta se hará cada vez mas pegajosa i el agua resultará cada vez ménos blanca, hasta que al fin queda sin color. La sustancia pegajosa que se obtiene de este modo, se llama **GLÚTEN**, i en el comercio europeo se conoce bajo el nombre de **MACARRONES**.

Si el agua en que la harina se ha bañado se mantiene quieta durante algunas horas, en el fondo de la fuente se encontrará un sedimento blanco, mientras que el fluido de encima es claro i puede vaciarse del utensilio. Aquel sedimento blanco se compone de pequeños granos de ALMIDON, cada uno de los cuales, examinado al microscopio, manifiesta ser de una estructura de láminas concéntricas. Si se hace hervir el fluido en que el almidon tuvo origen, se pondrá turbio, como sucede cuando la clara de huevo es diluida en agua, i eventualmente se reunirá en el fondo de la fuente una sustancia blanquizca i aterronada. Esta sustancia toma el nombre de ALBÚMINA VEJETAL.

Ademas de la albúmina, del glúten i del almidon, hai en un grano de trigo varias otras sustancias que se escapan al toscó método de este análisis. Por ejemplo, se encuentran una materia leñosa o CELULOSA i cierta cantidad de AZÚCAR i de GRASA. Seria posible obtener una sustancia semejante a la albúmina, al almidon, a las materias grasas i sacarinas, i a la celulosa, tratando el tallo, las hojas i la raiz de un modo análogo; pero en tal caso la celulosa estaria en mas grandes proporciones. En efecto, la PAJA, que solo se compone del tallo i las hojas secas de la planta trigo, se compone casi enteramente de celulosa. Si embargo, ademas de ésta, contiene cierta proporcion de sustancias minerales, i entre ellas, una a que se da el nombre de SÍLICE. Si ustedes queman un rimero de trigo, encontrarán en el rescoldo mayor o menor cantidad de esta silice en estado vítreo. En la planta viva todos estos cuerpos se combinan con una considerable proporcion

de agua, o se disuelven, o se suspenden en ese fluido. La cantidad relativa de agua es mucho mayor en el tallo i en las hojas que en la semilla.

LVII

Las aves domésticas, i las sustancias de que se componen

Todos han visto un ave doméstica. Un ave doméstica es una ágil criatura que corre por el huerto i vuela en ocasiones. Tiene el cuerpo cubierto de plumas, provisto de dos alas i dos piernas, i terminado en uno de sus extremos por un pescuezo que concluye en una cabeza con un pico. La hembra pone HUEVOS: cada uno de éstos está encerrado en una cáscara dura. Si ustedes quiebran uno, se derrama su contenido que consiste en una CLARA brillante i sin color, i en una YEMA amarilla. Si la clara se echa en agua i en seguida se calienta, se pone opaca, formando un sólido blanco, que, mui semejante a la albúmina vegetal, toma el nombre de ALBÚMINA ANIMAL.

Si se mezcla la yema con agua, no resulta almidon ni celulosa, sino bastante materia grasa i un poco de materia sacarina, fuera de otras sustancias mas o ménos semejantes a la albúmina i al glúten.

Las plumas se componen principalmente de cuerno; i si una vez desplumado el cuerpo del ave se hierve durante largo tiempo, se encontrará en el agua cierta cantidad de JELATINA, que se pone viscosa cuando se enfria, i el cuerpo se hará pedazos, separándose la carne de los

huesos. Los huesos se componen casi enteramente de una sustancia que, cuando se hierve en agua, produce jelatina impregnada de una gran cantidad de sales de cal, exactamente como está impregnado de sílice el tallo del trigo. Tambien, la carne contiene albúmina i varias otras sustancias que son mui semejantes a ésta i que se conocen bajo el nombre de FIBRINA O SINTONINA.

Miéntras el ave está viva, todas las materias anteriores se hallan unidas con una gran cantidad de agua, o disueltas o suspendidas en este líquido. Por último, se debe tener presente que el cuerpo i el huevo de las aves domésticas se componen de muchos otros elementos que no se mencionan, porque en este estudio carecen de importancia.

LVIII

En las plantas de trigo i en las aves domésticas son mui semejantes algunas de las materias que constituyen el cuerpo de las unas i las otras.

Las plantas de trigo no contienen jelatina ni materia córnea, i las aves no contienen almidon ni materia celulosa; pero la albúmina de la planta es mui semejante a la del animal, i la fibrina i sintonina de éste tienen mucha afinidad con la albúmina i con el glúten.

La notable semejanza que hai entre todos esos cuerpos se percibe fácilmente, porque cuando se calientan a una elevada temperatura o entran en putrefaccion, todos ellos producen un desagradable olor de la misma especie; i por medio de prolijos análisis químicos se ha pro-

bado que, en efecto, las plantas i las aves se componen de CARBONO, HIDRÓJENO, OXÍJENO i NITRÓJENO o ÁZOE, combinados casi en idénticas proporciones. Verdaderamente, el CARBON DE LEÑA, que es carbono impuro, puede obtenerse calentando a una elevada temperatura un puñado de granos o un pedazo de carne de ave en una vasija, de la cual previamente se haya estraído el aire con el objeto de impedir que se quemem el grano o la carne. Si la vasija es un alambique, para que los productos de esta DESTILACION DESTRUCTIVA, como se llama, puedan condensarse i reunirse, en el receptáculo hallaremos agua i amoniaco bajo esta o aquella forma. Ahora bien, el amoniaco es un compuesto de nitrógeno i oxígeno, dos cuerpos elementales. En consecuencia (Cap. LIX), los cuerpos de que se deriva el amoniaco han de haber contenido nitrógeno i oxígeno.

Es cierto, pues, que un gran número de los diversos cuerpos que constituyen una planta de trigo i un ave de corral, se forman de compuestos nitrogenados o azoados mui parecidos. A esos cuerpos se da el nombre de PROTEICOS.

LIX

Las sustancias proteicas se encuentran solamente en los animales i en las plantas. Los animales i las plantas contienen siempre proteicos.

Es un hecho mui notable que la albúmina, el glúten, la fibrina i la sintonina sean conocidas esclusivamente no solo como productos de los cuerpos animales i vegetales, sino que cada animal i cada planta, en todos los

períodos de su existencia, contengan una u otra de estas sustancias, aunque la composición de los cuerpos vivos pueda, bajo muchos aspectos, variar de una manera indefinida. Así, hai algunas plantas que no contienen almidon ni materia celulosa, sustancias ambas que se encuentran en algunos animales, i hai muchos animales que no contienen materia córnea ni sustancia jelatinosa. La materia PROTEICA unida con AGUA es, pues, la que se presenta como fundamento ESENCIAL de los animales i de las plantas, aunque es probable que en los unos i en las otras se encuentren ambas asociadas con sustancias mas o ménos GRASAS i AMILÁCEAS (o almidon i materia sacarina), i con cantidades mui pequeñas de ciertos cuerpos minerales, de los cuales los mas importantes son el FÓSFORO, el HIERRO, la CAL i la POTASA.

De lo anterior resulta que en todos los animales i en todas las plantas se encuentra una sustancia compuesta

de agua + materia proteica + materia grasa + materia
amilácea + materia mineral

i cuando esas materias están vivas, se da el nombre de PROTOPLASMA a la sustancia que ellas forman.

LX

¿Qué se entiende por la palabra vida?

Se dice que tiene VIDA la planta de trigo que hai en el campo, i lo mismo se dice del ave doméstica que picotea en el corral. Si arrancamos la planta i si damos

al ave un golpe en la cabeza, MUEREN la una i la otra pocos instantes despues. Como hemos visto, el ave i la planta se componen de elementos análogos a los que entran en la composicion de la materia mineral, aunque combinados en compuestos que en el mundo mineral no existen. ¿Por qué, entónces, cuando esta materia toma la forma de una planta de trigo o de un ave doméstica, le damos el nombre de MATERIA VIVA?

LXI

Las plantas aumentan de volúmen añadiendo a las sustancias de que su cuerpo se compone otras sustancias semejantes; estas sustancias, sin embargo, no proceden de fuera de las mismas plantas, sino que se elaboran de materiales mas simples, dentro del cuerpo de las plantas.

En la primavera se ve cubierto de pequeñas plantas verdes el campo en que se ha sembrado trigo. Estas plantas crecen mas i mas, hasta que alcanzan un tamaño mucho mayor que el que tenian al aparecer sobre el suelo, i producen flores que eventualmente se cambian en espigas.

En cuanto ese cambio es un crecimiento progresivo que se verifica en una forma definida, puede compararse con el crecimiento de un cristal de sal en la salmuera; pero siendo objeto de un exámen mas atento, se ve que aquel cambio es mui distinto. El cristal de sal crece adhiriéndose esteriormente la sal contenida en la salmuera, i la planta crece por medio de agregaciones que

tienen lugar en su interior: en el suelo, en el agua o en el aire no hai rastros de albúmina, glúten, almidon, ni de materias grasas o celulosas, que son los componentes característicos del cuerpo de la planta.

Por otra parte, las plantas no crean nada (Cap. L); i, por consiguiente, en el cuerpo mismo de las plantas debe abastecerse, arreglarse o combinarse en nuevas formas la materia proteica, amilácea i grasa que contienen.

Es fácil ver, de un modo jeneral, que las plantas toman materiales crudos, porque todos les son suministrados por la atmósfera i por el suelo. La atmósfera contiene oxijeno i nitrójeno, un poco de gas ácido carbónico, una pequeña cantidad de sales amoniacaes i una variable proporcion de agua. El suelo contiene arcilla i arena (sílice), cal, hierro, potasa, fósforo, azufre, sales amoniacaes i otras materias que no son de importancia. Así, pues, el suelo i la atmósfera contienen todos los cuerpos elementales que nosotros encontramos en las plantas; pero las plantas tienen que separarlos i que combinarlos nuevamente.

Ademas, las nuevas materias, por medio de cuya agregacion crece la planta, no se aplican a la superficie exterior de ésta, sino que se elaboran en su interior, i las nuevas moléculas que resultan, se difunden entre las antiguas.

LXII

Las plantas vivas, despues de haber salido de la tierra, separan una parte de su sustancia, i esta parte tiene la virtud de desarrollarse, como semilla, en una planta semejante.

Un grano de trigo es una parte de la flor que sale de la misma planta; cuando está madura, se separa de ésta con facilidad. Ese grano contiene una parte pequeñísima i rudimentaria; una vez sembrado, crece gradualmente, o SE DESARROLLA en una planta perfecta, con su tallo, su raiz, sus hojas i sus flores, de las cuales vuelven a nacer semillas semejantes. Ningun cuerpo mineral experimenta esta série regular de cambios de forma i de tamaño, ni se desprende de una parte de su sustancia que siga el mismo camino. Los cuerpos minerales no tienen tal DESARROLLO i no dan semillas o JÉRMENES. En otros términos, no reproducen su especie.

LXIII

Los animales vivos aumentan su volúmen añadiendo, a las sustancias de que su cuerpo se compone, otras sustancias semejantes: éstas últimas se derivan principal i directamente de otros animales o de plantas.

En el corral las aves están incesantemente picoteando i engullendo ya un grano de trigo, ya una mosca,

ya un gusano. En otros términos, están alimentándose; i, como todo el mundo sabe, morirían pronto si dejaran de nutrirse. De la misma manera, todo el mundo sabe que no seria de mucha utilidad hacer que las gallinas se alimentaran únicamente con el suelo, por grande que fuera la abundancia de aire i agua.

Bajo este aspecto, las aves domésticas son semejantes a todos los otros animales: no pueden ellas elaborar los materiales proteicos de su cuerpo, necesitan encontrarlos prontos o en condiciones que solo requieran una lijera modificacion, mediante el consumo de otros animales o de otras plantas. Las sustancias animales o vegetales que come una criatura, pasan a su estómago, el cual las dijere o las disuelve, distribuyéndolas por todo su cuerpo, i haciéndolas servir a su conservacion i desarrollo.

LXIV

Los animales vivos, despues de haber crecido, se desprenden de una parte de las sustancias de que se componen, i esta parte, que es un huevo, tiene la virtud de convertirse en un animal semejante.

El huevo de gallina se forma en el cuerpo de estas aves, i en realidad, es una parte de su propio cuerpo, encerrada en una cáscara, i despues separada de ellas mismas. Contiene un pequeñísimo rudimento de gallina; i cuando se le conserva a una temperatura apropiada, ya sea echándose sobre él la gallina, o de cualquier otro modo, durante tres semanas, ese rudimento crece

o se desarrolla, a espensas de los materiales que componen la yema i la clara, en un pequeño pajarito, el pollo, que a su turno crece i se convierte en gallina. En consecuencia, el animal es el producto del desarrollo de un jérmen, lo mismo que las plantas; i bajo este aspecto todas las plantas i todos los animales concuerdan entre sí i difieren de las materias minerales.

LXV

Los cuerpos vivos difieren de los cuerpos minerales en su composicion esencial, en la manera como se desarrollan, i en el hecho de que se reproducen por jérmenes.

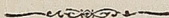
Hai, pues, mui grandes diferencias entre la materia mineral i la materia viva. Los elementos de la materia viva son idénticos a los de los cuerpos minerales; i las leyes fundamentales de la materia i del movimiento se aplican así a la materia viva como a la materia mineral; pero cada uno de los cuerpos vivos es una complicada pieza de un mecanismo que ANDA o vive solo bajo ciertas condiciones. El jérmen que hai en un huevo de gallina, requiere únicamente un corto abastecimiento de calor para hacer que con las moléculas del huevo se construya el cuerpo del pollo. I el procedimiento por medio del cual se desarrolla el huevo o la semilla, no es ni mas ni ménos misterioso que aquel en virtud del cual las moléculas del agua reducida a una temperatura de cero grado, se arreglan en cristales regulares.

El estudio mas profundo de los cuerpos vivos condu-

al departamento de la BIOLOGÍA, ciencia que tiene
s grandes divisiones: la BOTÁNICA, que trata de las
ntas, i la ZOOLOGÍA, que trata de los animales.

Cada una de estas divisiones tiene sus subdivisiones
rrespondientes, tales como la MORFOLOGÍA, que trata
e la forma, estructura i desarrollo de los séres vivos, i

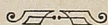
FISIOLOGÍA, que esplica, entre otras cosas, sus accio-
es o funciones.



el
ar
oi
out

SECCION TERCERA

OBJETOS INMATERIALES



LXVI

Fenómenos mentales

Todos los objetos materiales o no tienen vida, estos, son cuerpos minerales, o la tienen, i son cuerpos vivos. Todo aquello que ocupa espacio, que presenta resistencia, que tiene peso i que trasfiere movimiento pertenece a uno u otro de estos dos grandes departamentos de la naturaleza. Las ciencias de la Astronomía, de la Mineralojía, de la Física i de la Química, tratan de los primeros, miéntras la Biolojía, en sus dos divisiones de Zoolojía i Botánica, trata de los últimos. Pero no son éstos los únicos tópicos que constituyen el catálogo completo de los conocimientos naturales. En el primer párrafo de estas *Nociones Preliminares* hemos establecido una distincion entre las COSAS, u objetos materiales, i las SENSACIONES; i un instante de re-

flexion basta para convencernos de que las sensaciones no son objetos materiales. Un olor no ocupa espacio i no tiene peso; i es absurdo hablar de un quilógramo o de un decímetro cúbico de sonido o de injenio. Metafísicamente se dice que el placer es fujitivo; pero ustedes no pueden imaginar que el placer sea una cosa en movimiento.

Lo que llamamos nuestras EMOCIONES, está, pues, exento de todos los caractéres de los cuerpos materiales. No puede concebirse que el amor i el odio tengan forma, peso o fuerza. De la misma manera, cuando, al racionar, pensamos, nuestros pensamientos están mui léjos de tener las cualidades distintivas de aquellos cuerpos.

Las sensaciones, las emociones i los pensamientos constituyen un grupo peculiar de fenómenos naturales, que toman el nombre de FENÓMENOS MENTALES.

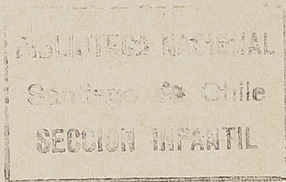
LXVII

El órden de los fenómenos mentales: Psicología

Los fenómenos mentales obedecen a un órden definido, exactamente como los fenómenos materiales; i no hai mas casualidad, ni accidentes, ni acontecimientos sin causa en una de estas séries que en la otra. Además, hai tambien una relacion de causa i efecto entre ciertos fenómenos materiales i ciertos fenómenos mentales. Así, por ejemplo, determinadas sensaciones son siempre producidas por la influencia que determinados cuerpos materiales producen en los órganos de nuestros sentidos. La

picadura de un alfiler causa dolor, las plumas hacen experimentar una sensacion de suavidad, la cal es blanca, i así sucesivamente. El estudio de los fenómenos mentales, del orden en que se suceden, i de las relaciones de causa i efecto que hai entre ellos i los fenómenos materiales, tal es el departamento de la ciencia a que se da el nombre de PSICOLOGÍA.

Todos los fenómenos de la naturaleza son materiales o inmateriales, físicos o mentales; i la única ciencia posible es la que consiste en el conocimiento del uno o del otro de estos grupos de objetos naturales, i en el de las relaciones que existen entre ellos.



FIN

SECC. CHILENA

