

8347

JOSÉ RODRÍGUEZ MOURELO

---

LA

# RADIOFONÍA

ESTUDIO

DE

UNA NUEVA PROPIEDAD DE LAS RADIACIONES

CON UNA CARTA DE

DON JOSÉ ECHEGARAY

y prólogo de

DON JOSÉ RODRÍGUEZ CARRACIDO



MADRID

GUTENBERG

LIBRERÍA NACIONAL Y EXTRANJERA

Príncipe, 14

FERNANDO FE

LIBRERÍA

Carrera de San Jerónimo, 2

1883

8347

A-26-72

# LA RADIOFONÍA

## OBRAS DEL AUTOR

---

**La materia radiante.**—Conferencias dadas en el Ateneo de Madrid, con prólogo de D. José Echegaray.

**Causas de la civilización actual.**—Memoria leída en el Ateneo de Madrid, con motivo de la exposición del tema de la Sección de Ciencias exactas, físicas y naturales en el curso de 1879 á 1880.

**Concepto actual del Cosmos.**—Memoria leída en el Ateneo de Madrid, con el mismo objeto que la anterior, en el curso de 1880 á 1881.

**Concepto de la energía.**—Conferencia dada en el Ateneo de Madrid en 1882.



LA  
RADIOFONÍA

ESTUDIO

DE

UNA NUEVA PROPIEDAD DE LAS RADIACIONES

por

JOSÉ RODRÍGUEZ MOURELO

CON UNA CARTA DE

DON JOSÉ ECHEGARAY

y prólogo de

DON JOSÉ RODRÍGUEZ CARRACIDO



MADRID

IMPRESA DE MANUEL G. HERNÁNDEZ

LIBERTAD, 16 DUPLICADO

1883

RADIODIFUSIÓN

DERECHOS RESERVADOS

ES PROPIEDAD DEL AUTOR



# ÍNDICE

	<u>Páginas.</u>
DEDICATORIA.....	VII
CARTA DE D. JOSÉ ECHEGARAY.....	IX
PRÓLOGO.....	XI

## INTRODUCCIÓN.

Alcance de los procedimientos científicos.....	3
Método adoptado en el presente estudio.....	13
Razón y discusión del método.....	23
Concepto provisional de la Radiofonía y caracteres generales de este fenómeno.....	33

## PRECEDENTES.

Idea general del mecanismo de los cambios de energía.	43
Clasificación del fenómeno radiofónico.—Sonidos y radiaciones.—Fundamentos del fotófono.....	49
Mecanismo de la producción de sonidos por radiaciones intermitentes.—Primer principio de la Radiofonía.....	59

## HECHOS.

Génesis del movimiento vibratorio.....	73
Producción del fenómeno radiofónico.....	83
Caracteres del hecho de la Radiofonía en los sólidos.—Circunstancias que en él influyen.....	95

La Radiofonía en los gases.—Experimentos de Tyndall.—Relaciones del sonido y la absorción.....	109
Mecanismo y causas de los fenómenos radiofónicos.— Ley general que determina estas causas.....	123
Enunciado de las leyes de la Radiofonía.....	139

### INDUCCIONES.

Consideración del hecho en la ciencia natural.....	145
Discusión del primer principio de la Radiofonía.....	163
Capacidad de las radiaciones para producir sonidos...	177
Examen crítico de las leyes de la Radiofonía.—Significado de las relaciones ente el sonido y el poder absorbente de los receptores.....	197
Inducciones respecto del mecanismo y causas de la Radiofonía.....	223
I.—Generalidad del fenómeno radiofónico...	233
II.—Mecanismo del fenómeno radiofónico...	249
III.—Síntesis general.....	268
Conclusión.....	277



SR. D. JOSÉ ECHEGARAY.

*Mi querido amigo: Cumplo un deber de gratitud  
dedicando á V. este libro.*

*Acéptelo como expresión del sincero afecto de  
su amigo*

MOURELO.



SR. D. JOSÉ RODRÍGUEZ MOURELO.

Mi distinguido amigo: Recibo con verdadera satisfacción su libro y acepto como honra señaladísima su cariñosa dedicatoria.

Muy de prisa, porque mi tiempo no alcanza para más, he leído su nuevo trabajo sobre materia tan reciente é interesante como esta que lleva el título de *Radiofonía*; su lectura, aseguro á V. que ha sido para mí motivo de serias meditaciones, cualidad de las obras que valen y penetran hondamente en los problemas. Todo lo que pienso del indiscutible mérito de su trabajo, no puedo decirlo en esta breve carta; pero lo suplirán los lectores aficionados á ese cúmulo de maravillosos descubrimientos de que hace alarde la Física moderna, y que V. con tanta claridad y exactitud expone.

Conste, sin embargo, ya que á otros pormeno-

res no pueda descender por hoy, que en la obra que va V. á ofrecer al público, no todo es exposición de ciencia: hay ideas nuevas, observaciones notables y muy dignas de estudio. Principalmente en la última parte, el autor es autor verdadero, porque pone mucho de su propio ingenio y de su larga experiencia científica.

Es V. uno de los pocos que con celo infatigable cultivan la ciencia por la ciencia: ya en *La Materia radiante* nos dió insigne ejemplo de que sabe estudiar y sabe escribir, y en su nuevo trabajo, propagando lo más moderno de la Física, nos prueba, otra vez, que conserva el mismo entusiasmo de entonces y el mismo amor por la desposada inmortal de la inteligencia: la verdad.

Ya tenemos dos libros: surja el tercero, que si es V. hombre de palabra, será un TRATADO ELEMENTAL DE QUÍMICA CON ARREGLO Á LAS TEORÍAS MODERNAS DE LA TERMODINÁMICA. Si he cometido una indiscreción, rompa esta carta.

Siempre es su amigo,

JOSÉ ECHEGARAY.

## PRÓLOGO

---

En medio de la vertiginosa actividad que caracteriza la labor científica de nuestros días, revelando incesantemente nuevos y curiosos descubrimientos lanzados á los vientos de la publicidad por las numerosas revistas de Europa y América, grandes serían la confusión y el desaliento del espíritu científico, si no diese tregua á sus afanes de conocerlo todo, para sistematizar sus revueltos conocimientos resolviendo aparentes contradicciones y dándoles unidad, última aspiración del pensamiento especulativo.

La ciencia contemporánea muestra cumplidamente estos dos momentos de la actividad intelectual—consecuencia y complemento en último término el uno del otro—en la riqueza de hipótesis y teorías nacidas á la par misma de los hechos para cobijarlos en gradación jerárquica bajo unos mismos principios, y mediante esta obra de ordenado resumen aligerar el bagaje del espíritu, facili-

tando su obra de exploración en el infinito campo de la realidad, por obra y gracia del método experimental, único origen de todos nuestros conocimientos.

Entre las grandes teorías formuladas en estos tiempos, ninguna alcanza la importancia y trascendencia de la Termodinámica, nacida de la correlación y perfecta equivalencia, observadas entre el calor y el trabajo mecánico, y extendida más tarde á todos los agentes físicos para constituir esa brillante síntesis de la unidad de fuerzas, cimentada sobre el principio de la conservación de la energía, representando lo constante y permanente al través de la infinitud de fenómenos, que como vertiginosa cascada se desprenden de los senos de la Naturaleza en las continuas transformaciones de energía potencial en fuerza viva.

Á medida que el pensamiento filosófico ahonda en el análisis de los fenómenos naturales, induce que todos ellos se resuelven en diversos estados dinámicos recíprocamente transformables; proposición que brotando de las entrañas de la Física se ha desbordado por los campos de la Química y la Biología, para concretarse como último *substratum* en el concepto de energía, cifra y compendio de la actividad creadora del Universo, siempre una en cantidad, siempre múltiple en sus modos de manifestación.

Mi buen amigo Mourelo, dotado de una laboriosidad que nunca desmaya, debe ser conocido de todos mis lectores en este sentido como el propagador activo é infatigable de las ciencias físico-naturales en todas las formas de publicación, desde la fugaz del periódico diario hasta las más duraderas de la revista y del libro. Atento siempre al movimiento intelectual de Europa, apenas percibe un hecho de alguna importancia, inmediatamente nos lo comunica, no limitándose á ser un mero expositor, sino discurriendo acerca del nuevo descubrimiento y relacionándolo con todo el sistema de ideas de la ciencia á que pertenece.

Los principales trabajos de Mourelo se refieren á estudios físicos acerca de hechos raros y curiosos últimamente descubiertos y algunos de ellos en aparente contradicción con las leyes físicas reconocidas. Cómo el autor los estudia y su vehemente aspiración á englobarlos dentro de los principios generales de la ciencia, puede verlo el lector en sus artículos acerca del *radiómetro* y en su libro *La materia radiante*, en el cual discute los experimentos de W. Crookes y el alcance de la teoría de los gases en atmósferas sumamente rarificadas, para deducir, en conformidad con el físico inglés, la existencia de un cuarto estado de la materia.

El nuevo libro que con buena voluntad, pero con mal acuerdo, me ha encargado su autor de

presentar á los lectores es del mismo linaje de los antes citados. En él se expone y discute extensamente el curiosísimo descubrimiento de Graham Bell, el fonógrafo, aparato que ha servido para demostrar la producción de sonidos mediante radiaciones intermitentes al incidir sobre sólidos tallados en forma de láminas delgadas y más tarde sobre cuerpos gaseosos.

Apenas enunciado este fenómeno, se presenta como un sencillo caso de transformación de fuerzas, y así lo expone el autor de este libro, brindándole una ocasión más de cantar en brillantes períodos, como artista enamorado de su ideal, el magnífico principio de la unidad de fuerzas, sin dejar por esto de examinar todos los hechos experimentales, base de la *Radiofonía*.

Laudable es por todo extremo que á la par del estudio de los hechos se imponga al pensamiento la exigencia de razonarlos y sistematizarlos, pero no por esto debe precipitarse la solución teórica, sin conocerlos antes en su extensión y en todas sus relaciones, para evitar rectificaciones en lo posible.

Discurriendo acerca de este fenómeno, no veo su teoría tan sencilla como parece á primera vista. Aceptando la explicación de Mercadier, fundada en las periódicas y regulares dilataciones y contracciones de la capa de aire condensado sobre las paredes de los receptores al calentarse y enfriarse



alternativamente por radiaciones intermitentes, no aparece aquí transformada inmediatamente la radiación en sonido: éste procede del trabajo mecánico producido por el choque de las capas de aire. Y además, admitiendo la transformación directa é inmediata, ¿por qué fórmulas se representa en este caso, que la vibración etérea del fenómeno radiante se convierta en vibración del elemento material del cuerpo, para que resulte el fenómeno acústico?

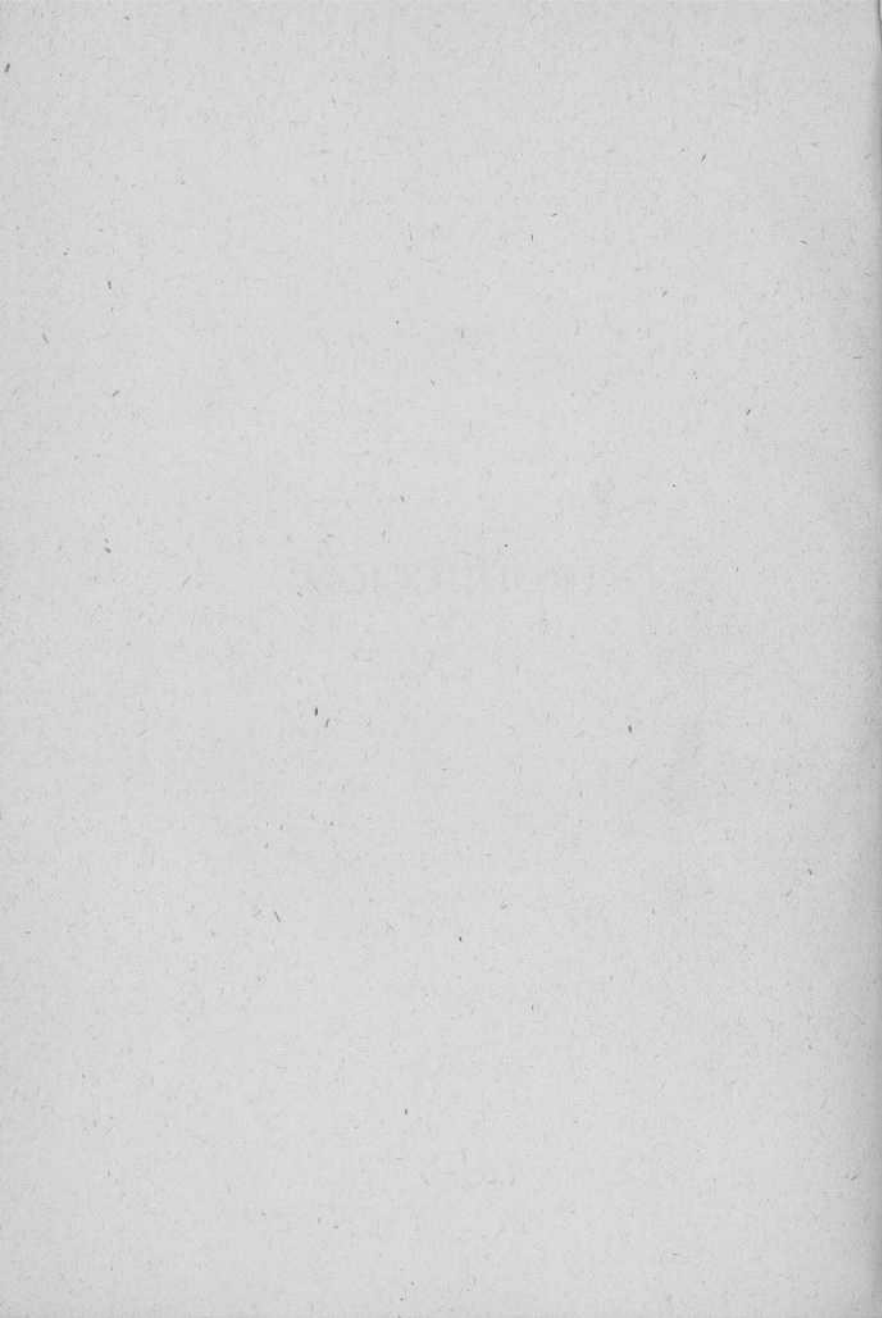
Estas son dificultades que no acierto á explicar, y creo que la ciencia actualmente carece de medios para su solución, pero es condición fatal de nuestro carácter una tendencia irresistible á la síntesis que á veces nos arrastra á espejismos teóricos, y el autor de este libro, como todos nosotros, no puede sustraerse del medio ambiente.

Aquí termino mi tarea, felicitando á mi querido amigo por su generoso esfuerzo en pro de la literatura científica de nuestra Patria, y al lector porque le dejo en paz, prometiéndole, como alivio y descanso de este prólogo, el libro que le presento, en el cual hallará discutidos los transcendentales problemas que constituyen su asunto, vestidos con un hermoso ropaje que le da el doble aspecto de obra literaria y científica.

JOSÉ RODRÍGUEZ CARRACIDO.



# INTRODUCCIÓN



### Alcance de los procedimientos científicos.

Desde el momento bienhadado en que se proclamó la unidad de las fuerzas, desde el tiempo en que se enunció el principio de la equivalencia mecánica del calor, no pasa día, ni trascurre instante, sin que se demuestre la transformación de nuevos movimientos, confirmándose, en cada una de estas transformaciones, la ley dinámica que enlaza y rige todas las manifestaciones de la energía.

Sustituye la ley mecánica á las concepciones de la teoría atómica, reemplázanse las nociones de la vida y del sér por el sistema de la evolución, y desde el mineral, que en estado de vapor diso-

ciado existe en el primer núcleo de un astro, hasta la partecilla organizada que se agita en la célula primera, base en que estriba el sér, todo responde á mecánica fórmula, todo se enlaza en la ley general de trasformación del trabajo. La actividad de la Naturaleza, el principio eterno de vida que en ella reside,—y que, por mejor decir, es ella misma,—siempre es igual, y se ofrece á manera de círculo, cuya circunferencia está en todas partes y el centro en ninguna, y de la cual sólo nos es dado apreciar una porción, que á voluntad determinamos, y á la que llamamos *fenómeno*.

Como el agua que se filtra gota á gota por roca dura, forma primero líquidos filetes, que uniéndose, poco á poco constituyen otro hilo más grueso, y la reunión de varios hilos hace arroyos, que luégo componen caudaloso rio, así estudiamos las primeras y simplicísimas manifestaciones de la energía, esos movimientos primarios, que luégo se combinan, originando más complicados mecanismos, que á su vez, unidos en mayores proporciones, y siempre enlazados por la misma ley, forman el conjunto admirable y magnífico de la ciencia actual, la vastísima construcción que el espíritu humano levantó en nuestros días, y cuyos detalles completa y perfecciona cada descubrimiento y cada idea nueva: que es campo fecun-

dísimo é inagotable la Naturaleza, y no cesa de producir la abundante cosecha de pormenores científicos, que distingue á la obra del siglo actual.

Es verdaderamente portentosa la actividad científica de nuestro tiempo. Proclamado el dato de la experiencia, fundamento inmovible del saber; perfeccionados los instrumentos de medida é inventados sorprendentes procedimientos de cálculo y experimentación; provisto el investigador de maravillosos aparatos para registrar las inmensas profundidades de los cielos, armado del poderoso microscopio para conquistar las regiones de lo infinitamente pequeño, dueño del recurso del cálculo para sujetar á la misma ley los dos infinitos, no solamente descubre nuevas maravillas y añade valiosas conquistas al caudal de hechos que la época presente recibió como en herencia de las anteriores, sino que, examinando y pesando lo hecho ya, corrige errores, rectifica cálculos y medidas, critica todo, penetra en todas partes, y por suerte de selección perfecciona y aumenta, engrandece y destruye, ensanchando los horizontes que abarca el pensamiento humano, al cual revela mundos desconocidos que explorar, tierras vírgenes que le ofrecen ancho espacio en que ejercitar su nunca agotada fuerza.

Mas dentro de la ciencia pura, mucho está por hacer: al cálculo no responde siempre el determinismo del fenómeno, la ley es generalmente aproximada, y las últimas concepciones de la ciencia, aquellas partes en que al entendimiento y razón falta el auxilio del dato de la experiencia,—y si poseen el método racional es con sistemas de cálculo, en los cuales es arbitraria muchas veces, y no pocas hipotética, la base constante,—en muchas ocasiones dista mucho de ofrecer la seguridad necesaria, pues no resiste á los embates de la crítica. En las trasformaciones de movimientos, que fuera del alcance de nuestros medios de experimentación se verifican; en aquellas relaciones íntimas de los fenómenos, de orden puramente racional, más bien que del dominio del sentido; en la investigación de las causas determinantes de los hechos, de esas raíces misteriosas, que acaso pudieran explicar cuanto para nosotros permanece ignorado todavía, fuerza es confesar que no sólo hemos construido poco, sino que más bien hemos destruido en la época presente. Hoy se producen ménos teorías que ayer, como mañana se producirán ménos que hoy: aún aquellas hipótesis que, cual la de los átomos, habian tomado de tiempo atrás carta de naturaleza en la ciencia, considerándose cosa ya sentada, dogmática é in-



discutible, no resistieron á los golpes de ariete del sistema crítico: gracias á él, vinieron al suelo las concepciones abstractas de materia y fuerza, de átomo y éter, y aquella cerrada hipótesis científica que el *á priorismo* habia formado, esa idea de fuerza atómica, última expresión de la doctrina atomista, es sustituida por la idea dinámica, por la noción matemática del movimiento, que juntando en ley única todas las manifestaciones de la actividad, sustituye á la inercia el movimiento, la actividad á la quietud, sin hacer intervenir más que agentes naturales, energías que se transforman, para explicar todo el admirable conjunto de hechos estudiados, toda esa serie infinita de movimientos, la solidaridad del fenómeno natural, que, manifestándose en un sér, se reproduce en manifestación de la Naturaleza entera, bien como la cuerda, vibrando, hace vibrar á cuanto la rodea.

Pero el hecho solo no basta. Algo hay que está sobre el hecho, algo que si en él se funda, no es él mismo; la concepción científica de nuestro tiempo admite—acertadamente y rigiéndose por el clarísimo criterio del gran filósofo alemán—que el conocimiento arranca de la experiencia; de modo que al experimento acude, del hecho se vale, á su terrible lógica se somete, para conocer

un tanto la Naturaleza, para entrever esa realidad que se revela por fragmentos, cual si se tratase de cuerpo muerto cuyos miembros se cayeran poco á poco, uno á uno; pero ¿es la ciencia hecho no más? ¿Se forma, por ventura, de hechos solamente, ó es fuerza—sin prescindir jamás del experimento, sino antes bien reclamando su indispensable concurso—ir más lejos y determinar aquellas causas que son del directo dominio de la razón, á la que no han podido llegar todavía los métodos experimentales?

Fórmulas matemáticas, ingeniosa y rigurosamente deducidas de los experimentos, expresan las leyes de muchos fenómenos, habiéndose llegado hasta el punto de establecer, conforme á ellas, la transformación de la energía en admirable serie: delicadísimos procedimientos permiten seguir la evolución del imperceptible ondular con que se agita la luz, produciendo el azul del cielo y el torbellino del pavoroso ciclón; aparatos perfeccionados hasta lo sumo consienten la medida del espesor de las ondas de la luz y la amplitud de las oscilaciones del suelo. Es hoy posible escribir en formulas algebraicas la historia de un astro,—desde que fué nebulosa, hasta que frío y helado rodó perdido en los espacios,—señalando el momento en que el núcleo se

constituyó, aglomerando la materia cósmica en torno suyo, marcando cómo la actividad de aquella materia hizo brotar todo un organismo lleno de vida, adivinando las épocas en que surgieron los bosques, las aguas y las montañas, presintiendo, en fin, el momento sublime en que el espíritu reinó y gozó entre tantas maravillas. Es cosa hoy determinable que semejante evolución del astro, y formación y vida, son la formación y vida del sér, siquiera sea el hombre. Pero, ¿basta con esto? ¿Es suficiente acaso conocer la evolución, asistir al nacimiento, á la vida y á la muerte de todos los séres, sean mundos colosales, sean organismos microscópicos, para afirmar el conocimiento positivo y exacto de la ciencia natural, ó se requiere acaso concepción más completa, idea más positiva, fórmula más exacta y más evidente determinación de los innumerables cambios de la energía? Sí; que la ciencia natural no está completa hoy, ni se completará jamás. Aun cuando demos por conocidas y determinadas, mediante experimento y cálculo, todas las manifestaciones de la actividad natural, ¿podemos afirmar que conocemos los medios de que se vale la Naturaleza? Además, la serie de fenómenos no se cierra nunca; para cerrarla, necesitaríamos conocer su primera y última manifestación, y éstas no existen, pues

los fenómenos naturales no tienen límites, no empiezan y concluyen, los hechos de la Naturaleza son siempre; sus diferencias son cuestión de cantidad.

Conviene precisar las ideas expuestas.

Distínguese la época actual por la actividad desplegada en el conocimiento de la Naturaleza, actividad que ha descubierto maravillas en el terreno de los hechos, y determinado la ley mecánica que rige á todas las manifestaciones de la energía.

Es consecuencia de esta determinación admitir la solidaridad de los fenómenos naturales, á los que no se atribuye otra causa sino variaciones de movimiento, que pueden convertirse las unas en las otras, conforme á sencillas leyes mecánicas; de donde se deduce que todas las manifestaciones de la Naturaleza caben dentro de una sola categoría.

Mas con todo esto, no está completa la ciencia, ni se completará jamás, porque no es posible señalar límites á los fenómenos, ni entender en aquellas cosas, que estando por cima de los hechos, pertenecen exclusivamente al dominio de la pura razón.

Al admitir tales conclusiones, lejos de negar el progreso, lo afirmamos, porque aceptándolas,

aceptamos un resultado positivo y altamente trascendente de ese sistema crítico, de ese espíritu investigador, que derramando luz sobre toda oscuridad, llegó á destruir lo que antes como más fundamental se admitía, rechazando ideas y prejuicios relativos á problemas cuya solución no alcanzan ni la experiencia ni el cálculo: claro está que á medida que el trabajo adelanta, y al par que se descubren hechos nuevos y se dan á conocer trasformaciones de movimientos, que antes, ó pasaban inadvertidas, ó no podían estudiarse por falta de medios, el conocimiento de la Naturaleza se va acercando, aumentan los medios de penetrar en la esfera de lo racional, siempre por los caminos del experimento, las leyes ya determinadas adquieren nueva sanción, y fijanse otras cuya importancia es tanta más, cuanto mayor carácter de generalidad las distingue, carácter de generalidad que debe fundarse en que abracen el mayor número de hechos posible.

---



### Método adoptado en el presente estudio.

Pensando de este modo, surge pronto á la mente del científico la noción clara y precisa de lo que por *descubrimiento* ó *invención* debe entenderse. Nada en las ciencias naturales se produce por mera intuición, todo tiene sus precedentes, y de ellos es resultado; así que, aún tratándose de aquello en que más se siente que se piensa, de aquellas leyes y descubrimientos, fruto y producto del sentimiento de la Naturaleza, puede señalarse siempre cierta evolución producida por el concurso de circunstancias especiales que es preciso mear con claridad suma, para apre-

ciar y juzgar del valor de los trabajos científicos.

Muy breves razones demuestran y apoyan esta opinión.

Exige el mismo método seguido en la investigación de la Naturaleza—y lo exige indispensablemente—el empleo del procedimiento inductivo para llegar á la determinación de leyes y principios experimentales. De no emplear la inducción, apoyada siempre en el hecho, de no acudir al procedimiento inductivo, no sería la ciencia otra cosa sino pura descripción de fenómenos, que si demostraria conocimiento de los hechos, demostraria también ignorancia perfecta de aquellas leyes que los relacionan, de aquellos eternos principios que los unen y constituyen la verdadera ciencia, la parte que pudiéramos llamar racional, por cuanto en ella, si el fenómeno es un elemento, no la constituye por entero. De donde se sigue que no es el procedimiento experimental otra cosa que base ó fundamento de donde arranca todo conocimiento; pero no el conocimiento mismo, en cuanto éste ha de ser producto de trabajo puramente racional, del trabajo de la inducción aplicada convenientemente á los hechos. Y como la inducción, á su vez, reclama términos antecedentes al hecho sobre los cuales se ha de discurrir, relacionándolos con él, de aquí que el descu-



brimiento, en lo que á las ciencias naturales toca, es sólo resultante de trabajos anteriores, de leyes determinadas antes, de hechos ya conocidos.

Otra razón invocaremos aparte de ésta. Si los fenómenos naturales son términos no más de la serie infinita de trasformaciones y cambios de la energía, el hecho de nuevo descubierto no será sino nuevo término de esa serie, otro eslabón de la inmensa cadena, ni el último ni el primero, porque la evolución de la Naturaleza no empieza ni termina, es siempre toda entera. Además, los hechos, como elementos que son de la unidad en que todos se encierran, tienen por necesidad que obedecer á mútua dependencia y convertirse unos en otros, siempre que la cantidad de energía permanezca la misma: de aquí el principio de solidaridad que caracteriza á la total evolución de la Naturaleza, principio que exige relación de un fenómeno á otro y encadenamiento de todos, de tal suerte que á cualquier modificación de uno respondan los demás con ritmo adecuado, como á un sonido responde otro sonido, como á un color otro color responde.

De aquí se infiere que los descubrimientos científicos no son otra cosa que resultantes de trabajos y estudios anteriores. Como la dirección

del movimiento de un cuerpo, y este movimiento mismo, es resultado del concurso y conflicto de varias fuerzas, así los descubrimientos é invenciones en la ciencia derivan y son necesariamente producto de conocimientos y estudios anteriores, fuerzas al cabo, que el hombre pone en ejercicio para llegar á la posesión de la verdad.

Por esto ningún hecho, por sorprendente y anormal que parezca, ninguna invención puede proceder, y de hecho no procede, de casual disposición de los elementos que la constituyen, ni de intuitivo trabajo que como de la mano y sin preparación alguna lleva á ella: muchas veces, es cierto, este trabajo anterior no se ve, y áun para el mismo inventor es perfectamente inconsciente; pero su existencia es indudable, dado el carácter de la ciencia natural, la solidaridad perfecta de los hechos que comprende, y la exigencia de los métodos de investigación empleados.

Así que, al estudiar la RADIOFONÍA,—novísimo descubrimiento que ocupa actualmente la atención del mundo científico,—debemos tener en cuenta, como elemento principalísimo de este trabajo, sus precedentes, aquellos hechos y principios anteriores, que podrán acaso servir para explicarla, y que por el momento son base para entender los nuevos fenómenos y discurrir acerca

de ellos. Y tanto es más necesario é importante tener en cuenta, en este momento, los precedentes de la cuestión objeto de nuestro estudio, cuanto ellos, por sí mismos, constituyen uno de los más notables descubrimientos de la ciencia actual, que promete aplicaciones importantísimas, y que por de pronto es un paso más para llegar al conocimiento de aquella unidad en que todo el funcionalismo de la Naturaleza se comprende. Deriva la Radiofonía, según luégo veremos, de aquel principio general que, como último término de sus estudios, determinó Graham Bell, después de la invención de fonógrafo, principio tan importante, cuanto que señala nueva propiedad de los cuerpos y transformación de movimiento desconocida hasta sus experimentos, pues en él se consigna que toda radiación intermitente que incida sobre sólidos tallados en forma de delgadas láminas, produce sonidos, en relación con el número de veces que en la unidad de tiempo la radiación se interrumpa; lo cual significa, de una parte, conversión ó transformación de movimiento, apreciado y sentido como luz ó calor radiante, en vibración de más corto período, en sonido, y de otra, capacidad en los cuerpos, colocados en condiciones adecuadas, para llevar á cabo ó cumplir esta transformación.

En el caso presente, por estas razones, es más que en ningún otro importante la consideración y estudio de los precedentes, no sólo por satisfacer las exigencias de la investigación científica, cumpliendo las leyes que la solidaridad de los fenómenos naturales impone, sino por ellos mismos, por la trascendencia científica que encierran, por el principio general en que están comprendidos, y del cual no es la Radiofonía más que consecuencia precisa é inmediata.

Como tales habremos de estudiar los hechos que hasta el día comprende, no con minuciosos detalles, sino de modo tan general cuanto sea posible, agrupándolos conforme á clasificación natural y sistemática.

En este punto paréceme oportuno indicar la distinción entre lo que se refiere al método de investigación de los fenómenos y al método de exposición de los hechos. Respecto del primer punto, conviene á mi propósito notar que el medio único, verdaderamente científico, que conocemos para investigar, es el experimento, y por eso á él habrá de apelarse, no para determinar las leyes generales y los principios de la ciencia, en la cuestión que tratamos, que tales leyes y principios son producto de trabajo posterior de inducción sobre los hechos mismos, sino para que sirvan de

base de razonamiento y crítica, y de apoyo y confirmación de las leyes que más tarde deben enunciarse; y en cuanto al segundo punto, es mi propósito consignar que, sin apartarnos del método experimental empleado en la investigación, debemos hacer crítica, razonando sobre el hecho mismo, con propósito de determinarlo, estableciendo las condiciones de su producción y señalando diferencias y analogías, que con gran claridad deben formularse, para llegar á la perfecta inteligencia del fenómeno y de sus medios de producción.

Por eso metódicamente han de exponerse los fenómenos de la Radiofonía, agrupándolos según sistema serial, criticando cada grupo y señalando los caracteres que á cada hecho individualmente determinan, que es, á mi entender, el procedimiento que mejor prepara y con más precisión formula las bases de que ha de partir el trabajo inductivo.

Ha de ser éste, en el estudio presente, expresión perfecta y clara de mis propias ideas, que se fundan en los principios generales de la ciencia admitidos en el día, refiriéndose muy especialmente á aquellas cuestiones más debatidas en la actualidad, y que con carácter más general se presentan al que quiere contribuir, en la medida

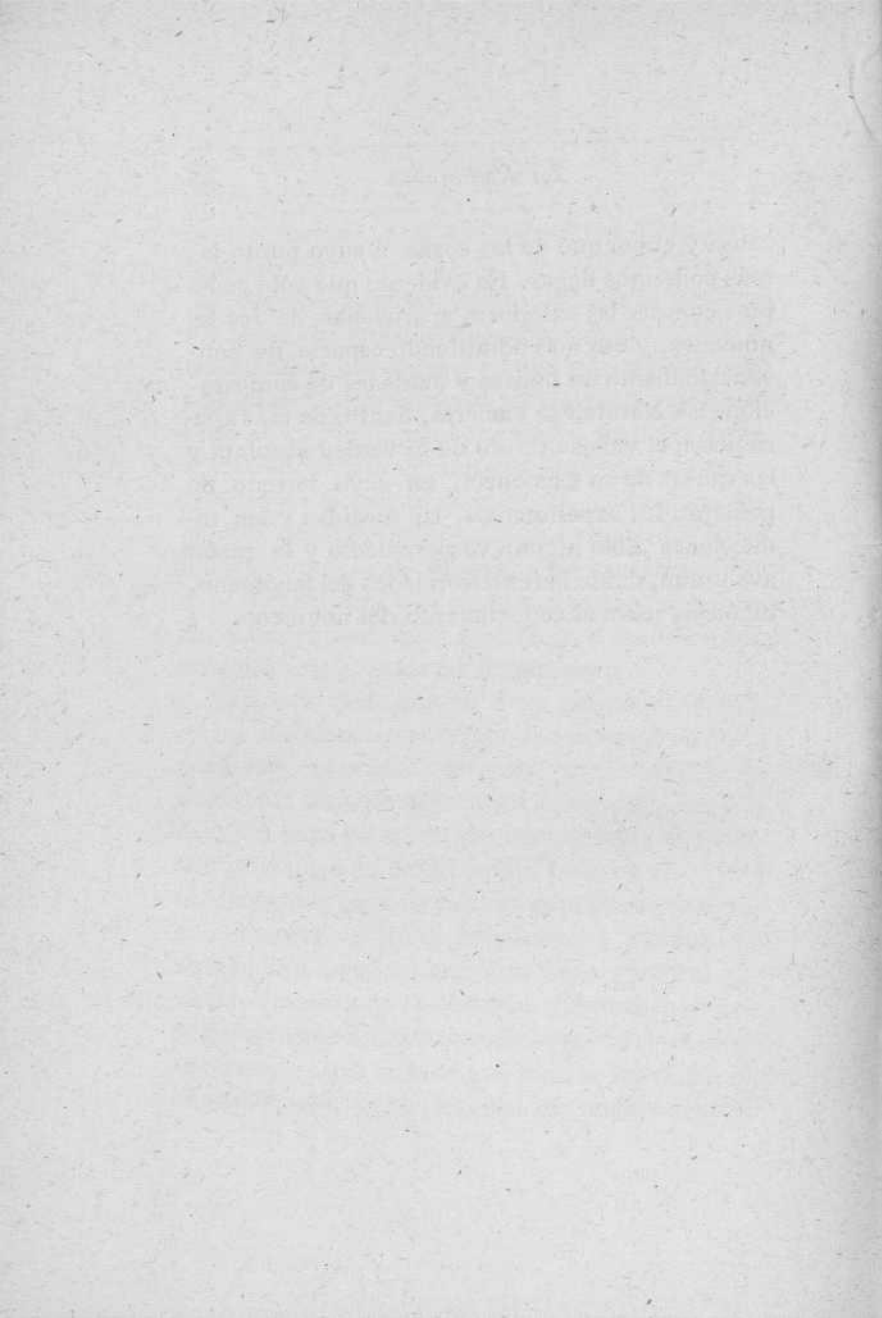
de sus fuerzas, á la obra científica de nuestro tiempo.

Deben dirigirse las inducciones de la Radiofonía sobre dos puntos esenciales, aunque al tratarlos debemos detenernos en consideraciones ménos importantes; refiérese uno á las leyes generales de los fenómenos estudiados, en cuyo punto se está inmediatamente sobre los hechos, y el raciocinio no se separa de ellos un momento; pide el otro análisis más elevado, razonamiento é inducción acerca de aquellos problemas más áridos y generales, que comprenden la ciencia toda, y á cuya resolución contribuyen todos los descubrimientos y todas las invenciones.

Excusado decir que no llevo prejuicio alguno: en las cuestiones científicas, quien tenga criterio positivo y concepto claro del significado de la obra de la ciencia, sólo busca é investiga la verdad. No haré yo hipótesis aventuradas, ni acudiré á principios no demostrados todavía: allí donde no encuentre base de hechos para apoyar mis razonamientos, habré de detenerme y señalar, en aquel punto preciso, el límite de lo para mí conocido respecto de la cuestión que trato; que más vale detenerse en lo conocido, que ir por oscuros caminos, en que la razón se pierde, buscando en hipótesis, que luégo habrán de rechazarse, la

causa y el por qué de las cosas, á cuyo punto jamás podremos llegar. Es evidente que sólo podemos conocer las exteriores apariencias de los fenómenos, y eso aún admitiendo especie de convencionalismo de límites y unidades de comparación. La Naturaleza encierra, dentro de esas apariencias, el valioso tesoro de la verdad absoluta y las causas de su existencia, en cuyo terreno no penetran los experimentos, las medidas y las inducciones. Sólo alguna vez el cálculo y la razón aventuran, desde las exterioridades del fenómeno, hipótesis sobre el conocimiento del noumeno.

---





## Razón y discusión del método.

Basta lo indicado para comprender el método conforme al cual trataremos la Radiofonía; tres partes comprenderá el presente trabajo, á las que nombraremos: PRECEDENTES, HECHOS é INDUCCIONES.

Creo necesario indicar que las dos primeras partes del estudio que voy á emprender no son exclusivamente originales: experimentalmente muy poco pude hacer hasta el momento presente respecto de las cuestiones suscitadas á propósito del fonógrafo y de la Radiofonía; así que mi papel en estos asuntos está reducido á mera exposición

de los hechos y crítica de ellos. Por una parte, en lo que á los precedentes se refiere, sirven de base á mis razonamientos los magníficos trabajos y experimentos de Graham Bell, singularmente los que se consagran al llamado fotófono musical, y de otra, por lo que hace á los hechos de la Radiofonía, sírvenme los estudios notabilísimos de Mercadier y los experimentos de Tyndall y del mismo Graham Bell. En esta parte nada he inventado ni descubierto; sólo expongo, clasifico y juzgo, dentro de mi propio criterio y especial manera de considerar las cuestiones de que trato. Mas en lo que á las inducciones se refiere, sólo he cuidado de emitir mis ideas, exponiendo con claridad, con un punto de vista muy distinto del de los ilustres físicos citados, lo que yo creo que debe esperarse, para la resolución de los más áridos problemas de la ciencia, de los notabilísimos descubrimientos hechos recientemente en sentido de convertir las radiaciones en sonidos: creo tener en este asunto criterio fijo, y lo consigno claramente en la última parte de mi trabajo, que pienso podrá completar las series de delicados experimentos tan hábilmente ejecutados por Mercadier y Tyndall. Paréceme que el método adoptado reúne cumplidamente las condiciones requeridas para la exposición de la ciencia.

Obedece, en primer término, á criterio y concepción positiva de ella, y en segundo término, presenta la ciencia de modo artístico, en esa forma tan indispensable á la buena exposición de las verdades y hechos científicos, que no ha de ser mera enumeración y aislada apreciación de cada hecho ó grupo de hechos en particular, sino armónico sistema, en el que aparezca plán fijo, idea artística que reúne los fenómenos por sus relaciones invariables, subordinando todo el conjunto al principio de unidad en la variedad armónica, en el cual la Naturaleza entera se contiene.

Permítaseme detenerme un momento en estos dos puntos.

Diré, en cuanto al primero, que no comprendo exposición científica sin que en ella haya—como carácter ó nota dominante—criterio fijo y claramente determinado del conjunto de la ciencia, especie de pensamiento propio respecto de la ciencia en general, criterio y pensamiento á los cuales ha de subordinarse, por necesidad, la exposición misma. De no ser así, ¿cómo se explican y justifican las inducciones que sobre los hechos se hacen? ¿De qué modo darse cuenta de las leyes de los hechos, y áun de los hechos mismos, si á ellos no preside superior pensamiento, que abrace y comprenda la totalidad de la ciencia?

Mas no se crea que al pensar de este modo se admiten prejuicios y doctrinas *à priori* en la apreciación positiva y racional de los hechos: la misma inducción los excluye; pero ella pide doctrina general á que elevarse, conocimiento de mayor categoría á que servir de apoyo, principio sintético que, encerrando ó comprendiendo la ciencia toda, comprenda y abrace también las leyes especiales y los principios que su trabajo determine, referentes á cuestiones particulares, como la que aquí debemos tratar. Por eso llevamos á la Radiofonía nuestro criterio propio, y dentro de él veremos de acomodar los nuevos descubrimientos, en cuanto para esto sean aptos, pues no ha de olvidarse que allí en donde creamos insuficientes los métodos y los principios establecidos, habremos de detenernos, señalando los límites de lo conocido.

Considerando este punto bajo otro aspecto, resulta aún más evidente la necesidad de criterio fijo—en cuanto puede ser fija la apreciación de los hechos—para la exposición de la ciencia natural.

Posee hoy esta ciencia una doctrina, producto de los hechos, fruto de observaciones delicadísimas y de trabajos inductivos y críticos, que la contiene por completo, y dentro de la cual ca-

ben los principios con carácter de mayor generalidad establecidos, y es base del conocimiento en cuanto éste es posible: esta doctrina, que en el día informa todos los descubrimientos, medidas é investigaciones experimentales y racionales, es el dinamismo, del que es derivación lógica la evolución, extendida no sólo al sér llamado orgánico, sino á la variedad infinita que comprende la función total de la energía.

Esta idea dinámica—mecánica ú orgánica—establece una ley general para todos los fenómenos naturales: segun ella, cuanto se produce y forma, es movimiento y vida; el hecho mecánico, el fenómeno físico, químico ó biológico, y lo mismo acaso los actos psíquicos, son aspectos varios y diversos de este movimiento incesante de la energía, fases ó actos de la vida general de la Naturaleza, que se desenvuelve y desarrolla en series infinitas de séres, en cada uno de los cuales se reproduce el mecanismo de la Naturaleza entera. Fúndase tal concepción en la conversión y equivalencia de todos los trabajos, de todas las fuerzas, de todos los fenómenos naturales, que por virtud de ella vienen á colocarse dentro de una misma ley mecánica, la ley general del movimiento. Producto de inducción directa sobre los hechos, la teoría dinámica es *actualmente* el

concepto más exacto y positivo de la ciencia natural, y por eso á ella se ajusta toda exposición científica, toda investigación inductiva, cuyo objeto final ha de ser llevar un apoyo más á la idea dinámica, colocar dentro de ella, si es posible, lo nuevamente descubierto, y realizar su interesante trabajo dentro de aquellos primeros principios de la ciencia de la Naturaleza, que derivan inmediatamente del estudio de sus manifestaciones en todos los órdenes en que su eterna evolución se cumple.

Por lo que al segundo punto se refiere, habré de indicar solamente que—aparte de la conveniencia que la exposición artística ofrece para comprender los hechos—es indispensable cierto arte, que revele no sólo comprensión del fenómeno natural, sino también impresión sentida, en virtud de la cual se expone la ciencia, presentando los hechos como armónico sistema, delicada obra de arte, si grande y magnífica en el conjunto, primorosa y habilísima en el detalle. Además, el sentimiento es elemento científico de primer orden y elemento indispensable en la investigación de los hechos, y casi el único medio que, auxiliando la inducción, hace penetrar el pensamiento del científico en las esferas de lo racional puro, adonde no llegan experimentos,

cálculos é inducciones. Y si necesario y preciso es el sentimiento y el arte en la investigación de los hechos, no lo es ménos en su exposición, por cuanto en esta significan armonía, método y órden perfectísimo.

Son la inducción y el sentimiento de la Naturaleza los únicos caminos para indagar el conocimiento de las cosas: si bien es cierto que el experimento es el solo medio positivo de investigar en la ciencia natural, y de él arranca todo conocimiento, no es el hecho, no es únicamente el fenómeno lo que constituye la ciencia; porque si ésta significa conjunto armónico de leyes y verdades,—que en cuanto es posible expliquen la incesante trasformación de la energía,—los fenómenos podrán ser, y con efecto son, el material de la obra científica, el andamiaje con el cual se construye el edificio de la ciencia, obra gigantesca, tan magnífica en el conjunto, como armónica en sus distintas partes.

Por eso, sólo sintiendo y apreciando la infinita belleza, el arte incomparable que la Naturaleza despliega en sus creaciones, es posible comprender toda la trascendencia científica de las inducciones hechas sobre los experimentos, porque en el conocimiento racional de los fenómenos, en la determinación de sus leyes, en cuanto se refiere

á cuestiones que no caen bajo el dominio del sentido, más que todos los razonamientos, más que todos los cálculos, produce y forma el sentimiento, la impresion artística de la Naturaleza entera, que lleva á formar concepto de su evolución total, formulando aquella sencilla ley de unidad, que comprende su función por entero.

Ley sencilla y grandiosa es la unidad de los fenómenos naturales. Todo en ella se contiene, y en série de séries expresa la eterna vibración de la energía, con sus mil formas, más numerosas que todos los cambiantes de luz, y más que todos los matices de los colores; formas que constituyen, por su continua mudanza é incesante transformación, la escala inmensa de la vida, en la que cada sér es un término no más; conquista magnífica del experimento y del análisis matemático, donde se resumen y forman armónico conjunto todos los conocimientos en el órden de la Naturaleza; lazo que ata y reúne el rico haz de hechos y detalles arrancados de la misteriosa ley donde se contiene la causa y razón de cuanto existe, y á cuya investigación se dirigen todos los esfuerzos de la ciencia; ley sublime de armonía, en la que todo cabe y por la cual todo se sostiene; principio que los métodos experimentales entrevén á través de la abrumadora lógica de los



hechos, y que el cálculo adivina entre las bellezas de sus procedimientos racionales; síntesis completísima y fórmula cabal de todas las leyes experimentales y de todas las ecuaciones determinadas por el análisis, como expresión de los fenómenos; teoría perfecta en la que se halla la razón nouménica de la evolución de la actividad, que comprende cuanto existe, que abraza la naturaleza y el espíritu, que desde el estudio de los movimientos generales de la energía sigue toda su evolución, señalando las infinitas transformaciones de aquella actividad, que son como sus crisis: el instante en que produjo la sustancia orgánica, el momento mismo del origen de la primitiva célula del primer organismo, el desarrollo evolutivo de los seres, cuándo se marcaron sus diferencias y de qué dependen, el período preciso en que el movimiento se convierte en sensación, y las misteriosas evoluciones que ésta sufre para llegar á ser pensamiento é inteligencia, manifestaciones las más sublimes de la actividad, que mudándose y transformándose sin cesar, se conserva siempre una, indestructible y eterna.

No seré yo quien, en este momento al ménos, siga las fases de esa idea y de ese concepto eminentemente artístico; problemas comprende interesantes, que no sólo caben dentro de la cien-

cia natural pura, sino que, elevándose á regiones muy superiores, tocan á las altas cuestiones de la psicología, de la sociología y de la moral, á cuyas esferas es preciso llevar la investigación positiva, fundando el conocimiento en el hecho, á fin de llegar á la determinación mecánica de los actos del espíritu, de los fenómenos sociales y de los hechos morales, estableciendo sus leyes, sus principios y sus fórmulas, que tal es la aspiración última, el ideal supremo de los métodos científicos modernos, del experimento aplicado á la investigación, del trabajo inductivo aplicado á la determinación del fenómeno.

---

Concepto provisional de la Radiofonía y caracteres  
generales de este fenómeno.

Reclama la aspiración constante y el deseo vehemente que el espíritu tiene de conocer las cosas, un primer concepto—siquiera haya de ser provisional—de lo que por Radiofonía se entiende y qué significado tiene tal palabra. Y es tanto más legítima esta exigencia, en el caso presente, cuanto se trata de cuestión novísima, apenas desflorada por algunos experimentos, y perfectamente intacta en lo que á estudios de inducción y razonamiento se refiere.

No por ser, en el momento en que esto escribo, la novedad de la ciencia, es materia difícil de

entender la materia de que aquí queremos tratar, ni aún creo que á nadie podrá parecer cosa oscura y complicada la Radiofonía, sino asunto clarísimo y atractivo, siquiera por significar sonido de radiaciones, es decir, conversión de calor ó luz radiante en nota musical, en sonido perfecto que puede servir de medida—segun se verá más tarde—á la misma radiación que lo produce.

Fáciles son de establecer los elementos del fenómeno radiofónico.

Considérese, en primero y principalísimo término, lo que es y significa la radiación; analícese su manera de propagarse y los efectos que en los cuerpos produce; piénsese despues en su interrupción momentánea y rapidísima, al incidir sobre un cuerpo sólido, tallado en forma de delgada lámina, ó sobre un cuerpo gaseoso: el efecto producido en este caso es el sonido característico que constituye el primer fenómeno de la Radiofonía.

De manera que los elementos del fenómeno que consideramos se reducen á un foco de radiaciones, un interruptor de ellas, y otro cuerpo, susceptible de vibrar, que recibe la radiación interrumpida.

Conviene fijar con claridad estos términos.

Es la radiación movimiento que se propaga y

proviene de transformación de energía sensible, en movimiento vibratorio. Suponed que á un cuerpo se comunica cantidad considerable de energía; los elementos de aquél, la energía que lo constituye vibrará, convirtiéndose en oscilación la fuerza viva comunicada, y esta vibración no quedará en el cuerpo ni se convertirá en energía potencial toda entera, sino que se propagará á todas partes alrededor del cuerpo constituyendo radiaciones. El efecto de la conversión de fuerza viva en movimiento vibratorio es la producción de luz y calor—vibraciones sutilísimas de la energía del Universo;—por eso, cuando el cuerpo vibra de este modo, cuando aquel centro de fuerza con tal rapidez oscila, se produce el fenómeno térmico y el fenómeno luminoso, y acaso el fenómeno eléctrico; manifestaciones de energía, movimientos que caen bajo el dominio del sentido, y forman el especial estudio de la Física.

Como la flor, que elabora en sus órganos los jugos perfumados, los esparce en torno suyo, así los cuerpos que reciben cierta cantidad de fuerza viva la elaboran—si así vale decir—convirtiéndola en movimiento vibratorio, que esparcen fuera de sí cual perfume térmico ó luminoso, como se esparce la música divina de la Naturaleza entera. Signo de la vida de la flor es su aroma; señal de

la vida en el hombre son esas complicadas funciones que la energía absorbida en los alimentos causa; signo y señal también de las vibraciones térmicas y luminosas es la radiación.

Pudiera decirse que así como hay en el hombre esa tendencia á conocer y comprender la Naturaleza, sintiendo deseo de comunicarse con ella, de una parte, y de otra, ánsia de desunirse de lo que de ella tiene y en él vive, para que el espíritu, desde las elevadas regiones del puro pensamiento, averigüe é indague la razón de su existencia; que así como todos los séres tienden sin cesar á la perfección y al cambio, los cuerpos todos también poseen esa aptitud de comunicar sus movimientos, y por eso en ellos se determinan radiaciones de la energía, signo de su vibración, prueba irrecusable de la propagación eterna del movimiento y de la tendencia á la transformación y al cambio, que son precisamente los caracteres de la vida general de los séres todos, considerados individualmente y en conjunto.

Como se ve, esta idea de dinamismo orgánico—que hoy pretente ser, con justos títulos para ello, última expresión de la ciencia—tiene apoyo muy firme en la radiación, por cuanto ella significa cambio y trasmisión de movimientos, signo exterior de una vida toda actividad, transformación

y trabajo, dentro de la unidad eterna de la energía del Cosmos.

Tenemos, pues, el elemento primero, la fuerza viva primordial, que ha de producir el fenómeno radiofónico, punto de partida de nuestros estudios.

Si esta radiación se interrumpe, si la onda que se trasmite sufre alguna perturbación en su marcha, todo el movimiento, por ley de solidaridad, responderá á esta interrupción. Supongamos un rayo de sol luminoso y caliente, uno de esos rayos que derraman vida sobre nuestro planeta; si en su trayecto colocamos un cuerpo sólido, tallado en forma de lámina delgada, este cuerpo absorberá parte del calor y de la luz del rayo, reflejando otra parte; mas si entre el sol y el cuerpo se coloca un disco cuya superficie se halle llena de agujeros, y se le hace girar con rapidez, entonces la radiación interrumpida, el rayo de sol extinguido muchas veces, en muy corto tiempo, causa en el cuerpo efecto análogo al que causa el arco al rozar la cuerda del violin, produce sonido; la radiación se convierte en oscilación menos rápida; la luz y el calor se trasforman en sonido, fenómeno ni previsto ni notado hasta la invención del fonógrafo, pero que cabe perfectamente dentro de la ley de transformación de energías y trabajos.

No importa la manera como se interrumpa la radiación: en este momento sólo debemos atender al efecto producido, únicamente debemos fijarnos en el hecho principal, en el sonido en que la radiación se convierte.

Y este efecto es tanto más notable, cuanto que difiere el sonido de todos los sonidos, de todas las vibraciones de las placas, de los movimientos que la acústica había considerado hasta el día. Parece como si la radiación tuviese especial aptitud para producir sonido característico, propio suyo, diferente de todos los demás, en cuanto no depende de la oscilación del cuerpo, sino del estado de su superficie; cosa que se comprende perfectamente si se tienen en cuenta las propiedades absorbentes y reflectoras de las superficies. Además, y esto ofrece mayor curiosidad todavía, únicamente los sólidos y los gases son capaces de producir sonidos característicos de la Radiofonía.

¿Cómo se verifica la conversión de las radiaciones en sonidos? ¿Por qué mecanismo especial, y en virtud de qué causas, los sonidos radiofónicos son distintos de los demás sonidos, al menos en el modo de efectuarse la vibración?

¿Por qué el fenómeno de la Radiofonía se presenta únicamente en los sólidos y en los gases,



y de ninguna manera en los líquidos? ¿Cómo influye la constitución de aquellos cuerpos para que tal fenómeno tenga lugar?

Hé aquí las cuestiones que dentro de los hechos estudiados habremos de tratar; éstos son, pues, los problemas que servirán de base á nuestras inducciones sobre el novísimo asunto que tanto interés despierta, y que por su trascendencia merece preferentemente nuestra atención.

Desde luego se comprende en qué estriba esta trascendencia. Siendo cuanto existe modificación de la energía y actividad de la Naturaleza, todos los movimientos se propagan en cierto modo por radiaciones, y como éstas á cada momento se interrumpen, podemos asegurar que todo suena, que un cántico magnífico y solemne se eleva á cada instante de la vida del mundo. Las armonías de la Naturaleza no son frase poética, son realidad que comenzamos á percibir en el fenómeno radiofónico, y que más claramente y en mayor escala percibiremos cuando los medios de experimentación perfeccionen más nuestros sentidos.

Una música sublime se eleva sin cesar de los cielos y de la tierra: yo conozco, como el poeta, algunas de las notas de ese himno gigante y extraño, y el presente trabajo es la revelación

---

de esas notas, de esas armonías, de esos acordes; es fruto de estudios sobre el interesante asunto de las armonías de la Naturaleza, producto del pensamiento de quien de ella ha hecho su fé, su ideal y su vida.

---

# PRECEDENTES



Idea general del mecanismo de los cambios de energía.

Todas las tendencias del moderno método experimental, tratándose de los hechos naturales, convergen á determinar trasformaciones de movimiento, que demuestren y confirmen la gran ley de unidad dinámica del Universo. De aquí se deduce que en la actualidad, todo trabajo de conocimiento de los fenómenos naturales tiende necesariamente á unir y enlazar la infinita variedad de los hechos en la ley de unidad, que rige y preside á las investigaciones y estudios de las manifestaciones de los séres.

Fruto y producto de esto son todos los descu-

brimientos modernos; en ellos con especial cuidado se procura averiguar cuáles son los movimientos que se trasforman y en qué se convierten, qué energía se invierte en la trasformación y qué trabajo produce esta energía, para llegar, por medio de inducciones lógicamente establecidas, á colocar el fenómeno que se observa dentro de la ley mecánica que á todos los demás comprende, ley mecánica que se impone con la irresistible fuerza de los hechos, y que es expresión final que sintetiza el pensamiento científico de nuestro tiempo.

Por esto el fenómeno natural, considerado como movimiento, producto de trasformación de energía, se determina realmente por la diferencia de dos estados de fuerza, que la exigencia del estudio hace considerar como límites. Considérase, en primer término, un estado inicial—llamado así por tomarse como punto de partida—que se mide por procedimiento mecánico, cuya medida da el primer estado de fuerza; en segundo término,—y despues de haber notado las diferentes fases por que ha pasado el movimiento primitivo que consideramos,—se tiene en cuenta el estado llamado final, que marca para nosotros el término del fenómeno; la diferencia de las dos medidas representa exactamente la cantidad de

trabajo desarrollado en la transformación de energía.

De esta manera, el fenómeno natural se determina por tres órdenes de medidas:

Estado inicial, que corresponde al primer punto que se toma por origen ó punto de partida de la acción dinámica.

Trabajo de transformación, que es el mecanismo del fenómeno.

Estado final, que representa la resultante de la conversión de la acción dinámica primitiva.

Mas, si bien se considera este modo de ver el fenómeno natural, ha de notarse que en el estado final podrá haber ó no haber aumento de energía, es decir, que el trabajo de transformación podrá efectuarse con ó sin absorción de fuerza. Requiere esto brevísima aclaración.

A mi ver, según el principio de Carnot, en un movimiento, en cualquier estado de fuerza que consideremos, hay parte de energía en estado de potencialidad: en todo fenómeno se conserva siempre cierta energía latente que, como el llamado calor de estado, sostiene la manifestación natural en ese punto que juzgamos estático. Unas veces, al transformarse el movimiento, se hace á expensas de esta potencial, y entónces el estado final se representa por cantidad menor, y otras se efectúa absorbiendo energías exteriores, apro-

piándoselas, por decirlo así, y en este caso la cantidad que representa el estado final es necesariamente mayor que la del inicial.

Paréceme que esto puede dar razón de que muchas veces el movimiento sensible por aumento de fuerza viva se trasforma en vibración, y otras, por desprendimiento, absorción ó pérdida de la misma fuerza viva, el movimiento ondulatorio se convierte en energía sensible. Sirva como ejemplo para demostrar esta doctrina el efecto general que se sigue de la integración y desintegración de fuerza.

Supone lo primero aumento de propiedades, carencia de formas y aptitud especial para convertir energía sensible en movimiento vibratorio; de aquí que los aumentos é integraciones de fuerza viva se manifiesten en fenómenos de calor, luz y electricidad.

Equivale desintegrar fuerza á desprender de los cuerpos sus propiedades, determinando sus formas y convirtiendo los movimientos vibratorios en manifestaciones de la energía llamada sensible; así las desintegraciones de fuerza—que siempre se efectúan por virtud de comunicaciones fuera del centro que se considera, ó por gasto ocasionado por trabajo—se hacen notar por la carencia de manifestaciones térmicas, luminosas ó eléctricas.



cas, es decir, por falta de movimientos vibratorios de gran rapidez.

Síguese de esto la razón más fundamental y precisa del dinamismo orgánico,—última expresión de la teoría dinámica de la Naturaleza,—que extendiendo la noción de vida á cuanto de alguna manera significa cambio de energía y transformación de fuerzas y trabajos, coloca al Universo entero dentro de la categoría de los séres.

Y si bien se considera, no puede ser de otro modo. La totalidad de las cosas, ese todo formado por su conjunto, es, dado el carácter de transformación incesante de la energía, cambio continuo, labor incesante de integración y desintegración; en él hay materiales que se forman, séres que se destruyen, unos que comienzan, otros ya acabados; pero en ley íntima enlazados, como se enlazan la vida y la muerte. Además, permaneciendo constante la cantidad de energía, lo que en un movimiento se desintegra, sirve para integrar en otro, y con la misma cantidad de fuerza, dotada de esta propiedad de cambio continuo y perenne, todo vive y muere dentro de la transformación incesante.

Como á las máquinas sirve de alimento el carbón, que encierra y contiene la energía que en aquéllas se utiliza, así otras energías, otras fuer-

zas, almacenadas por modos muy diversos, sirven para nutrir y alimentar y dar vida á todos los séres, partes de esta gran máquina del mundo que consume y utiliza toda la energía que ella misma, por virtud de su propia actividad, ha elaborado.

Justifica esta noción orgánica del dinamismo la tendencia de la ciencia natural en nuestros días, su deseo de unir y enlazar lo que es tan vario y distinto como el fenómeno en ley única y universal, refiriéndolo todo á ella, como los diversos trabajos de una máquina se refieren á la cantidad de energía producida por la combustión del carbón, y la apoya también la idea de considerar á la evolución total de la energía como reproducida en cada movimiento y en cada fenómeno, por donde la Naturaleza entera, su funcionalismo general, se ve como repetido en cada una de las partes que lo componen, de igual modo que en cada órgano y en cada parte del sér se ve, en serie más pequeña, aquella vida total producida por el conjunto de todas sus funciones.

---

Clasificación del fenómeno radiofónico. — Sonidos  
y radiaciones. — Fundamentos del fonógrafo.

De las ideas apuntadas síguese que las transformaciones de movimiento que estudiamos pueden considerarse clasificadas en dos órdenes distintos, segun se verifiquen con ó sin absorción de energía; de donde resulta que hay fenómenos en los cuales, por aumento de aquélla, se producen movimientos vibratorios, y otros en los que, por disminución de esta fuerza viva ó por su conversión en trabajo, el movimiento vibratorio se transforma en potencial y energía sensible, ó sin perder su carácter de vibración, se hace de más corto período, como si causa retardatriz ac-

tuase sobre él, haciéndole cambiar de velocidad.

A esta segunda categoría pertenecen los fenómenos radiofónicos, que tienen por precedentes, según se ha dicho, los estudios del fotófono.

Para comprender cómo en ambos casos el sonido depende y es causado por disminución de velocidad del movimiento vibratorio que produce la luz, se hace necesario examinar con algún detenimiento los estudios y trabajos de Graham Bell y el mecanismo del fotófono, pues ellos han de llevarnos á aquel primer principio que es necesario para resolver los problemas que han de proponerse más adelante.

Significa el efecto producido por el fotófono conversión de luz en sonido, lo que equivale á decir transformación de movimiento vibratorio en otro que se efectúa con ménos velocidad. Dando por supuesto un rayo de luz, que es movimiento que se propaga, necesitase para trasformarlo disponer medio de retardar su movimiento ó invertir en un trabajo cualquiera parte de su energía: en este medio, en el mecanismo especial que causa la variación de movimiento, se distinguen esencialmente el fotófono y la Radiofonía. En el caso primero,—tratándose del aparato de Bell, nombrado fotófono articulante,—la energía vibratoria del rayo de luz se convierte necesaria-

mente en trabajo, porque trabajo representa dotar á un cuerpo, tal como el selenio, de propiedad de conducir la electricidad. En el segundo caso, no tratándose de producción de sonido por modificación de resistencias al paso de la corriente eléctrica, sino de conversión directa de radiación en sonido, el trabajo que aquella vibración produce no se nota, no se ve; pero el medio de transformación varía completamente y'es más general; por eso la Radiofonía es hecho comun á todos los cuerpos, propiedad que todos poseen, y los efectos del fotófono significan únicamente caso particular, propiedad especial de determinado cuerpo, que disfruta solamente cuando se le coloca en condiciones dadas; mas como lo particular, lo especial y singular de un cuerpo es lo que más salta á la vista y más pronto se nota, de aquí que la especial propiedad del selenio se haya estudiado y determinado, con anterioridad á lo que constituye carácter general de los cuerpos todos en los estados sólido y gaseoso. Por estas razones, cuando se trata de estudiar los curiosos y novísimos fenómenos debidos á la producción de sonidos por medio de la luz, hay que distinguir dos cuestiones, que señalan perfectamente lo que pudiéramos llamar especialidad del cuerpo selenio y carácter general de todos los cuerpos; y nótese que

estas cuestiones se ofrecieron en el momento á la clarísima inteligencia de Graham Bell, y en ellas hizo estribar la diferencia que existe entre el fotófono llamado articulante y el fotófono dicho musical.

Refiérese la primera cuestión al caso concreto de la acción particular de la luz sobre el selenio, en virtud de cuya acción la conductibilidad eléctrica de este cuerpo experimenta rápidas y considerables variaciones, cuando se le somete alternativamente á la luz y á la oscuridad, ó solamente á variaciones de intensidad luminosa. Este hecho, conocido ya de algún tiempo, es el que Graham Bell utilizó para reproducir la voz, auxiliándose de una corriente eléctrica y del teléfono.

Comprende la segunda cuestión el principio de otro fotófono, y es el fundamento de la Radiofonía, por cuanto se refiere á determinar la acción general de la luz sobre todos los cuerpos, reducida á que todo rayo luminoso intermitente, actuando sobre un cuerpo sólido tallado en forma de lámina delgada, produce sonido, cuya intensidad depende del número de veces que el rayo luminoso se haya interrumpido en un segundo.

Al enunciar estas dos cuestiones, plantéase, en cierto modo, toda la génesis del asunto que nos ocupa, porque ellas comprenden el hecho

particular, que por serie de estudios y experimentos se generaliza, constituyendo una doctrina, una ley, una teoría. Y de tal modo es esto cierto, y de tal manera en las dos citadas cuestiones se comprende cuanto sobre los precedentes de la Radiofonía habremos de decir, que ellas señalan el método que debemos adoptar, pasando de lo que es particular á lo general, según exigen las condiciones del sistema que en la exposición nos hemos propuesto.

Conviene primeramente determinar con claridad la propiedad del selenio antes indicada.

Es la característica de este cuerpo—que se encuentra unido al azufre en algunas piritas de hierro, de donde suele extraerse, y se presenta como polvo rojo ó en masas de color pardo, frágil, combustible y revelando al fundirse las mismas particularidades del azufre—ofrecer grán resistencia al paso de la electricidad, resistencia que se aminora y debilita por la acción de la luz. Y es de observar que el selenio no conduce la electricidad sino á condición de haber sido fundido, propiedad que le distingue de su hermano gemelo el *teluro*, y que confirma las novísimas ideas respecto de la isomería; pues que, según ellas, la acción del calor deja especie de huella, que es quien hace aparecer con propiedades distintas á cuerpos que

tienen la misma composición química. También merece notarse, aparte de la indicada singularidad, una acción extraña é imprevista de la luz sobre esta potencia conductora de la electricidad, acción que consiste en que el selenio es mejor conductor y ofrece ménos resistencia al paso de corrientes eléctricas cuando se expone á la luz que en las tinieblas. Si enlazamos estas dos observaciones, llegaremos á convenir en que el calor, modificando alotrópicamente al selenio, le comunica el carácter de ofrecer poca resistencia á la electricidad y ser buen conductor, y que la luz, actuando sobre el selenio así modificado, acrecenta más y más esta propiedad conductora.

Puede deducirse de aquí la medida de la conductibilidad eléctrica del selenio con relación á la cantidad de luz que recibe y á su temperatura: fácil es darse cuenta de la posibilidad de esta medida.

Segun la acción del calor ya advertida, la resistencia del selenio es función de la temperatura, pero tambien lo es, en cierto modo, de la cantidad de luz que el cuerpo recibe. Si al efecto del calor se une la acción de la luz, si á la energía, á la fuerza que por influencia térmica habia recibido el selenio, se añade y enlaza, con íntima solidaridad, la nueva influencia de la luz, es evidente



que la variación de resistencia del selenio ha de ser función de la luz que recibe. Tenemos, en último resultado, dos movimientos que concurren á producir un solo efecto: de una parte el calor, modificando por la fusión la estructura interna del selenio, le da signo especial, semejante á huella que la acción térmica en él dejó impresa, como si fuese necesaria señal exterior que revelase la presencia de mayor cantidad de energía; de otra la luz, que actuando sobre el selenio así modificado, colaborando con el carácter impreso por acción del calor, aumenta la facilidad del paso de las corrientes eléctricas, disminuyendo aún la resistencia que el selenio ofrece.

Y aquí vemos en juego, para determinada manifestación de la actividad en un solo cuerpo, las tres grandes modificaciones de movimiento calor, luz y electricidad.

Calor, energía térmica, que modificando la estructura interna del selenio, le comunica carácter especial, revelador del trabajo de esa energía.

Luz, que uniendo su efecto al efecto térmico, aumenta su trabajo, hace mayor y de más entidad aquel carácter, nueva propiedad dependiente del estado que produjo el calor.

Electricidad, movimiento que antes no se propagaba á través del cuerpo, que era inepto para

vibrar al unísono con la manifestación eléctrica, que no se prestaba á transmitir en forma de electricidad lo que hasta él en tal forma llegaba, y que ahora lo trasmite y propaga vibrando á su unísono, por virtud de la acción térmica, que le imprimió este carácter, y por la acción de la luz, que lo hizo más sensible.

-Al modo que una ola impulsa á otra ola, así parece que actúa la luz sobre el selenio fundido, impulsando la acción y el movimiento causado por el calor; mas esto no quiere decir que la luz por sí sola carezca de influencia sobre el cuerpo de que se trata, como la ola que á otra impulsa tiene por sí misma energía bastante para levantar montaña de agua que se recoge un momento como enredada melena y se rompe contra la arena, produciendo seco golpe y deshaciéndose en gotas, espuma y polvo de agua. Y tanta influencia tiene la luz sobre el selenio, que ella sola produce iguales efectos que el calor, á saber: como el calor, la luz modifica la resistencia del selenio; de donde se infiere que si en un circuito de que forma parte el selenio se instala un galvanómetro, no acusará este aparato paso de corriente alguna, porque en el selenio se detiene, á ménos que actúe sobre este cuerpo un rayo de luz; de donde resulta que la energía luminosa—desprovista de

todo calor por su paso á través de agua líquida—es bastante para abrir ó cerrar el circuito en que se haya colocado selenio.

Es de notar que no todos los colores tienen igual influencia sobre el selenio, y es también muy de advertir que la acción de los colores guarda relación con su *fuerza viva*, esto es, con su poder para efectuar determinadas acciones; así se explica que la porción *ultra-violeta*—parte más fría del espectro—produzca actuando sobre el selenio, desviación galvanométrica de  $139^{\circ}$ , y la *ultra-roja*—parte más caliente—cause desviación de  $180^{\circ}$ ; lo cual indica, confirmando nuestras opiniones, que la acción de los distintos colores depende y es proporcional á la temperatura de los mismos.

---



Mecanismo de la producción de sonidos por radiaciones intermitentes.—Primer principio de la Radiofonía.

De lo dicho se infiere que puede referirse el caso de la influencia de la luz sobre el selenio al de movimiento retardado por este cuerpo, que sólo permite su paso cuando fuerza exterior, uniendo su acción á la del movimiento mismo, produce en aquel cuerpo trabajo capaz de modificar sus condiciones de resistencia.

Aquí el movimiento que encuentra obstáculo es la corriente eléctrica, y sólo á condición de que la luz y el calor—dos movimientos vibratorios—produzcan trabajo en el selenio, puede éste ser conductor de la electricidad, desapareciendo, por

el momento al ménos, la propiedad particular que el selenio ofrecia. Por eso, en realidad, el fenómeno que examinamos no es otra cosa que aumento de energía ó aptitud dada á un cuerpo, por virtud de acciones de movimientos vibratorios, por cuya energía adquiere nueva propiedad y especial condición para conducir otro movimiento; de manera que, segun esto, el selenio no hace más que trasformar y convertir las acciones térmicas y luminosas en capacidad para conducir la electricidad, en propiedad de transmitir la corriente, para lo cual tiene que haber adquirido nuevo movimiento, otra forma especial de vibración que antes no tenia, ni podia por sí adquirir.

Justamente la acción de la luz sobre el selenio, la influencia de las ondas luminosas sobre la capacidad conductora de este cuerpo, es fundamento del fotófono.

Graham Bell, el insigne inventor del teléfono, pretendiendo suprimir los conductores metálicos para las comunicaciones á distancia con este aparato, construyó el fotófono, teléfono cuyo conductor es la luz, que lleva el sonido de una estación á otra. Para entenderlo bien, supongamos que en el circuito del teléfono común se coloca una lámina de selenio, atravesada continuamente por corriente eléctrica; á esta lámina se dirige un

---

rayo de luz interrumpido muchas veces. Es claro que cada vez que la luz se interrumpa, la resistencia eléctrica del selenio experimentará modificación, y por consiguiente, la corriente se interrumpirá tantas veces cuantas el rayo de luz se interrumpa; mas como cada variación de ésta se acusa por vibración de la placa ó lámina del teléfono y sonido, resulta que las alteraciones de la luz que incide sobre la placa de selenio se acusarán también por sonidos. Interrumpiendo, por ejemplo, 435 veces en un segundo el rayo luminoso, otras tantas variaciones experimentará la intensidad de la corriente, en el mismo espacio de tiempo, y otras tantas veces será repelida la placa del teléfono, que en este caso sonará produciendo la nota LA fundamental, á cuyo sonido corresponden precisamente las 435 vibraciones. Aclaremos más este principio.

Considerando la corriente eléctrica como verdadero transporte de energía que circula por el conductor,—semejante al cauce de un río,—ejerce el selenio función parecida á la de obstáculo ó dique que el libre curso de las aguas estorbase: la luz suprime un momento ese obstáculo al incidir sobre aquel cuerpo, y las cosas vuelven á su primitivo estado, y el dique de selenio impide el paso de la corriente, cuando la luz no actúa. De este

modo, sucediéndose sombra y luz, alternando brillante claridad y tinieblas para que la corriente no pase, explícense las repulsiones de la placa del teléfono. Semejante el selenio á placa fotográfica, le impresiona la luz, y esta impresión, la huella de la acción luminosa, se revela en el teléfono. En la fotografía, una placa sensible á la luz fija las imágenes; en el fotófono, un cuerpo también sensible á la luz fija los sonidos; y así como es preciso reactivo adecuado que atestigüe aquella acción de la luz, que se traduce en reproducción de imágenes, en el fotófono hace el teléfono oficio de testigo revelador de la impresión luminosa.

Requíerese, sin embargo, una condición. Trátándose del teléfono, la reproducción de sonidos exige, como circunstancia indispensable, que las corrientes eléctricas sean intermitentes; para esto, los sonidos que se articulan en el trasmisor engendran atracciones y repulsiones, en la placa telefónica, especie de oscilación eléctrica que en el receptor se manifiesta en palabras.

En el fotófono es preciso lo mismo, se necesita que los sonidos interrumpan el rayo de luz que ha de incidir sobre el selenio, y este *rayo de luz ondulatoria*—según le llama Graham Bell—es el que, actuando sobre aquel cuerpo, hace oscilar su resistencia al paso de la electricidad, comuni-



cando esta vibración á la corriente misma que la trasmite al teléfono, en cuyo aparato se producen los mismos sonidos que causaron la oscilación del rayo de luz.

Así estamos en el caso de un movimiento vibratorio—el sonido—que despues de experimentar larga serie de trasformaciones—muy comunes en los fenómenos naturales—vuelve á ser sonido, á virtud de mecanismo muy semejante al de los cambios de estado. Sábese cómo el calor convierete los sólidos en líquidos y éstos en gases: si midiésemos la cantidad de calor precisa para llevar un cuerpo del estado sólido al gaseoso, veríamos que es la misma que se desprende para convertirlo de gas en sólido, notando que la energía térmica, despues de haber ocasionado los trabajos precisos para tales trasformaciones, vuelve á ser calor.

No de otro modo hemos de considerar las metamorfosis de la vibración sonora en el fotófono: son únicamente diversas formas que toma la energía primitiva que en esta serie demuestra el encaadenamiento y enlace y solidaridad de las manifestaciones de la energía natural, como en serie infinita lo demuestra el inmenso mecanismo del Universo.

Véase, pues, de qué modo Graham Bell llegaba

á establecer aquel principio particular, que constituía propiedad al parecer exclusiva del selenio, segun antes se hizo notar. Y por cierto que es cosa curiosa é imprevista que el fundamento del fotófono constituya, en cierto modo, excepción de aquel otro principio general, que como término primero ó punto de partida habremos de tomar, y constituye el enunciado de la nueva propiedad descubierta en los cuerpos sólidos y gaseosos.

Otro hecho—que no pasó desapercibido para el inventor del fotófono—se habia observado ya, y habíase pretendido utilizar en la construcción de otro fotófono. Este hecho es el fundamento de la Radiofonía, y se reduce á lo siguiente: imaginad un rayo de luz que, reflejado en un espejo, es concentrado por una lente sobre un disco que puede girar é interrumpir el rayo luminoso, gracias á los agujeros que lleva en su circunferencia; si este rayo de luz así interrumpido se hace incidir sobre un tubo que lleve dos lentes destinadas á concentrarlo, y á este tubo se adapta otro á cuya extremidad se aplica el oído, percíbese siempre una nota musical cuya altura depende de la velocidad con que gira el disco interruptor. No hay en este fotófono—que se llama musical para diferenciarle del en que se emplea el selenio, que se nombra articulante—ni selenio, ni corriente eléc-

trica: todo su mecanismo se reduce á interrumpir ó hacer intermitente una radiación luminosa, ó lo que es igual, á disminuir la velocidad del movimiento vibratorio luz, para convertirlo en sonido.

Podemos establecer muy bien una série de comparaciones entre ambos aparatos, y marcar en ellas que significan los mecanismos del fotófono articulante y del fotófono musical.

Ya se dijo que la propiedad del selenio, utilizada por Graham Bell, no es otra cosa que alteración de la conductibilidad ó resistencia eléctrica de aquel cuerpo por acción luminosa ó térmica. Segun esto, en el fotófono de selenio la radiación no se trasforma directamente en sonido, ni áun ella es causa de que el cuerpo vibre y por su oscilación lo ocasione; su acción, su efecto, se reduce simplemente á modificar la resistencia del selenio, dotando á este cuerpo, mientras actúa sobre él, de propiedad especial y característica que antes no poseia; consecuencia de esto es la ondulación de la corriente, que el teléfono traduce por sonido.

Demuéstrase lo que aquí decimos por el hecho de no producirse sonido sino á condición de emplear el teléfono; porque la placa de selenio por sí sola, áun atravesada por corriente eléctrica y sometida

á la acción del rayo de luz ondulatoria, no convierte la radiación en sonido. Y además, si en lugar del teléfono se instala en el circuito un galvanómetro, los efectos de variación de la corriente que aquél acusaba como sonidos, los marcará éste en desviaciones de la aguja más ó ménos grandes, según la intensidad de la corriente que se interrumpe.

Por donde se ve que realmente, si puede decirse que hay trasformación de movimiento vibratorio luz ó calor en sonido, no es como efecto inmediato, sino por virtud de trabajo de la radiación intermitente sobre el selenio, al cual comunica la fuerza viva capaz de volverlo apto para conducir electricidad; razón por la cual se dijo antes que el selenio constituía en realidad excepción del primer principio de la Radiofonía, que señala la propiedad general de los cuerpos de que se habló ya, y que constituye el principal objeto de este trabajo.

Por el contrario, en el fotófono llamado musical, la radiación, por el solo hecho de ser intermitente, se convierte en otro movimiento, da origen á variaciones tales en el cuerpo sobre que incide, que éste vibra produciendo sonido. En este caso, la trasformación no precisa intermedio de corriente eléctrica, ni há menester del teléfono para revelarse.

Exige el mecanismo del fotófono articulante série de trasformaciones de la radiación para producir sonidos; puesto que ella, despues de hacerse intermitente, ha de ir á modificar el selenio por virtud de un trabajo, y de esta modificación ha de tomar origen la intermitencia de la corriente que el teléfono hará percibir como sonido.

Pide tan sólo el mecanismo del fotófono musical intermitencia de la radiación; basta interrumpirla muchas veces, en breve espacio de tiempo, para que la velocidad del movimiento vibratorio se amengüe, y lo que antes se percibia como calor ó luz, se perciba como sonido.

En el primer caso, puede decirse que es el sonido efecto de un trabajo ejercido por la radiación, el trabajo de hacer conductor de la electricidad al selenio. En el segundo, parece que es la radiación misma quien suena, porque el trabajo y la trasformación—por ser más breves—no se perciben. Sobre su existencia, en uno y otro caso, es inútil decir una palabra; ambos representan cambios de energía, y no hay cambio alguno que no se verifique sin trabajo.

Son estas diferencias causa bastante para determinar y establecer los principios ó leyes que sintetizan y contienen todos los estudios referentes

á estas cuestiones, uno de los cuales es base ó punto de partida del presente trabajo.

Llevar los fenómenos observados y estudiados en el fotófono á estas dos conclusiones, que abrazan cuanto hasta aquí va dicho:

a) Existe efecto particular de la luz sobre el selenio, en virtud de cuyo efecto la conductibilidad eléctrica de aquel cuerpo varía rápidamente en cantidad considerable, cuando se le somete á alternativas de luz y oscuridad ó á variaciones de intensidad luminosa.

b) Siempre que un rayo de luz se hace intermitente haciéndole pasar, por ejemplo, por aberturas practicadas en el borde de un disco que gira con rapidez, si se hace incidir sobre una lámina delgada de cualquiera sustancia ó sobre un gas, la lámina y el gas producen sonido, cuyo número de vibraciones es igual al de interrupciones del rayo luminoso en un segundo.

Es la última conclusión el primer principio que convenia á mi propósito señalar como base de los fenómenos radiofónicos, en los cuales no ha de verse sino novísima trasformación de energía, que añade otro término á la série, otro hecho á la evolución de la Naturaleza, señalando propiedad

nueva y general de los cuerpos, de la cual forma excepción el selenio nada más; puesto que sólo tratándose de él hay que emplear corrientes eléctricas para transformar las radiaciones en sonidos, para hacer de los colores—notas de luz—sonidos y notas musicales.

---





HECHOS

HECHOS

### Génesis del movimiento vibratorio.

Cuando se examina, á la luz de severa crítica, este movimiento científico actual en lo que respecta á investigación de los hechos, puede notarse, aparte de la delicadeza de procedimientos experimentales y exactitud de medidas, tendencia marcada—y muy especialmente—á determinar hechos dentro de la forma especial de la energía dicha vibración ó movimiento vibratorio.

Razones hay para ello muy fundadas. Cosa es la energía sensible que se vé y se toca, cuyas variaciones se perciben y miden sin gran trabajo; mas cuando ella se convierte en movimiento vi-

bratorio, parece como si se anulara y desapareciera totalmente, convirtiéndose sus diversas formas y sus distintos modos de presentarse, en sola una forma, que siempre de igual modo se ofrece; por esto mismo, por la especial manera como se convierte el movimiento sensible en otro movimiento, si más rápido ménos perceptible, que de continuo afecta la forma ondulatoria, inquiere con gran cuidado el mecanismo de tal transformación, quíere determinar sus leyes y enlazar por relaciones íntimas, perfectamente conocidas, la acción mecánica más violenta y el imperceptible ondular que produce los colores, la vibración sensible que causa las notas musicales, y la sutilísima é impalpable ondulación que produce las magníficas notas del pentágama de la luz.

De aquí la tendencia de los trabajos científicos á la determinación de la unidad de medida de estas trasformaciones, determinación hecha en algunos casos, en virtud de la cual puede apreciarse, en unidades dinámicas, el trabajo invertido en la conversión de energía sensible en movimiento vibratorio.

Distingue muy especialmente la variación de formas á los diversos estados que la energía sensible presenta, y esta manera particular de verificarse la evolución dentro de tal estado corres-

ponde á suerte de diferenciación, en cuya virtud se marcan caracteres muy distintos en cada fase que la evolución de la energía sensible ofrece, de igual modo que en los séres la diferenciación marca los caracteres propios que pudiéramos llamar individuales. Según esto, el mecanismo de las trasformaciones de energía no debe ser para el científico otra cosa que labor incesante y trabajo perenne de desintegración é integración; de desintegración en cuanto de la forma potencial, por limitaciones y condensaciones, se pasa al movimiento vibratorio y á la energía sensible; de integración en cuanto de las varias formas del movimiento sensible se pasa, por absorción de energía, á la vibración y al estado de potencialidad.

Si atendemos un momento al fenómeno de observación más común, el cambio de estado, se verá en él confirmada la opinión emitida. El cambio de estado no es sólo variación de forma dentro de determinado ciclo de metamorfosis, sino término de evolución que tiene su origen en trabajo de la energía, en absorción ó desprendimiento de fuerza que ocasiona el trabajo de la trasformación; y los cambios de estado—cualquiera que sea el orden que se considere—sólo se traducen, en la energía dicha sensible, por

variación de forma, que dentro del movimiento vibratorio toman origen en aumento ó disminución de la rapidez y dirección de la onda; mas nunca el movimiento pierde su carácter de vibración, á no ser que el cambio se haga en el ciclo de metamorfosis correspondientes al estado potencial; pero en tal caso varían completamente las condiciones del fenómeno. De esto se deduce que dentro de cada ciclo de metamorfosis hay que considerar trasformaciones de energía de dos órdenes muy distintos: refiérense unas á los fenómenos que están dentro de la forma de energía que se considera, y otras á fenómenos que demuestran trasformación ó cambio de una forma de energía en otra que á distinta categoría corresponde; á la primera especie pertenecen los hechos que han de ser objeto del estudio presente.

En este punto es preciso una aclaración.

Al dividir la evolución total de la energía en tres grandes ciclos, que comprenden las formas potencial, vibratoria y sensible, no se pretende que cada una constituya série aislada de fenómenos en los cuales ella sola intervenga. En todos los fenómenos naturales las tres formas están presentes, porque en realidad el fenómeno es producto de su recíproca y simultánea trasformación; mas en lo que á nuestros sentidos afecta,

una de las formas da el tono, y como domina en cada fenómeno ó serie de fenómenos que se considera; por eso, al tratar de cambios de sólidos en líquidos y gases, ó viceversa, se atiende á la energía sensible, y al estudiar variaciones de calor en luz, electricidad y sonido, se tiene en cuenta sólo la energía vibratoria, pues á ella tales fenómenos se atribuyen.

Por lo dicho se comprende que, dentro de cada forma especial de la energía, la evolución y el fenómeno se cumplen por aumentos ó pérdidas que causan aceleración ó disminución de movimiento, estados distintos de fuerza que por diferentes cantidades apreciamos; de aquí que el mecanismo general de las transformaciones de energía pueda distinguirse por aumento de velocidad, es decir, integración, que lleva siempre á aumento de propiedades, ó por disminución de velocidad, y en este hecho se ve como consecuencia la diferenciación y determinación de formas: para el primer caso puede servir como ejemplo la transformación de los sólidos en líquidos y gases, y el fenómeno inverso para el segundo.

Considerando únicamente la energía vibratoria, esa forma de movimiento, cuyo estudio se completa cada día con el descubrimiento y determinación de nuevos fenómenos, se explican perfec-

tamente los hechos generales, sin más que acudir al procedimiento indicado y admitir que todos los cambios y fenómenos proceden del trabajo continuo antes señalado; así que unas veces esa energía agitaráse, produciendo corriente eléctrica, y otras, vibrando con ménos rapidez, producirá sonido; en algunas ocasiones la velocidad de la onda luminosa disminuirá, y si antes ofrecia el fenómeno del color violado, presentará matiz rojo ó amarillo. La energía, como el mar, siempre se agita; los fenómenos proceden de la rapidez y caracteres de las olas, que si unas veces se rizan, produciendo notas musicales, otras se encrespan, causando las más violentas manifestaciones de la electricidad.

Tambien esta consideración explica y da cuenta de la producción de fenómenos que corresponden á vibraciones especiales, por otras más rápidas é imperceptibles, dentro de cuyos hechos se comprende la Radiofonía.

Basta para ello considerar la radiación, que bajo forma de onda rapidísima se propaga en todos sentidos, y suponer que parte de su energía se invierte en trabajo de cualquier especie; si este trabajo no es bastante para trasformar ó convertir el movimiento vibratorio en energía sensible, la energía que queda, despues de la invertida en



---

el trabajo dicho, necesariamente ha de conservar la forma vibratoria; mas como ella no puede manifestarse como antes del trabajo, porque la rapidez de la oscilación ha disminuido, necesariamente dará origen á movimiento que corresponda á la rapidez ó velocidad de la vibración.

Por eso, si consideramos que al interrumpir una radiación cualquiera disminuimos en realidad su velocidad, trasformando parte de su energía, se explica perfectamente la producción de sonido por la menor rapidez del movimiento vibratorio.

Hay además otra consideración no ménos importante, y se refiere á las analogías del sonido y la radiación.

Aparte del carácter de vibración, común á los dos movimientos, pueden señalarse analogías y semejanzas en lo que á su propagación y acciones sobre los cuerpos se refiere. Como movimiento que se propaga, la radiación, al hallar obstáculo ó resistencia, pugna por vencerla, anulando, para conseguir este resultado, parte de su energía vibratoria: así que los cuerpos absorben y anulan cierta parte de las radiaciones, rechazando ó reflejando otra. Tal pasa con el sonido; tratándose singularmente de cuerpos sólidos, el sonido como la radiación se absorbe y propaga por el cuerpo que lo absorbió, reflejándose parte

si el cuerpo es opaco para el sonido, ó pasando á través de él si es trasparente para tal vibración.

Mas la analogía que enlaza perfectamente estas dos manifestaciones de la energía vibratoria, la relación que más aproxima el sonido y la radiación, es sin duda el fenómeno que se produce siempre que la radiación incide, de modo intermitente, sobre los cuerpos; en este caso, como las absorciones se verifican con intervalos, los cuerpos tienen que emitir la radiación absorbida, y sobreviniendo, por tanto, elevación de temperatura y enfriamiento en muy corto período, prodúcese sonido.

Y, si elevándonos á hechos de mayor importancia y trascendencia, quiere verse con mayor claridad la semejanza, no hay más que fijarse en lo que son y significan el rayo de luz y la cuerda que vibra.

Representando el rayo luminoso por una línea de fuerza, habrá que admitir que toda vibración ó conmoción que experimente ha de ser necesariamente perpendicular á esta línea. De igual modo, las vibraciones de una cuerda son perpendiculares á la posición que tenia antes de vibrar.

Producen las conmociones luminosas colores, notas de luz, que están como encerradas y conte-

---

nidas en el rayo de luz blanca. La cuerda tendida encierra todas las notas; no hay más que hacerla vibrar de un modo ó de otro para que produzca los distintos sonidos de la gama musical, como la diferente vibración de la línea de fuerza que llamamos rayo de luz produce los colores, notas de otra gama, sonidos de otra escala.

Sonido y luz, nota musical y color, de iguales agitaciones proceden y la misma causa los produce; los dos son vibraciones, pero ni se equivalen ni se confunden.

---



## Producción del fenómeno radiofónico.

Determina en general producción de sonido toda perturbación ó cambio que trasforme energía sensible en movimiento vibratorio; mas si examinamos el mecanismo y caractéres que acompañan á la producción del fenómeno ó hecho fundamental de la Radiofonía, nótanse diferencias muy marcadas y particularidades tan notables que hacen admitir tal hecho como debido especialmente á causa retardatriz del movimiento vibratorio propagado en forma de radiación. Ligero examen crítico del fenómeno principal ya estudiado vendrá á demostrarlo con perfecta claridad.

Redúcese el hecho examinado á producir modificaciones en la condición de las radiaciones que inciden sobre una lámina delgada de un cuerpo sólido ó sobre un gas, y en este caso, por ley de solidaridad, han de modificarse necesariamente todas las propiedades y acciones que sobre el receptor tenga la radiación procedente de cualquier foco. De esta manera venimos á parar en que, si sencillo en apariencia el fenómeno objeto del presente estudio, no lo es cuando se examinan sus condiciones y elementos, pues en él se comprenden modificaciones de propiedades y relaciones muy dignas de estudio y atención; así que debe considerarse no sólo la alteración de la radiación, no únicamente la disminución de la velocidad de la vibración que se propaga—disminución que causa la transformación que se ha nombrado *rayo ondulatorio*—sino la acción del rayo interrumpido sobre la placa receptora; pues no ha de olvidarse que todos los cuerpos tienen propiedades especiales para absorber y emitir las radiaciones que sobre ellos inciden, poseyendo estas propiedades sujetas á la variación y cambio que á las radiaciones pueda acaecer. Y de tanta importancia es este hecho y tal es su trascendencia, que más de una vez las modificaciones debidas á radiaciones tuvieronse por acciones mecá-

nicas producidas por cambio de ciertas energías vibratorias en movimiento sensible.

Tal sucedió con el radiómetro de Crookes, aparato cuyo movimiento se ha creído causado por acción mecánica de la luz, cuando solamente se produce por variaciones de absorción y reflexión de energía radiante, causadas por el diverso color de las superficies sobre que inciden.

Se comprende muy bien que en el caso presente, tratándose realmente de conversión de movimiento vibratorio en otro de la misma forma, pero de menor velocidad, se inquiera hasta qué punto pueda ser solidaria de la intermitencia de la radiación la propiedad absorbente y reflectora de las sustancias que sirven como receptores, porque acaso investigando en este sentido pudieran determinarse relaciones especiales, que alguna luz arrojarían sobre aquellos problemas que es necesario resolver, y en los cuales la determinación precisa del fenómeno radiofónico se comprende. Por de pronto, debe apuntarse como dato muy importante, que ha de servir de punto de partida á interesantes inducciones, que la intermitencia de las radiaciones es causa de que el poder absorbente de las placas receptoras se modifique, de donde proviene dilatación y contracción del medio que las rodea, por efecto de los brus-

cos cambios de temperatura que de la misma intermitencia se siguen; y como estas dilataciones y contracciones son en realidad trabajo y energía sensible que se transforma, acaso á las variaciones de temperatura, causadas por las intermitencias de la radiación, sea preciso atribuir la verdadera causa del fenómeno radiofónico, afirmación que es posible ver confirmada por los experimentos relativos á los gases. Estas cuestiones, que forman lo que pudiéramos decir parte racional del asunto, serán tratadas con extensión en su verdadero lugar; mas conviene indicarlas aquí para mejor inteligencia de los hechos.

Aparte de esto, y penetrando aún más en el fondo del asunto y en el mecanismo del hecho que se examina, puede y debe inquirirse si la disminución de velocidad de la energía vibratoria que se propaga como radiación, no es debida á verdadera acción de ésta sobre el cuerpo que la recibe, en cuyas propiedades influye, modificándolas de tal modo, que le hace adquirir el nuevo carácter que como propiedad general es necesario reconocer en los sólidos y gases despues de estudiar el fenómeno radiofónico. Evidentemente, los cuerpos no pueden adquirir propiedad alguna sin que haya trabajo y transformación de energías; por esto, cuando en ellos se manifiestan tales ó



cuales caracteres, es preciso que en el momento se hallen colocados en las condiciones requeridas para que se cumpla el trabajo que la propiedad exige; por eso se dice que para que los sólidos y gases suenen por influencia de radiaciones intermitentes, es necesario que éstas cumplan algún trabajo en ellos, y no sería extraño ni nuevo que las radiaciones, á su vez, exigiesen la condición de intermitencia para invertir parte de su energía vibratoria en el trabajo ó acción antes indicada, cosa nada singular por cuanto el trabajo de cualquier fuerza necesita siempre condiciones especiales para cumplirse.

Si enlazamos las dos observaciones precedentes, que surgen al primer análisis del hecho fundamental ya notado, vendremos á parar á la determinación del mecanismo y caracteres del fenómeno general, en cuyo exámen es preciso detenerse algunos instantes.

Teniendo presente que del efecto radiofónico ha de seguirse alteración ó modificación del receptor sobre que incide la radiación, y que esta alteración puede muy bien ser trabajo de aquélla despues de interrumpida, resultando el sonido, en último análisis, de diferencias que causan dilataciones y contracciones del medio en que el receptor está colocado, puede llegarse al conoci-

miento de las condiciones necesarias á la producción del fenómeno radiofónico, determinando sus caracteres generales. En efecto; dada la acción general de las radiaciones sobre los cuerpos y el poder de éstos para absorber parte de ellas, reflejando otra parte, se comprende y concibe cómo el fenómeno de la absorción y el de la reflexión han de alterarse si las condiciones de la radiación incidente varían; de lo cual se infiere que en el caso especial del *rayo ondulatorio*, produciéndose el fenómeno sonido, debe éste no ser propiedad ó carácter especial de cuerpo determinado, sino general ó común á todos los cuerpos, siempre que éstos se hallen en condiciones para experimentar la modificación que el trabajo de la radiación intermitente debe ejercer sobre ellos. Lógica aparece esta deducción, en cuanto se tiene presente que el hecho fundamental de la Radiofonía no constituye fenómeno general que los cuerpos presentan, cualquiera que sea el estado en que se consideren, sino cualidad sí general para todos los cuerpos sólidos y gaseosos, que exige en los primeros la condición de que han de estar tallados en forma de láminas delgadas, pues que entónces, y sólo entónces, pueden vibrar de modo que produzcan sonido; exigencia muy semejante á la que requiere el sonido en los tubos de len-

güeta: la lámina que la forme ha de ser bastante delgada, porque solamente en este caso la conmoción del aire y su movimiento pueden hacerla vibrar, como la radiación intermitente, produciendo el trabajo ya mencionado, requiere cuerpo ligero, que sea capaz de vibrar por la acción que en el medio que al receptor rodea provoca, acción que, si nos fijamos un poco, se reduce á variaciones de elasticidad y densidad, causadas por rápidos cambios de temperatura, que toman su origen en las diferencias de absorción y reflexión que la misma radiación causa en la lámina receptora.

Que el sonido radiofónico haya de depender del número de veces que la radiación se hace intermitente en un segundo, cosa es que tambien se explica claramente. No hay más que fijarse en el significado de la interrupción y la acción que la intermitencia ejerce sobre el receptor; vale tanto interrumpir la radiación como invertir en trabajo parte de su energía vibratoria, trasformándola en cosa que para las acciones sobre el cuerpo que la recibe significa anulación momentánea de esa misma energía; mas siendo la intermitencia condición esencial de la producción del fenómeno, y significando ella misma la causa de la modificación especial del cuerpo que le dota de la

propiedad de producir sonidos, se comprende que cuantas más veces actúe sobre el receptor, tanto más intenso será el fenómeno radiofónico, de donde se deduce claramente la influencia del número de interrupciones.

Son precisas estas indicaciones, porque previenen el ánimo y ayudan á comprender cuanto hay que decir sobre el mecanismo, caracteres y causas de la Radiofonía, y determinan perfectamente el principio general que se ha enunciado como fundamento del estudio presente. Por ellas se ve que este principio es deducción lógica y precisa del mecanismo de la energía, del trabajo de sus cambios y de aquella ley de evolución que abraza y comprende la totalidad de los fenómenos naturales.

Entrando ahora en el detallado estudio del hecho y en el pormenor de la Radiofonía, debe ocupar nuestra atención, en primer término, el modo cómo la producción del fenómeno se consigue, que es punto de partida para la exposición de los hechos. Este medio es el aparato usado por Mercadier en sus experimentos, en cuyo aparato hay que considerar dos partes esenciales, que nombraremos *interruptor* y *receptor*.

Fórmase el primero con un disco que puede girar alrededor de un eje vertical; este disco lleva

en toda su superficie una porción de agujeros por donde las radiaciones pasan. No es indiferente la materia de que ha de estar formado, porque empleando, como Graham Bell lo hacia en el fonógrafo, discos metálicos, resultan dos inconvenientes graves: la pesadez del disco, que impide que gire con rapidez bastante, y el zumbido que se produce cuando gira, por efecto del choque del aire con los bordes de los agujeros, causa perturbaciones y errores en la percepción del fenómeno; por estas razones en el aparato de Mercadier se usa disco de vidrio perfectamente lleno, cubierto con otro de papel opaco, en el cual antes se han practicado los agujeros, cuya forma es indiferente; el disco y su soporte pueden subir ó bajar entre dos guías de madera sujetas al pie del aparato por medio de una palanca acodada. Esta disposición ofrece muchas ventajas: con un mismo interruptor, provisto de varias series de agujeros que forman circunferencias concéntricas, pueden producirse, sin más que dar movimiento vertical necesario para que las radiaciones pasen sucesivamente por cada una de las series, notas musicales distintas, sin variar ni el foco de radiaciones ni la velocidad de rotación del aparato; además, si el número de agujeros guarda la relación que las vibraciones de un acorde, puede éste

ser producido haciendo que aquéllas pasen simultáneamente por las series de agujeros del disco; empleando uno cuyas series eran de 40, 50, 60 y 80 aberturas—números que tienen entre sí la misma relación que los de las vibraciones que constituyen un acorde perfecto mayor—produjo Mercadier los sonidos sucesivos correspondientes á este acorde.

Constituye el receptor una especie de bocina formada de dos partes distintas; una de ella está tapada con la lámina vibrante, y la otra sirve para impedir que se caiga; el extremo del aparato comunica, á beneficio de un tubo de goma, con otra bocina que debe aplicarse al oído del observador.

Girando el disco, con más ó menos rapidez, interrumpe cualquier radiación, que actuando con intermitencia sobre la lámina receptora, produce sonido, dependiente, como ya se dijo, de la velocidad de la interrupción.

Esta indicación sobre el aparato de Mercadier es bastante para comprender cuáles son los elementos del fenómeno radiofónico, que se reducen á la radiación intermitente y la placa receptora que produce sonido por su influencia; determinado esto, y habiéndonos ya fijado en lo que cada elemento representa en el fenómeno de la

Radiofonía, se hace preciso estudiar las circunstancias y caracteres del hecho que consideramos, y hé aquí que en este punto surgen dos cuestiones que debén tratarse en primer término, ya que ellas en cierto modo determinan el hecho radiofónico.

¿Cómo influyen en el fenómeno las placas receptoras? ¿De qué manera actúan las radiaciones y cómo de ellas la Radiofonía depende?

Tales son las cuestiones primordiales que señalan las relaciones de la radiación con el sonido que produce, y las de la placa vibrante con el mismo sonido, asuntos que sirven como punto de partida en la determinación exacta del fenómeno de la Radiofonía.

---





Caractéres del hecho de la Radiofonía en los sólidos.  
Circunstancias que en él influyen.

Antes de tratar completamente de ellas debe ocupar breve rato la atención del lector la afirmación de que el sonido radiofónico es cosa distinta de los demás sonidos de las láminas ó placas vibrantes, algo diferente, en su modo de ser y producirse, de cuantos sonidos hasta hoy se han estudiado; movimiento vibratorio sonoro característico y exclusivo de la radiación, producto únicamente de ella, resultado de sus acciones y trabajos sobre las láminas de cuerpos sólidos que sirven de receptores.

Despues de los clásicos trabajos de Chladni,

sábese cómo las placas ó láminas vibrantes se dividen cuando producen sonidos, del mismo modo que las cuerdas y las varillas, siendo posible determinar las líneas nodales por medio de arena fina que sobre las placas se coloca y se agrupa en sentido de aquellas líneas cuando las placas vibran, y sábese también, que á pesar de estas divisiones, las placas produciendo sonido vibran transversalmente y en conjunto, lo cual significa que toda la masa se agita por efecto de la conmoción que una parte de ella experimentó, que á la lámina entera se trasmite el esfuerzo ejercido en un punto de ella, de igual modo que sin variar la intensidad, á todas las partes de un líquido ó de un gas se trasmite la presión que experimente cualquier punto de la masa flúida.

Mas cuando las radiaciones son quien causan la perturbación, cuando ellas inciden interrumpidas sobre láminas de cuerpos sólidos, entónces la vibración de éstos no se efectúa del mismo modo, la acción no pasa de la superficie, como más adelante veremos, y las placas no vibran transversalmente ni en conjunto, y sin embargo, producen sonido.

Si así no fuera, ¿cómo explicar la producción de todos los sonidos graves y agudos por una placa cualquiera, sin que haya la menor solución

de continuidad, sino, por el contrario, percibiéndose todos perfectamente? ¿Cómo darse cuenta de la producción de todos los acordes, de todos los tonos posibles, con claridad grandísima, variando de manera continua, si de tal modo se hace variar la velocidad del disco interruptor? Ciertamente que ninguna placa elástica conocida presenta semejante fenómeno, por lo que debe admitirse que no es en manera alguna efecto de vibración trasversal de la lámina en conjunto, lo cual constituye el primer carácter del fenómeno radiofónico. Además, si lo dicho no fuera bastante, citaré como propiedad inconciliable con el carácter de la vibración de las placas ordinarias, el hecho de que ni el espesor ni la longitud de las láminas influyen en las condiciones de *tono* y *timbre* de los sonidos radiofónicos; por lo que á la intensidad se refiere, habrá de notarse que en las láminas opacas decrece con el espesor, y en las transparentes, al ménos entre límites muy distantes, no cambia en modo sensible, y esto lo mismo en placas intactas que en las rotas ó hendidas, según lo demuestra experimento curioso de Mercadier, en el cual obtuvo los mismos resultados con receptor de vidrio intacto que rajado.

Pueden demostrarse estas particularidades—que son incompatibles con la vibración de las pla-

cas ordinarias—empleando receptores de la misma sustancia, de espesores diversos, y así se nota que, mientras con láminas de zinc de un milímetro de espesor el sonido es muy claro, es más débil con espesor de tres milímetros, y nulo si el grueso de la lámina empleada llega á cinco milímetros; de donde se deduce que la delgadez de las láminas opacas aumenta la intensidad del sonido radiofónico que producen. En cambio, si se experimenta con placas de vidrio, pueden emplearse espesores comprendidos entre 0,0005 y 0,02, sin variación sensible de la intensidad del sonido.

Viniendo ahora á la influencia especial de los receptores en los fenómenos de la Radiofonía, habrá de notarse, en primer término, que tratándose de receptores opacos, á igualdad de espesores y superficies, todos los cuerpos sólidos producen sonidos del mismo tono y timbre, sin que los más delicados experimentos hayan podido señalar la menor diferencia; y, en segundo término, refiriéndose á los cuerpos transparentes, se observa la misma condición, áun cuando los cristalizados hayan sido tallados perpendicular ó paralelamente á su eje, circunstancia que es indiferente tratándose del fenómeno de la Radiofonía, como lo es también el que las radiaciones se po-

laricen, en cuyo caso, la disminución de intensidad debe atribuirse á la que aquéllas experimenten en el acto de polarizarse, por cuyas razones ha de admitirse que ni el tono, ni el timbre, ni la intensidad del sonido radiofónico dependen de la naturaleza de la lámina receptora.

Significa tal resultado también que la vibración productora del fenómeno radiofónico es enteramente distinta de las vibraciones sonoras hasta el día estudiadas, lo cual quiere decir que se halla la ciencia en presencia de nuevo fenómeno acústico, muy diferente de los ya determinados, debido á distinta transformación de energía que representa estado diverso de fuerza, propiedad novísima é imprevista, que, como veremos más adelante, marca enlace íntimo y determina relaciones especialísimas entre el sonido y la radiación.

X Se dijo que la naturaleza, espesor y condiciones de la placa receptora no influyen sensiblemente en el fenómeno de la Radiofonía; mas no sucede otro tanto con la superficie de aquélla; así es preciso convenir que el sonido producido guarda relación con el poder absorbente de la superficie que recibe las radiaciones, ya que toda causa que aumenta aquel poder, aumenta también la intensidad del fenómeno. Por eso las láminas ra-

yadas, deslustradas y sin pulimento y oxidadas son los mejores receptores, y, por el contrario, los efectos radiofónicos son muy débiles y casi imperceptibles usando superficies pulidas que reflejen mucho las radiaciones; así hay diferencias muy notables entre los efectos que se obtienen con receptores de vidrio deslustrado y los que da el vidrio pulimentado. Esta observación apoya el pensamiento antes emitido respecto de la modificación que los poderes absorbente y reflector de los cuerpos experimentan por acciones de la radiación intermitente, que confirman el hecho de que el fenómeno haya de ser más notable cuanto mayor sea la facultad absorbente de los receptores. Compréndese la razón de ello desde el momento en que se reflexiona sobre las propiedades especiales de las superficies dotadas de gran facultad absorbente, la cual implica en los cuerpos propiedad de adquirir gran movimiento vibratorio que se manifiesta de ordinario en elevación de temperatura, pudiendo decirse que en los cuerpos dotados de mucho poder absorbente, las radiaciones efectúan trabajo que se traduce por aumento de energía vibratoria, de modo que tal aumento se manifiesta en fenómenos térmicos, á los cuales puede aplicarse el principio fundamental de la termodinámica.

En efecto, siendo la radiación trabajo ó movimiento comunicado al cuerpo absorbente, al llegar á él no puede propagarse enteramente en la forma que hasta allí llevaba, y entónces, no solamente la energía potencial, sino también el movimiento vibratorio de la radiación, se convierten ó trasforman en calor, no totalmente, porque segun el principio ó ley de Carnot, parte de la energía conserva su forma primitiva. Siendo, en el caso de la Radiofonía, intermitente la radiación, se verifican varios trabajos muy dignos de tenerse en cuenta.

Primero trasformación de la radiación en manifestaciones térmicas; despues comunicación de calor de la sustancia absorbente al medio que la rodea; esto cuando incide la radiación, que en el acto de interrumpirse gastase la energía disponible en mantener un momento la temperatura, luégo desciende ésta, el medio exterior se enfria y contrae, y produciéndose simultáneamente dilataciones y contracciones, relacionadas con las veces que la radiación se interrumpe, resulta movimiento vibratorio originado por diferencias de elasticidad y densidad, lo cual constituye el sonido característico del fenómeno que se estudia, que de esta manera resulta perfectamente comparable á cuanto tiene lugar en el radiómetro.

Prodúcese movimiento en este aparato por la diferencia de temperatura acaecida en el acto de incidir la luz y el calor sobre un molinete formado de paletas de aluminio ennegrecidas por una cara y pulimentadas por otra; la cara negra es elemento que absorbe toda la radiación; la brillante, por el contrario, la repele completamente, originándose la rotación de estas atracciones y repulsiones.

De igual manera, las atracciones y repulsiones originadas por la absorción intermitente de radiaciones, causa especie de repulsión y atracción del medio que rodea al receptor radiofónico, de las cuales se originan diferencias ú oscilaciones de su densidad y elasticidad, que son causa del sonido; por donde se infiere que sólo aquellos cuerpos capaces de absorber muchas radiaciones, y de cambiar por esto de elasticidad y densidad, son capaces de producir sonidos radiofónicos, ó lo que es igual, que sólo sustancias perfectamente elásticas son aptas para emplearse como receptores radiofónicos, lo cual está confirmado en el hecho de no presentar tal propiedad más que sólidos y gases, y carecer los líquidos de ella.

También demuestran estas ligeras indicaciones, que extenderemos más en la parte correspondiente á las inducciones, que el fenómeno de la Ra-



diofonía depende principalmente de acción sobre la superficie de los receptores, ya que su estado ejerce en el fenómeno la influencia que se hizo notar; pues su mayor ó menor poder absorbente es causa de variación de la intensidad del sonido radiofónico.

En extremo curiosa y nueva é imprevista se presenta esta acción de la superficie de los receptores; ella se presta á notables experimentos, y á variaciones de los hechos fundamentales.

Supóngase un receptor opaco, una lámina de zinc, por ejemplo, y dos séries de sustancias en polvo, que por cualquier artificio puedan fijarse sobre la superficie de aquél; en una de las séries se comprenden cuerpos que aumentan el poder reflector, disminuyendo el absorbente, y en ella se contienen los blancos de zinc y de plomo, el amarillo de cromo y otras sustancias, todas de colores claros; la otra série comprende cuerpos de color oscuro ó negros, que aumentan el poder absorbente, y entre ellos se cuentan el betún de Judea, la tinta china, y como el más eficaz el negro de humo.

El ensayo puede empezarse notando el efecto producido por el zinc sin preparación alguna, y luégo pueden someterse al experimento sucesivamente los cuerpos de la primera série; en este

caso—suponiendo siempre vuelta á la radiación la cara ó superficie preparada con la sustancia reflectora—el fenómeno disminuye mucho de intensidad y casi no se percibe sonido alguno.

En cambio, dadas las mismas condiciones que antes, el sonido aumenta mucho de intensidad empleando superficies cubiertas de sustancias absorbentes, notándose que así como en el primer caso la disminución de intensidad guardaba relación con la propiedad reflectora, en el segundo, el aumento de la misma, es proporcional, de cierto modo, al poder absorbente; relaciones que hacen de la Radiofonía excelente método para determinar y medir los poderes reflector y absorbente de los cuerpos para las radiaciones.

Tratándose de receptores transparentes, el hecho presenta aún más notable particularidad, que se refiere á la posición de la superficie ahumada—supónese que se emplea siempre el negro de humo, sustancia absorbente en alto grado, que ofrece mejores resultados—con respecto á las radiaciones; si éstas inciden directamente sobre ella, el efecto no aumenta sino á condición de que el receptor se halle constituido por una lámina muy delgada, y aún en este caso es muy poco sensible el aumento; mas si la superficie ennegrecida está vuelta hácia el oído del observador, en-

tónces el efecto es mayor y el espesor no influye notablemente, como en los casos anteriores, áun tratándose de láminas opacas, cuyos efectos no aumentan sino á condición de ser bastante delgadas. Segun Mercadier, en el caso de láminas transparentes, cuya cara ennegrecida se coloca hácia el oído, el fenómeno pasa como si la radiación atravesara intacta el receptor, actuando directamente sobre la superficie absorbente.

Se presenta el hecho todavía con mayor carácter de notoriedad tratándose de cuerpos muy poco consistentes y casi nada elásticos.

En condiciones ordinarias, el papel ó el lienzo, que pertenecen al grupo, no pueden considerarse como verdaderos receptores radiofónicos, por cuanto filtran y dejan pasar las ondas correspondientes á sonidos exteriores, que se confunden con los radiofónicos, y mezclándose con ellos impiden su percepción; pero si la superficie del papel ó del lienzo se cubre con negro de humo, entónces conviértense en excelentes receptores; es como si la sustancia absorbente detuviese las radiaciones, obligándolas á producir en ella la conversión de energía, causa del sonido radiofónico.

Este fenómeno constituye prueba definitiva, y despues de él no es posible dejar de afirmar la

influencia de la superficie del receptor, influencia que se debe á su poder absorbente y reflector.

Por lo que toca á la que pueda tener el foco de radiaciones, conviene advertir que hay relación perfecta entre su intensidad y la del fenómeno, lo cual se demuestra por la disminución gradual del sonido con la de la cantidad de radiaciones recibidas por el receptor. Demuéstrase también polarizando éstas y usando como lámina receptora una de turmalina bastante delgada, que constituye perfecto analizador; en este caso las variaciones de intensidad del sonido corresponden á las que la misma radiación experimenta cuando se hace girar el analizador, cuyo efecto podría dar medio de producir sonidos radiofónicos sin necesidad de interruptor, á condición de hacer girar sin ruido y con bastante rapidez una lámina de turmalina alrededor de su eje.

De aquí se sigue que los sonidos radiofónicos son resultado y dependen inmediatamente de acción directa de las radiaciones sobre los receptores.

Según lo cual se comprende que todas las radiaciones pueden producir sonidos, las intensas directamente y concentradas las más débiles, sin que el fenómeno tenga caracteres distintos.

Lleva por tanto á admitir el estudio de las in-

fluencias especiales de los receptores y de las radiaciones, que el sonido radiofónico, distinto de los demás sonidos según queda demostrado, no depende de la naturaleza de los receptores y resulta de acciones directas de las radiaciones sobre su superficie, debiéndose á la cantidad de aquellas que sobre la placa receptora inciden, cuyas conclusiones se desprenden del enunciado del primer principio establecido.

Esto prueba, con argumento de gran fuerza, aquellos principios más trascendentales de la ciencia, al demostrar el enlace y relación de los elementos que concurren á la producción del fenómeno radiofónico, novísima conversión de energías, transformación de trabajo no prevista; pero que entra de lleno en las leyes ya determinadas que rigen á la transformación general, determinando la evolución de la Naturaleza, no sólo en su totalidad, sino en cada una de sus manifestaciones que con ritmo variable y distinto se presentan y ofrecen á la consideración del científico, cual á la inspiración del músico se ofrecen las notas y á la del pintor los colores, para constituir, con su potentísimo esfuerzo, esta obra de arte del pensamiento científico que comprende y enlaza en la ley mecánica el funcionalismo general del Cosmos, en el cual, según la expresión de Goëthe,

«ningún sér puede caer en la nada; la esencia  
»eterna no deja de moverse en todos. La energía  
»es imperecedera, porque sus leyes conservan los  
»tesoros de vida de que el Universo forma sus  
»galas.»

---

La Radiofonía en los gases.—Experimentos de Tyndall.  
Relaciones del sonido y la absorción.

Hasta aquí lo que se refiere á los sólidos; mas se dijo en el enunciado del principio fundamental que también la Radiofonía era propiedad de los gases, y es preciso detenerse en este punto y demostrar cómo los cuerpos, en tal estado, gozan la propiedad de producir sonidos por radiaciones intermitentes, fenómeno que, para ser propiedad general, ha de tener los mismos caracteres que en los sólidos.

Así como en éstos los experimentos y trabajos de Mercadier no daban lugar á la menor duda, en los gases los de Tyndall son concluyentes. Ape-

nas se necesita mencionar los estudios de físico tan eminente sobre la atermancia y diatermancia de los gases, ni ménos recordar los experimentos expuestos en sus bellísimas lecciones sobre el calor y acerca del sonido, para comprender toda la atención que el sabio profesor consagró al estudio de la Radiofonía. La producción de los sonidos con los especialísimos caractéres que se les han asignado, las influencias generales de las placas receptoras y de las radiaciones mismas, y más que nada, la estrecha relación que parece existir entre los poderes absorbente y reflector de las superficies, y su especial aptitud para la producción de sonidos, determinaron sin duda al profesor Tyndall á emprender una série de experimentos, con objeto, no solamente de demostrar que los gases tienen la misma propiedad radiofónica que los sólidos, sino que ella, áun en estos cuerpos, depende de la vibración de los gases en que están colocados, y en los cuerpos gaseosos es proporcional, al ménos en intensidad, á su poder absorbente para las radiaciones.

Serviase de aparato análogo ó muy semejante al usado en las delicadas medidas de la absorción del calor radiante por gases y vapores: formaba el foco de radiación la lámpara eléctrica de Siemens; el interruptor estaba compuesto por un



disco de zinc, con hendiduras en el sentido de sus radios ó de bordes dentados, que podía girar rápidamente alrededor de un eje horizontal, y el receptor era distinto, según se tratase de experimentar con vapores ó gases; en el primer caso componíalo un frasco de vidrio de pequeñas dimensiones y paredes delgadas, cerrado por un tapón con dos tubos; en uno de ellos se colocaba otro tubo de goma que llevaba en un extremo la boquilla que había de adaptarse en el oído del observador, y el otro servía para expulsar el aire interior del frasco cuando en él se producía vapor, por haber colocado el líquido volátil que le daba origen; en el segundo caso puede usarse el mismo aparato que sirve para estudiar el poder absorbente de los gases.

Comenzó Tyndall sus experimentos por los vapores, y observó que los de los éteres fórmico, sulfúrico y acético dan sonidos muy intensos, mientras que son muy débiles los producidos por los vapores de cloroformo y sulfuro de carbono. Los vapores de amyleno, yoduros de etilo y metilo y benzol producen también sonidos cuya intensidad, en igualdad de las demás circunstancias, depende de su poder absorbente.

Tal resultado hace pensar que todos los vapores producen sonidos por acción de radiaciones

intermitentes, y que este sonido depende acaso de su poder absorbente.

Que efectivamente los vapores y de modo alguno los líquidos origen de ellos producen sonidos, demuéstrase colocando en el frasco receptor una porción de líquido que no lo llene, sino que deje espacio para su vapor; si en este caso la radiación intermitente se hace pasar por el líquido, en ninguna ocasión se percibe el menor sonido, mientras incidiendo sobre el vapor, el fenómeno radiofónico se produce al instante; y que esta propiedad de los vapores se relaciona con su poder absorbente, se demuestra en el hecho de producirse el fenómeno con mayor intensidad en los dotados de mayor facultad de absorción, sin que ni uno solo se exceptúe.

Debe señalarse una primera analogía del fenómeno que estudiamos en los vapores con el que ofrecen los sólidos, y se reduce á que en ambos el tono del sonido producido depende siempre de la velocidad con que gira el interruptor, hecho que confirma el principio general, base ó punto de partida tomado para la exposición de los hechos.

Tratándose de los gases, se obtienen los mismos resultados; así, con el aire seco, el hidrógeno y oxígeno prodúcense sonidos muy débiles, por-

que débil es su poder absorbente, mientras que la intensidad del fenómeno radiofónico es considerable con el ácido carbónico, óxido nitroso y gas oleificante, pues su poder absorbente es mucho mayor: lo mismo sucede con el amoniaco; sábese como este gas deja pasar muy difícilmente el calor radiante, y si se le somete á experimentos radiofónicos, haciéndole servir de receptor, produce sonidos musicales muy intensos, semejantes á los de un tubo de órgano.

Llenando de gases distintos una bola de jabón y sometiéndola á la acción de radiaciones intermitentes, no se percibe sonido alguno; en este caso la vibración se comunica á la envoltura flexible que la trasmite al exterior sin producir fenómeno perceptible; mas debe notarse que esta misma película que forma la bola de jabón es sensible á las vibraciones exteriores, por cuya razón puede constituir verdadera lente para concentrar sonidos. Colocando una llama cualquiera—y sábese cuánto las llamas son sensibles al sonido—á poca distancia de un tubo sonoro y regulando la presión de modo que aunque el tubo suene la llama permanezca inmóvil, si se coloca entre el tubo y la llama una bola de jabón llena de óxido nítrico, la llama se agita, y haciendo oscilar la bola de jabón, sigue la llama sus movimientos;

pero si la presión cambia y la llama se mueve cuando el tubo suena, interponiendo la misma bola llena de hidrógeno, cesa toda agitación, el oído percibe sonido; mas la llama, á pesar de su sensibilidad, no da el menor indicio de estar afectada por la vibración sonora.

Produce el vapor de agua desde 100° á 18° sonidos muy intensos que parece dependen de la tensión del vapor, pues á ella, en cierto modo, son proporcionales las intensidades de los sonidos producidos, lo cual se demuestra no sólo en el hecho de que, por ejemplo, el aire ligeramente húmedo es más sonoro que el aire seco, sino mejor aún en las curiosas y especialísimas acciones que sobre el fenómeno radiofónico ejercen la humedad y el frío, acciones nuevas é imprevistas que demuestran plenamente la dependencia del fenómeno radiofónico del poder absorbente de los vapores y gases que como receptores se emplean. Por lo que á la acción de la humedad se refiere, habrá de notarse que si en un receptor propio para gases se introduce aire perfectamente seco estándolo también el frasco empleado en los experimentos, apenas se percibe sonido; mas si se inyecta una sola bocanada del aire húmedo procedente de los pulmones, entónces el fenómeno radiofónico se produce con gran intensidad, he-

cho comprobante de la opinión que admite la sonoridad de la atmósfera, como consecuencia del vapor de agua que contiene, pues el aire seco es acaso el gas más diatermano que se conoce. En lo que á la acción del enfriamiento corresponde, habrá de notarse que cualquier vapor ó mezcla de vapores sometida á acción de mezclas frigoríficas comienza por no producir sonido alguno; mas á poco comienzan á percibirse efectos radiofónicos con intensidad creciente, lo cual se explica porque en este caso el líquido de que el vapor procede, absorbe todas las radiaciones á fin de elevar la temperatura, y también porque mientras ésta no es suficientemente elevada, el vapor, condensado por el enfriamiento, no puede en manera alguna tomar de nuevo la forma gaseosa.

Es de observar que todas las radiaciones, sea cualquiera el foco de que procedan, producen iguales resultados siempre que la velocidad de interrupción sea la misma, ya que de ella depende el tono de la nota producida en el receptor gaseoso; á la vista de esto puede preguntarse si hay demostraciones concluyentes y experimentos que no permitan la menor duda y demuestren la dependencia y relaciones del fenómeno radiofónico con el poder absorbente de los gases y vapores,

punto que los últimos experimentos de Tyndall han puesto perfectamente en claro.

Debe notarse, en primer término, que es fácil aumentar la intensidad del sonido que cualquier gas produce mezclándolo con otro más atermano, lo cual explica cumplidamente la acción del aire húmedo; por eso cuando quiere aumentarse el fenómeno radiofónico, en igualdad de las demás condiciones, basta hacer llegar pequeñas cantidades de cualquier gas dotado de gran poder atermano al frasco que contiene el gas que daba poco sonido. En segundo término, es de observar que la Radiofonía demuestra el principio general que admite que los líquidos volátiles y sus vapores absorben siempre la misma clase de radiación; de aquí se deduce, aun tratándose de los vapores que producen el fenómeno radiofónico más intenso, que el efecto debe, si no anularse por completo, debilitarse mucho, interponiendo en el trayecto de la radiación intermitente los líquidos que los originaron; lo cual se ha confirmado en experimentos practicados con el vapor de agua, el ácido acético y el éter sulfúrico.

Considerando atentamente los hechos referidos, parece claro y evidente que la producción de sonidos por acción de radiaciones intermitentes es propiedad general de sólidos y gases, y en ambos

depende del poder absorbente, y es de notar que esta influencia se limita sólo á la intensidad del sonido, que en cuanto al tono depende únicamente de la velocidad de interrupción, cosas que demuestran la identidad del sonido radiofónico con cualquier otro movimiento sonoro. En efecto, teniendo presente que la intensidad del sonido depende de la amplitud de las vibraciones y el tono de su número, se comprende la mayor intensidad del efecto radiofónico en el cuerpo dotado de mayor poder absorbente; pues en este caso las modificaciones de temperatura han de ser mayores y más grandes también las amplitudes de onda; y de igual modo se comprende asimismo que el tono haya de depender de la velocidad de interrupción, pues es sabido que cada vibración corresponde á una intermitencia de las radiaciones, y cuanto mayor sea el número de aquéllas, tantas más vibraciones se producirán; por eso el tono de la nota se eleva tanto, cuanto la velocidad del disco interruptor se aumenta.

Según las opiniones aquí emitidas, los experimentos de Tyndall, demostrando la propiedad radiofónica en los gases, vienen á establecer relaciones especialísimas entre la radiación y el sonido, por cuanto comprueban algunos de los principios relativos á la determinación de propie-

dades térmicas de gases y sólidos. Sólo el hecho de no haber un solo gas ó vapor que haga excepción á la producción de sonidos por acción de radiaciones intermitentes, puesto que, más débil ó más intensa, todos presentan la propiedad radiofónica, es segura demostración de la no existencia de gases y vapores perfecta y absolutamente diatermanos; pues de existir algún cuerpo en tales estados que nada absorbiera de las radiaciones, ese no produciría sonido, porque tal propiedad es efecto, según repetidas veces va dicho, del poder absorbente de los cuerpos para las radiaciones; por eso, aun el sólido más diatermano ó el gas más trasparente, toman algo de las radiaciones que los atraviesan, absorben movimiento vibratorio, que en ellos debe producir trabajo interior, del cual acaso resultarán propiedades cuya existencia no puede negarse, aun cuando en el día aparezcan para nosotros perfectamente ignoradas. Por de pronto, puede decirse que tal trabajo se manifiesta en el fenómeno de la Radiofonía.

Y si aún alguna duda pudiera abrigarse respecto de la aplicación de aquella ley general que determina todos los fenómenos naturales; si acaso apareciera contraria á ciertos principios la teoría dinámica que refiere la evolución total de



la energía tan sólo á diferencias de cantidad, ó si las modernas concepciones de la ciencia, sus actuales teorías y su concepto de la Naturaleza, según el cual la ley de solidaridad marca los antecedentes de cada fenómeno, estableciendo relaciones, enlaces y dependencias entre las variadísimas formas de la actividad, pareciesen á algunos hasta el presente desprovistas de firmes pruebas, que determinen su conformidad con los hechos, los fenómenos radiofónicos en general, y más singularmente los estudiados por Tyndall, demuestran los principios fundamentales de la teoría dinámica, estableciendo suerte de equivalencia y relación entre propiedades correspondientes á manifestaciones térmicas y efectos correspondientes á movimientos vibratorios sonoros, porque el caso presente no significa otra cosa sino manifestación sonora de la propiedad absorbente de los cuerpos sólidos y gaseosos para las radiaciones, lo cual dice enlaces y relaciones, dependencia mutua de dos movimientos aparentemente muy distintos.

Aún pudiera señalarse otra especie de relaciones entre los sonidos radiofónicos producidos por los gases y vapores, y sus poderes atermo y diatermano, en virtud de cuya relación se comprende la posibilidad de llegar á medir tales propiedades térmicas por medio del sonido. Ha de en-

tenderse bien que se habla tan sólo de la posibilidad, y que de ninguna manera se da el problema por resuelto, lo cual no implica que se hagan tentativas para sustituir los medios termo-eléctricos por procedimientos radiofónicos. Se comprende cuanto esto sea realizable desde el momento que es conocida la relación entre la intensidad del sonido y su poder absorbente, cuyas propiedades son proporcionales. Y aun de esta medida pudiera deducirse otra relación no ménos importante, y se refiere al enlace de la constitución especial de los gases con sus propiedades sonoras.

Es indudable la relación de composición de los cuerpos con sus propiedades, tanto en los estados con que ellos se manifiestan en conjunto, como en cada cuerpo tomado en cualquier punto de uno de sus individuales estados; por eso los sólidos gozan de diferentes aptitudes, distintas de las de líquidos y gases, y cada estado, en una palabra, tiene, y se distingue por ellas, propiedades peculiares suyas, debidas al trabajo de la energía que lo originó. Dejando aparte cualidades exteriores como el color, la densidad y otras, las capacidades vibratorias—llamando así á sus especiales aptitudes para producir manifestaciones térmicas, luminosas ó eléctricas—son distin-

tas y difieren mucho en los diversos estados, pues distinta y muy diversa es la cantidad de energía que los ha formado y sostiene; ahora bien, si se considera á los cuerpos como diferentes estados de fuerza, necesariamente las propiedades de cada estado, siendo distintas, deben guardar relación con la constitución especial del cuerpo que se considere, por cuya razón, y teniendo en cuenta la dependencia de las propiedades absorbentes de los cuerpos de su constitución y composición, podría acaso llegarse á determinar relaciones de orden ya muy elevado entre la manifestación radiofónica y la composición de los cuerpos al estado de gas, de cuyas relaciones acaso derivaría un medio singularísimo para averiguar la composición de los gases por los sonidos producidos á causa de acción de radiaciones intermitentes, idea no tan extraña y singular como á primera vista parece, puesto que se funda en hechos de sobra demostrados y conocidos, y además no puede negarse que si el sonido del oxígeno y el del vapor de agua, y las notas producidas por el óxido nitroso y el ácido carbónico, y los acordes del vapor de cloroformo, de éter sulfúrico ó del amoniaco, tienen relación íntima y dependen del poder absorbente de los cuerpos que los producen, también se relacionan

con la composición y naturaleza de los gases, ya que de ellas dependen todas las propiedades de los cuerpos, y son la determinación inmediata de los distintos estados de fuerza á que damos tal nombre.

Nada más debo insistir sobre este punto, que con más extensión será tratado en otro lugar; por eso sólo se hará notar, á propósito de los experimentos de Tyndall que se han examinado, que ellos vienen á demostrar el carácter de generalidad atribuido á la propiedad de producir sonidos por radiaciones intermitentes, ya que todos los cuerpos sólidos y gaseosos y todas las radiaciones producen el fenómeno de la Radiofonía, propiedad que, según se ha visto, enlaza y comprende en la misma ley, fenómenos térmicos, luminosos y acústicos, al modo que la luz blanca contiene los hermosos colores que constituyen la gama del espectro luminoso.

---

Mecanismo y causas de los fenómenos radiofónicos.—  
Ley general que determina estas causas.

En mi sentir, cuanto vá dicho acerca del fenómeno radiofónico, tiende á demostrar, sin apartarse ni un punto del primer principio, no sólo el hecho de la Radiofonía como nueva é interesante propiedad de los cuerpos, sino también aquellas influencias de los elementos del fenómeno que más le caracterizan. Por eso al llegar á este lugar se hace necesario remontar algo más la investigación y dirigirse á determinar las causas y mecanismo de la Radiofonía, asunto que comprende dos cuestiones importantísimas, de las que deriva el mecanismo del fenómeno.

Hé aquí estas cuestiones :

¿Qué género de radiaciones es causa del sonido radiofónico?

¿En qué sustancia se verifica la transformación de energía radiante en movimiento sonoro y cuál es el mecanismo de aquella transformación?

Para resolver plenamente el primer problema es preciso tener en cuenta la manera como la radiación está constituida, porque no es movimiento elemental compuesto de vibraciones de igual período y amplitud, sino más bien resultado de unión de muchos modos de vibración, de oscilaciones de diverso período, bien como los sonidos se componen de la unión de distintos movimientos sonoros que se llaman sonido fundamental y sonidos armónicos. En cualquier radiación hay elementos muy distintos, correspondientes á diversos modos de vibración, de donde puede deducirse la diferencia de trabajo causado por cada período ó amplitud de oscilación, constituyendo verdadero elemento en esta compleja resultante que se considera.

Demuéstrase lo indicado considerando lo que significa la descomposición y dispersión de un rayo de luz solar. Realmente no es sólo espectro luminoso lo que se forma, sino que la radiación, al llegar al prisma y atravesarlo, se descompone

en tres suertes de espectros distintos, marcando cada uno propiedad especial de las vibraciones que lo representan, á los cuales se llama *espectro térmico*, *espectro luminoso* y *espectro químico*, señalándolos desde el correspondiente á mayor longitud de onda que empieza en la porción ultra-roja, hasta aquél que ofrece la menor y corresponde al ultra-violeta del espectro luminoso.

Si fuera permitida la comparación, podría decirse que la radiación solar comprende tres suertes de escalas, correspondientes la térmica á los sonidos graves, la química á los más agudos, y la luminosa á los sonidos medios, y así como la cuerda vibrando puede por aumento de tensión disminuir la longitud de la onda y producir toda la série de sonidos, desde el más grave al más agudo, así esa otra cuerda sutil é impalpable, el rayo de sol, produce manifestaciones distintas, pues al fin es resultante de vibraciones diversas, de ondas de longitud desigual, que producen su sonido, más grave ó más agudo, según es esta longitud, sólo que en tal caso no poseemos para percibir esos sonidos órgano adecuado y pasan como manifestaciones de calor, luz ó acción química.

Conforme á esto, vale tanto dispersar y descomponer un rayo de sol como separar los distintos

elementos que lo forman; así el prisma es cual punto hasta donde van unidos, lazo que une sólo un extremo de ellos, y en el cual convergen, para diverger al instante, desviándose la radiación térmica, oscura y ardiente, hasta más allá del rojo, y los rayos químicos lanzándose, helados y sin luz, más allá de los confines que limitan el color violado.

Por esta manera especial como las radiaciones se constituyen, la cuestión que aquí tratamos puede reducirse á determinar cuáles elementos de la radiación producen ó causan el fenómeno objeto del presente estudio.

Se comprende bien la razón de no ser causa del hecho radiofónico los rayos químicos; pues entónces, además del sonido, se revelaría su acción por reacciones químicas y fenómenos especiales de combinación y descomposición; de esta manera se reduce la cuestión á determinar si las radiaciones térmicas ó las luminosas son causa de la Radiofonía. Fácil es darse cuenta cómo deben disponerse los experimentos para resolver este asunto; en efecto, partiendo de un experimento practicado en buenas condiciones con receptor de mica ahumada, que da directamente sonido muy intenso, pueden interponerse en el trayecto de la radiación vidrios de distintos colo-



res, en cuyo caso nótase aumento de intensidad del fenómeno radiofónico empleando vidrio rojo, disminuye interponiendo el de color verde, y el efecto es casi nulo atravesando la radiación el color violeta, de donde puede inferirse que las radiaciones cuya longitud de onda es mayor, son las que producen más intenso el fenómeno de la Radiofonía.

Este mismo efecto de las ondas de mayor longitud fué notado por Tyndall colocando en el trayecto de la radiación sustancias que absorbían completamente las vibraciones luminosas, en cuyo caso no dejaba de producirse sonido, mientras que éste era casi nulo si la radiación atravesaba cuerpos dotados de gran poder absorbente de los rayos térmicos. Mercadier, á su vez, llegó á iguales resultados haciendo incidir los diversos colores del espectro sobre el receptor de mica ahumada, en cuyo caso se notaba que los efectos radiofónicos eran más intensos si los producía el color rojo y la porción ultra-roja, hecho que confirma la conclusión establecida.

Otro experimento, aún más decisivo, lo demuestra plenamente. Supóngase que el foco de radiaciones es una placa de cobre calentada al rojo cereza, prodúcese sonido, como con otro foco cualquiera; dejando enfriar la placa, el fe-

nómeno disminuye de intensidad, mas no por eso deja de producirse; estando la placa oscura, desaparecerá en ella la propiedad luminosa, y los rayos térmicos oscuros que emite producirán sonido, consiguiéndose igual efecto empleando como foco radiaciones siempre oscuras, procedentes del mismo cobre cuya temperatura no llega al rojo.

Segun lo que va dicho, parece que la Radiofonía es tan sólo propiedad y carácter de las radiaciones térmicas ó de gran longitud de onda, y así lo consignan cuantos del asunto se han ocupado; ocúrreme, sin embargo, una objeción, á mi ver no sin cierta importancia, que acaso demuestra que tambien la absorción de las radiaciones luminosas puede producir sonidos. Se dijo antes que la intensidad del sonido radiofónico producido por los gases es proporcional, en cierto modo, á su poder absorbente de los rayos térmicos; únicamente dos cuerpos se exceptúan de los estudiados, sólo los vapores de yodo y bromo hacen excepción á la ley general; pues á pesar de su debilísimo poder absorbente, producen sonidos bastante intensos. Fijándonos bien en la intensa coloración de estos vapores, violado el de yodo y rojo el de bromo, y en que tales tintas son debidas á la absorción de gran cantidad de radiaciones luminosas, podre-

mos preguntarnos si acaso el sonido intenso que producen haya de considerarse tanto causado por radiaciones térmicas como luminosas. No se oculta á mi pensamiento que las radiaciones oscuras producen el fenómeno radiofónico; mas tampoco debo olvidar que en muchas ocasiones, y de ello ofrece buen ejemplo el selenio, al efecto de las radiaciones oscuras se une el de las luminosas. Es claro que éstas, por sí solas, no han producido hasta el presente acción mecánica sensible; pero no lo es ménos que deben cumplir trabajos determinados en los cuerpos que las absorben; así lo demuestra la acción de la luz sobre el selenio, de la cual tanto como de la del calor depende la conductibilidad y resistencia eléctrica del cuerpo, y no sería extraño que en el caso presente, tratándose de la excepción notada en los vapores de yodo y bromo, ese gran poder absorbente para las radiaciones luminosas uniese su efecto á la débil acción de los rayos térmicos, y los dos trabajos, actuando para el mismo fin, produjesen el efecto radiofónico con intensidad que no corresponde á su poder absorbente para el calor. Tal como veo y considero el hecho apuntado, hace que forme juicio algo distinto de Mercadier acerca de la acción de las distintas radiaciones; como él pienso que las ondas de mayor longitud, ó sean las radia-

ciones térmicas, producen principalmente el fenómeno radiofónico; mas la excepción de los vapores de yodo y bromo creo sea bastante para admitir también, al ménos en el caso de ellos, cierta intervención de los rayos luminosos, ya que se trata de cuerpos dotados de gran poder absorbente para la luz.

Por lo que al lugar en que la trasformación de las radiaciones en sonidos tiene lugar, cumple á mi propósito decir que es la capa de aire en contacto inmediato con la superficie del receptor.

Experimentos muy ingeniosos lo prueban cumplidamente.

Se hace preciso, en primer término, variar completamente la forma de los receptores, de modo que ya no son placas más ó ménos delgadas, sino tubos dispuestos del modo siguiente: supóngase un tubo de vidrio bastante estrecho, cerrado por cualquiera de sus extremos y comunicando el otro, por cortísimo tubo de caoutchouc, con una bocina que se adapta al oído del observador; la parte interior de la mitad de la superficie del tubo está ahumada á trechos, dejando en la parte inferior espacio trasparente. El tubo así dispuesto constituye receptor termofónico muy sensible y perfectamente apropiado para las demostraciones propuestas.

Cualquiera radiación intermitente que incida sobre la parte inferior del tubo, que como acaba de decirse no está ahumada, produce sonido muy débil, mas si la incidencia tiene lugar sobre alguna de las partes ahumadas de la superficie interior, los efectos adquieren gran intensidad, á causa de la elevación de temperatura de la capa de aire inmediata á tales superficies, por resultado del poder absorbente del negro; y este efecto de aumentarse la intensidad del fenómeno prodúcese igualmente bien con todas las sustancias, y crece, dentro de ciertos límites, con el espesor de la parte de superficie ahumada, lo cual demuestra que el aire condensado por ella es quien vibra.

Aún puede demostrarse mejor disponiendo dos tubos, cuyos diámetros difieran bastante; el más estrecho, cerrado por un extremo, se coloca dentro del ancho, ajustándolo á una de sus bocas por un tapón cualquiera; el tubo estrecho comunica por su extremidad abierta con una bocina y el ancho con otra, y además aquél lleva en su interior un semi-cilindro de mica ahumada, y al exterior, á lo largo de las mismas generatrices, se ahuma también. Haciendo incidir sobre el semi-cilindro interior radiaciones intermitentes, se perciben intensos sonidos radiofónicos por la bocina correspondiente al tubo estrecho, y nada en la

que pertenece al tubo ancho, lo cual demuestra que en este caso es el aire interior del tubo más pequeño quien vibra. En cambio, si las mismas radiaciones inciden sobre la parte ahumada exterior del mismo tubo, nada se oye con la bocina correspondiente al mismo y los sonidos se perciben por la que comunica el tubo ancho con el exterior, en cuyo caso es el aire del exterior del tubo estrecho quien vibra.

Paréceme que este experimento confirma la opinión que admite como causa de aumento de intensidad del fenómeno radiofónico el empleo de receptores constituidos por sustancias capaces de condensar aire en su superficie, sin que en tal aumento de intensidad tenga influencia alguna la naturaleza del cuerpo de que el receptor está formado.

En cuanto á gases y vapores, no són ménos concluyentes los experimentos de Tyndall. Basta disponer tubos termométricos, cuyo recipiente se llena de los gases y vapores que se ensayan, conservando en la varilla la columna líquida, y someter tales aparatos á la acción de radiaciones intermitentes, para notar oscilaciones marcadísimas en la citada columna, que señalan dilataciones y contracciones de la masa gaseosa contenida en el interior.

Tal experimento merece alguna atención, por cuanto confirma alguna de las propiedades de la Radiofonía antes enunciadas. En efecto; si el hecho sólo de oscilar la columna termométrica indica movimiento de dilatación y contracción en el gas interior, correspondientes á la amplitud de vibraciones de aquél, y por tanto á la intensidad del sonido radiofónico, de aquí se deduce una relación fija y determinable entre la oscilación de la columna líquida y la intensidad del sonido que los diferentes gases y vapores producen, relación que ha de demostrar lo que antes se dijo acerca de la dependencia de la intensidad del sonido del poder absorbente de los gases. Que esto es cierto lo demuestran las observaciones hechas en la oscilación antes indicada, pues se ve que es de mayor amplitud en los gases dotados de mayor facultad absorbente, cosa que fácilmente se comprende teniendo en cuenta que la dilatación es en ellos mayor, ya que más considerable es también el trabajo de las acciones térmicas. Por otra parte, este mismo procedimiento da nuevo método para determinar, por oscilaciones de la columna de esta especie de termómetro, el trabajo de dilatación que puede medir el poder absorbente de los gases.

Muchas y muy importantes son las aplicacio-

nes que Mercadier ha hecho de los receptores radiofónicos en forma de tubo.

Debe señalarse su uso para explorar el triple espectro de la radiación, lo cual conduce á la demostración de las propiedades de ella por medio de sonidos, segun hasta aquí se hacia por desviaciones galvanométricas, y prueba todas las leyes anteriormente enunciadas. Además, los tubos llamados por Mercadier *termofónicos* ó *termosonoros* permiten obtener los mismos efectos que se obtienen con los tubos de órgano; para esto se toma un tubo largo de vidrio, abierto por sus dos extremidades; por una de ellas entra á frotamiento un émbolo que pueda recorrer el tubo en toda su extensión; á la otra extremidad se adapta una bocina; una parte de este tubo se ahumó interiormente, y sobre ella se hacia incidir la radiación.

Permaneciendo constante la velocidad del interruptor, y teniendo el émbolo en el límite de la parte ahumada, se percibe sonido como tratándose de receptor muy corto; mas conservándose el tono del sonido puede experimentar sus intensidad variaciones periódicas, extinguiéndose en dos puntos y adquiriendo el máximo en otro, sin hacer otra cosa que retirar poco á poco el émbolo.



De esta manera se obtienen con los receptores radiofónicos iguales efectos que con los tubos de órgano, correspondiendo á nodos los puntos en que el sonido se extingue, y á un segmento el punto en que es mayor la intensidad del fenómeno radiofónico: las cosas pasan como si se tratara de cualquier tubo sonoro que en el punto ennegrecido tuviera un agujero por el cual penetrara aire.

Cuanto va dicho hasta aquí acerca de los caracteres especiales del fenómeno radiofónico y de sus causas, conduce al enunciado general del mecanismo de la Radiofonía, que empleando las palabras de Mercadier puede expresarse como sigue:

«La capa de aire condensado sobre las paredes  
»de los receptores, singularmente si están cubiertas con sustancias muy absorbentes para el  
»calor, se calienta y enfria alternativamente por  
»radiaciones intermitentes, de donde resultan dilataciones y contracciones periódicas y regulares y movimiento vibratorio, que comunicado á  
»las demás capas gaseosas, las hace vibrar directamente por la misma causa.»

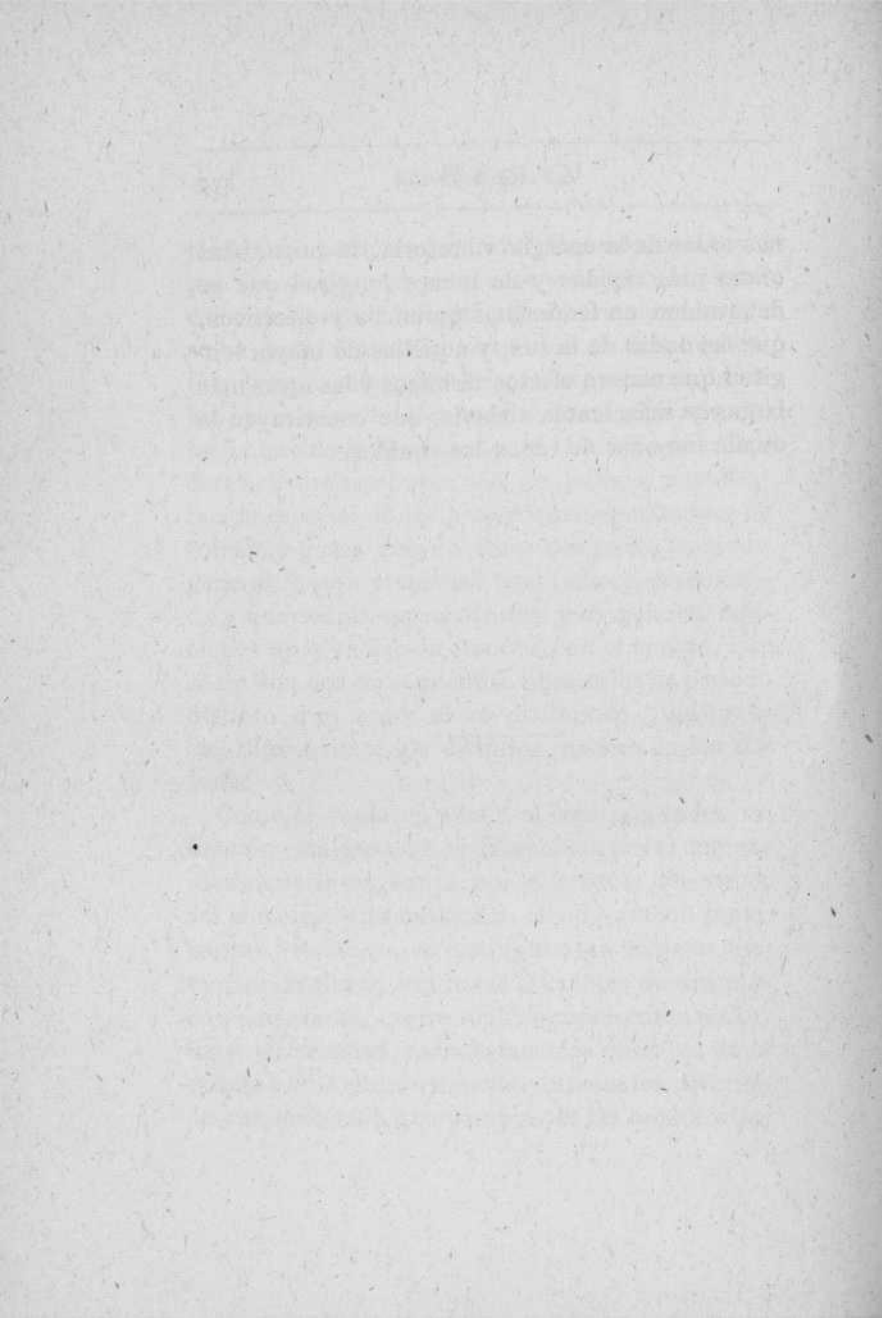
Es inútil insistir más acerca de la verdad de esta conclusión, síntesis y resumen de cuanto se ha dicho acerca de la Radiofonía. Basta su enun-

ciado para comprender como ella es consecuencia precisa de los experimentos y deducción lógica del mismo enunciado del primer principio de que se ha partido para la exposición de los hechos; fijándose en ellos, pronto se alcanza la razón de las opiniones emitidas acerca del significado del fenómeno de la Radiofonía, al cual sólo se consideraba como transformación de trabajo, manifestación especial de las propiedades absorbentes de sólidos y gases que en ellos determina carácter general, nueva propiedad hasta ahora desconocida y que señala especialísimas y singulares relaciones de la radiación térmica con el sonido, que al fin son dos movimientos vibratorios de período distinto que entre sí se distinguen cual pueden diferenciarse los distintos matices de los colores.

Como el verde, el azul ó el rojo son todos vibración y únicamente se diferencian por el distinto matiz que se engendra por diferencia de ritmo, así el sonido y la radiación, siendo ambos movimiento vibratorio, se distinguen tan sólo por diferencias de ritmo, son notas diferentes de magnífico pentágrama, cuyos sonidos representan calor, luz y electricidad, manifestaciones distintas de la misma forma de movimiento, momentos diversos de una evolución que comprende las modificacio-

nes todas de la energía vibratoria, lo mismo las ondas más rápidas y de menor longitud que se determinan en fenómenos químicos y eléctricos, que las ondas de la luz, y aquellas de mayor longitud que causan efectos térmicos y las otras más largas y más lentas todavía, que constituyen la escala inmensa de todos los sonidos.

---



## Enunciado de las leyes de la Radiofonía.

Tiempo es de resumir todo lo expuesto, determinando las leyes generales de la Radiofonía, á fin de facilitar el posterior trabajo que haya de emprenderse, con cuyo resúmen creo completar la larga exposición de hechos, tan necesaria al objeto propuesto.

Hé aquí, pues, el enunciado de tales leyes:

A.—Siempre que cualquiera radiación intermitente se hace incidir sobre cuerpos gaseosos ó sobre sólidos tallados en forma de láminas delgadas, prodúcese sonido, cuyo tono está determinado por la velocidad con que la radiación se interrumpe.

Esta ley constituye, según ya se dijo, el primer principio de la Radiofonía, porque señala el carácter de generalidad del fenómeno y su manera de producirse. Las leyes particulares se refieren á dos órdenes de consideraciones distintas y son: los caracteres especiales del fenómeno y sus causas, del modo siguiente:

a) No es efecto la Radiofonía de vibración transversal de la placa receptora, como sucede en las vibraciones generales de las placas.

b) No dependen los sonidos radiofónicos ni de la naturaleza de los receptores, ni de su estado de agregación.

c) Resulta principalmente la Radiofonía de acción ejercida sobre la superficie del receptor.

d) Dependen, y son resultado los fenómenos radiofónicos, de acción directa de las radiaciones sobre los receptores.

e) Producen la Radiofonía las radiaciones térmicas, ó sean las de mayor longitud de onda, que ocupan la porción roja é infra-roja del espectro.

f) Es la capa de aire en contacto inmediato con los receptores el lugar donde se produce la vibración sonora.

Muy poco queda ya que decir acerca de estas leyes, que expresan perfectamente el resultado de

los experimentos de Mercadier y Tyndall; así que únicamente habrán de añadirse cortísimas observaciones que, mejor que á las leyes en sí, refiérense á aplicaciones de ellas.

Debe notarse—y esto constituye su principal mérito—que nada se ha supuesto, ni á otra cosa sino á experimentos se atendió para fijar las leyes de la Radiofonía, lo cual no implica que pudieran haberse deducido por puro raciocinio, partiendo sólo del hecho fundamental, y á él aplicando los principios generales de las trasformaciones de energía; pues ya es sabido que no por ser nuevo el asunto deja de comprenderse perfectamente dentro de las leyes generales ya determinadas y conocidas.

Considerando que el fenómeno de la Radiofonía depende de propiedades térmicas, se concibe la posibilidad de modificar los medios de experimentación para determinar poderes absorbente y reflector de los gases, modificando medidas y rectificando números. Algo de esto se propuso, sin duda, Mercadier al construir las llamadas *pilas termofónicas*, que no son otra cosa sino receptores dispuestos en forma de tubo y reunidos en superficie ó en série, cuyas disposiciones multiplican considerablemente los sonidos.

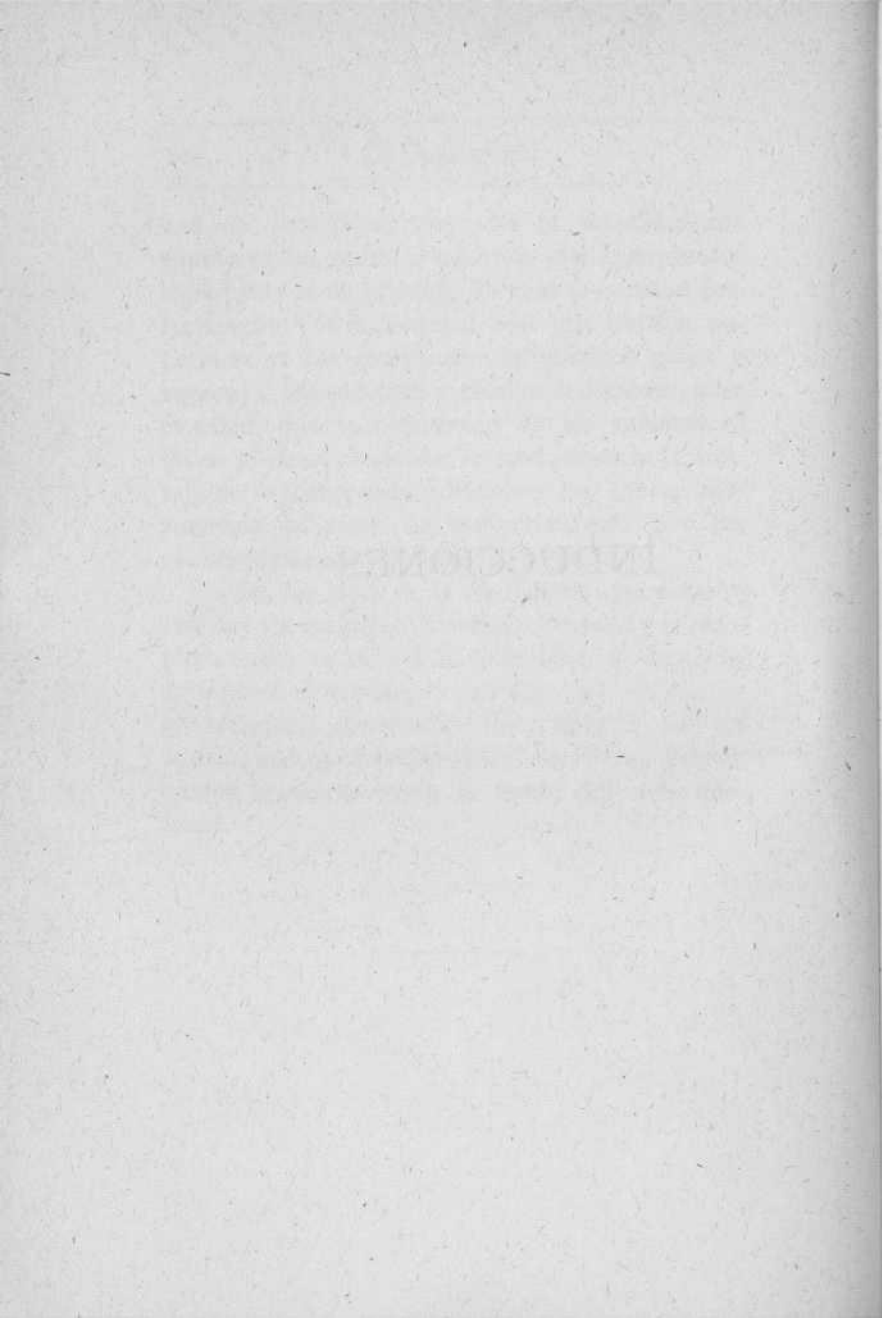
Tambien la Radiofonía demuestra la possibili-

dad de determinar por ella la velocidad del sonido en los gases, repitiendo los interesantes experimentos de Dulong, lo cual se concibe perfectamente por la facilidad con que pueden encerrarse en los receptores radiofónicos gases y vapores á temperatura y presión constantes, pues es sabido que la conmoción de los mismos es quien produce el sonido; lo cual presenta la ventaja de suprimir todo orificio en los tubos, destruyendo la causa de error motivada por las corrientes de aire que por ellos entra.

En fin, las leyes de la Radiofonía permitieron realizar un magnífico ensayo, coronado por completo éxito, relativo á la trasmisión á distancia de sonidos articulados y palabras, por medio de la radiación, y si el termófono, aparato que tal realizó, es hoy sólo curiosidad científica, perfecciones sucesivas acaso le harán útil más adelante.



# INDUCCIONES



### Consideración del hecho en la ciencia natural.

No es posible llegar á lo que en el orden de las ciencias naturales se dice conocimiento, sino á condición de examinar y estudiar, con minucioso cuidado, aquello que constituyendo el material de la ciencia, ni por entero la forma, ni aisladamente la determina. Ciertamente es el hecho, fragmento y sólo fragmento de esa sublime realidad de la Naturaleza; pero representa siempre una manifestación suya, algo de su actividad, y sólo este fragmento de la realidad toda, este pedazo de la gran unidad, es posible ver y estudiar para llegar, no á conocer, sino á vislumbrar y como adivinar qué cosa sea este Universo infi-

nito en que todo se mueve y agita, formando parte de su inmensa grandeza.

Como el arqueólogo, que del estudio de una estatua, del pedazo de alguna construcción que los tiempos han respetado, de la inscripción de una lápida ó de cualquier medalla, llega hasta determinar una civilización entera; á la manera que el filólogo, por algunas palabras adulteradas, perdidas en la riqueza de cualquier idioma moderno, construye el lenguaje de pueblos y razas ya extinguidas, que apenas de ellas hay la menor huella ó traza; así el científico, ya que no le es posible el conocimiento de la Naturaleza sino de manera fragmentaria, aprovéchase de los pocos materiales que se le ofrecen, y del estudio de los hechos, de la consideración del sencillo fenómeno, elévase, por lógicas y bien fundadas inducciones, á la concepción general de la Naturaleza entera.

Más conviene en verdad, para cumplir el fin especial que la ciencia se propone, el estudio del conjunto que la consideración del detalle, y aun para satisfacción del espíritu investigador, mayor y más fructífero es el campo de la pura teoría que la investigación del pormenor del fenómeno, cosa de suyo pesada, y trabajo que, sin otro auxilio que sus propios resultados, no conduce ni á leyes

generales, ni á determinación de los primeros principios de la ciencia. Pero, no obstante, el hecho en sí y su investigación analítica, tienen importancia inmensa en la constitución de la ciencia y en la comprobación de las leyes por las cuales se rigen todos los fenómenos que en la Naturaleza se estudian.

Cual en la arquitectura ninguna moldura aislada, ningún elemento del edificio, constituye por sí solo la obra de arte entera y completa; como en la música, la nota simple y el acorde desligado de todo otro elemento musical, no forman cosa alguna que de acabada, completa y perfecta pueda calificarse, artísticamente hablando; como en la pintura el color y el dibujo son únicamente elementos y sólo elementos de una unidad superior que es el cuadro; así el hecho en la ciencia es tan sólo elemento ó material que sirve para la construcción de ella, andamio sobre el cual se apoya su edificación; mas terminada ésta, tiene que desaparecer y ocultarse y permanecer como escondido dentro de aquel principio sintético, de orden puramente racional, en el cual la ciencia entera se contiene.

Pero, á la manera que un detalle de la construcción, la moldura ó el adorno que modifica las formas esenciales del arte arquitectónico, es bella

por sí sola, considerada aisladamente, como si se arrancase del edificio; de igual manera que un motivo musical, breve y sencillo, ó el pormenor artístico de cualquiera obra de música es bello y produce por sí mismo emoción estética; del mismo modo que la figura saliente de un cuadro puede quitarse y separarse de la composición y resultar hermosa obra de arte ella sola, y obra tan completa que llene enteramente todas las condiciones precisas para producir efecto estético en grado máximo; así el hecho en la ciencia es apto, por lo que en sí mismo hay, en cuanto manifestación de la gran actividad de la Naturaleza, para excitar todo el interés del científico, para cautivar la atención del investigador, cual cautiva la atención del artista el fragmento de la estatua, el detalle de la construcción que el tiempo ha respetado, la figura hermosa, ya medio borrada, en cuyas líneas y color se revela la fantasía creadora del artista, como se adivina en un fenómeno cuya realidad abrumba, trabajo magnífico y maravilloso de esta Naturaleza, que todo lo contiene y sostiene, que á sí misma se contiene, que á nosotros mismos comprende como cosa propia, de ella dependiente y á ella subordinada por leyes y relaciones precisas y exactas.

Por eso hay que considerar el hecho en la cien-

cia bajo dos aspectos distintos, que en cierto modo vienen á completarse y expresan, sin embargo, dos momentos diversos de la evolución y desarrollo de la ciencia. Uno se refiere á la determinación y estudio del fenómeno como simple material de la ciencia, como elemento que provisionalmente puede dar razón y explicar, en cierto modo, el mecanismo general de la Naturaleza al manifestarse, bien entendido que este carácter ha de desaparecer, y aun el hecho mismo dejar de tenerse en cuenta, como tal elemento aislado y perfectamente conocido, desde el momento en que el espíritu del investigador, prescindiendo del cansado conocimiento del pormenor y del detalle, puede elevarse á establecer leyes y categorías de pura razón, que abrazando la ciencia por entero, releguen el fenómeno, si no al olvido, porque es elemento que sirve para elevarse á los primeros principios, á otro orden menos importante que aquel que en los primordiales momentos se le concedía; por donde se ve que el investigador, al par que descubre más hechos y experimenta sobre mayor número de fenómenos, va destruyendo su obra; puesto que, á medida que por la experimentación adelanta la parte verdaderamente racional de la ciencia, aquélla va perdiendo importancia y dejando de ser cosa indispensable. Otro se rela-

ciona con lo que puede llamarse el momento en que la ciencia está en el período de su completo desarrollo, en cuyo punto el hecho puede ser considerado como comprobante ó testigo, cuando de aquella suprema ley racional se ha de descender, por pura deducción, hasta el fenómeno mismo, simple elemento, punto de partida para llegar al primer principio que á toda la ciencia comprende y abraza.

Para fijar con claridad estos dos términos se hace preciso que consignemos nuestra manera de ver respecto de la evolución y períodos de desarrollo de la ciencia.

Tengo para mí que no por su objeto precisamente, sino por sus métodos y por el desarrollo que éstos adquieren, se diferencian unas de otras las ciencias naturales. Ellas tienen y reconocen como fin el conocimiento de la Naturaleza; ninguna se sale del campo de esta misma Naturaleza, y su objeto es siempre presentarla en toda su realidad y grandeza, no en fragmentos ó aspectos distintos, cada uno de los cuales representa el fin y objeto de cada ciencia, sino toda entera con sus cambios infinitos, con sus movimientos y evoluciones, con todas las determinaciones de su vida. Y por eso no hay ciencia que de la Naturaleza se ocupe, no hay procedimiento cien-



tífico, tratándose de este orden de investigaciones, que no se dirija á formar ó establecer un concepto primero, que pueda explicar y contener, como en símbolo, toda la evolución de la vida de este sér inmenso que en sí contiene las evoluciones todas de cuantos seres viven en su seno y á sus expensas. La Física, en el período en que hoy se encuentra, desde aquella hipótesis que todo lo refiere á la unidad de la energía, atribuyendo los fenómenos á variaciones de movimiento; la Química, en ese momento de transición que hoy alcanza, en el cual tiende á simbolizar lo que por medio de leyes ha generalizado; la Geología, estableciendo leyes que comprendan los hechos que la observación ha reunido; la Botánica, la Zoología y las ciencias biológicas, acumulando materiales y ordenando hechos y clasificándolos por sus analogías; la Mecánica, comprobando las leyes del movimiento, y el Álgebra y la Geometría en el período más alto de su evolución, en el cual ya la experimentación ha perdido su importancia, y los procedimientos, los métodos y las consecuencias son perfectamente ciertos; todas las ciencias, en cualquier fase de su desarrollo, desde aquel primer momento en que comienzan á reunir los datos más sencillos y precisos, hasta el período en que es tanta la fe en

sus resultados y en sus métodos que no hay necesidad de comprobación de ninguna clase, todas demandan una idea de Naturaleza, todas tienen por objeto y fin principal lograr esta idea, alcanzar este concepto, llegar á este ideal supremo, que es la aspiración de toda ciencia, ó más bien, la aspiración y el ideal perenne del hombre que, colocado en esta misma Naturaleza, interrógala sin cesar é inquiera en ella el arcano misterioso de su existencia, fin, objeto, ideal y aspiración de cuanto es y puede ser motivo de investigación y análisis.

De aquí se deduce que cuanto diferencia y distingue á las ciencias naturales, es únicamente el procedimiento ó sea el método, del cual es función el período de desarrollo que alcanzan en momentos determinados, y creo yo que por parecerse en todo, en esto se asemejan también las ciencias al arte: el fin del arte es producir emoción estética, excitar el sentimiento haciéndonos pensar y ver la belleza en su expresión más alta, de manera que sea sentida en toda su idealidad y pureza, desunida de cuanto pudiera impedir que brillase con su magnífico esplendor. Todas las artes reconocen como ideal esta perfecta expresión de la belleza, todas tienden á alcanzar este ideal de producir la mayor y más grata

emoción estética, como todas las ciencias reconocen por fin y objeto establecer noción precisa, concepto exacto y cierto de la Naturaleza; pero así como las artes se valen de formas distintas, y unas veces apelan al color para hacer sentir la belleza, y otras combinan sonidos para producir emoción estética, y en ocasiones reproducen las formas humanas ó en poesía sublime cantan las bellezas de los cielos y de la tierra, así las ciencias, si unas apelan á los procedimientos que dan á conocer la composición de los seres, y otras averiguan y sorprenden las más íntimas transformaciones de la energía, mientras que algunas se contentan con acumular y formular analogías de datos que la observación da á conocer, y otras, por maravillosos métodos, llegan á dominar y gobernar la fuerza misma de la Naturaleza; todas se dirigen, por caminos diversos, al mismo fin, todas van al conocimiento de esta Naturaleza tan grande como bella, no de otro modo que con distinta velocidad y por diversa trayectoria van los colores que el prisma ha dispersado á reunirse en un punto de luz blanca, ó como las varias impresiones y las sensaciones diversas que en nosotros producen los aspectos distintos de un mismo objeto, se unen por misteriosos hilos de luz dentro del sér, formando idea, concepto, noción de aquel

objeto: que así también las distintas artes, con sus variados modos de expresión, con sus formas, vagas ó determinadas, con sus procedimientos analíticos ó abstractos, con cuanto tienen en sí, en una palabra, se completan, se unen, se compenetran para producir en nosotros la mayor suma de emoción estética, para hacernos sentir esa belleza infinita y eterna que en todo reside y que tan pródiga se muestra en esta Naturaleza, toda vida, toda luz, toda poesía.

En cuanto á las cualidades que, respecto del desarrollo de los métodos, distinguen á las ciencias naturales, paréceme perfectamente justificada y lógica la clasificación que dió á conocer Delbœuf, teniendo en cuenta los momentos que pudiéramos decir críticos en la evolución científica. Siguiendo á este autor, deben admitirse cinco períodos ó momentos, que indican grados diversos del desenvolvimiento del método; estos cinco períodos son: el de *observación*, en cuyo momento el trabajo de pormenor é investigación del fenómeno y su clasificación forma objeto de la ciencia; el de *generalización*, ó sea aquel punto en el cual cabe establecer leyes y aventurar hipótesis, aunque luego haya que rechazarlas; el de *simbolización*, que viene á ser como la terminación del trabajo experimental, pues en él se formula

el concepto de la ciencia, estableciendo aquella hipótesis ó ley suprema que comprende y abraza todos los hechos, al modo que un símbolo encierra y contiene todo un sistema de ideas ó toda una concepción artística; el de *comprobación*, en el cual se procede ya por método deductivo, en cuanto sólo se pretende demostrar el primer principio de la ciencia, apelando á los hechos que se descubren y estudian; por donde éstos, encajando en el molde de la doctrina científica, danle más carácter de certeza y aumentan la creencia en su exactitud y bondad; y el de *consagración*, que viene á ser como la abstracción de la ciencia; pues llegado tal período, ya nada se intenta demostrar, la generalidad de los principios es tan grande que todas cuantas aplicaciones puedan hacerse y consecuencias deducirse caben perfectamente en ellos y ellos las explican, y en cuanto á su exactitud y á la eficacia del método, tiénense por indudables y nadie se cuida de demostrarlas, porque son verdades que residen en la conciencia, de tal manera, que apenas puede creerse que hayan sido adquiridas por la experimentación, sino más bien á virtud de intuición maravillosa.

Admitido esto, venimos necesariamente á parar en que el método en la ciencia tiene tres grandes fases, ó se divide su evolución en tres ciclos,

que comprenden la investigación, la inducción y la deducción, abrazando la primera el primer momento del desarrollo de la ciencia, la segunda los dos momentos siguientes, y la tercera el cuarto y quinto período que hemos considerado. Y también puede advertirse que cuanto ordinariamente se dice ciencia, está realmente formado al alcanzar el período de simbolización, pues el símbolo en la ciencia representa ya, como en el arte, un punto de vista muy elevado por sobre los hechos, respondiendo á un ideal, cual responde el símbolo artístico, y expresando, cual éste lo expresa, á la par que concepción superior de la ciencia, vivo y grandioso sentimiento de la Naturaleza, elemento indispensable para elevarse á esos conceptos abstractos, en donde la pura razón pueda explicar el detalle y el fenómeno sin tenerlo presente, y aun sin necesidad de que se verifique en la Naturaleza, porque en el símbolo pueden contenerse leyes y explicación de hechos no observados todavía, de fenómenos que el investigador no conoce. Desde la simbolización hasta el último momento indicado, el trabajo del científico y método de la ciencia puede decirse que son inversos: la experimentación, trabajando de continuo en su ruina, ha llegado á hacerse inútil; el símbolo viene á ser como su expresión científí-

ca y artística; al procedimiento de detalle y descripción sucede el método que consiste en expresarlo todo por fórmula simbólica; el trabajo inductivo ha permitido reunir, en una sola ley, todos los hechos; la generalización alcanza su período álgido, y de ella se pasa, por labor más delicada, á ese primer principio, á esa síntesis suprema en donde converge la ciencia toda con sus leyes y sus fenómenos; entonces ya sólo se busca comprobación, ya no se quiere otra cosa sino demostrar la verdad del principio, que es la verdad del símbolo, en todas sus consecuencias, y cuando esto se hizo, cuando basta la "consideración y estudio de un solo hecho, del simplicísimo fenómeno, para elevarse á las más altas concepciones de la ciencia y alcanzar solución sus arduos problemas y determinar el símbolo de mayor generalidad; entonces llega el momento de su consagración, que es como la resultante, la integración de todos los trabajos, de todos los esfuerzos, de todos los métodos empleados en el estudio, coronamiento de la mejor y más sublime de las obras del pensamiento humano, que alcanzando, no la meta de sus deseos, pero sí el punto que sus esfuerzos le permiten, puede comprender lo que es esta Naturaleza en cuyo consorcio vive, admirarla de cerca y satisfacer sus ansias, re-

creándose en la contemplación infinita de sus incomparables bellezas.

Cuanto de artístico tiene el sistema, lo que en él interviene este precioso elemento del sentimiento de la Naturaleza, tan sin razón despreciado por algunos, no hay para qué decirlo. En esto se parecen más que en nada la ciencia y el arte. Para hacer arte, como para llegar á la concepción más elevada de la Naturaleza, es necesario sentir, es preciso tener sentimiento de esta misma Naturaleza, tan hermosa como sencilla en sus principios y en sus leyes inflexibles; hay que sentir las palpitaciones misteriosas de su energía, analizarlas una por una, sorprender sus leyes, reunir las en una síntesis y elevar esta síntesis á símbolo, que es como representación de la pura idea. Quizá haya en esta opinión mía algo de idealismo, acaso estas mismas palabras tengan mucho de misticismo científico y expresen vaga aspiración y ansia ferviente de elevar mi pensamiento muy por encima de esta lógica abrumadora de los hechos, de este pormenor y detalle, de esta investigación de los fenómenos, cuyas apariencias parece que velan una claridad más esplendente, una luz vivísima que debiera iluminar mi espíritu, apartándole de esta fría labor y mostrándole, con todo su esplendor, la idea



y concepto de la Naturaleza. Haya esto en mis palabras ó derívese de ellas cualquiera otra consecuencia, pienso hace ya tiempo, puede decirse desde el instante en que he consagrado todo mi trabajo al conocimiento de los fenómenos naturales, que no basta sólo el análisis, que es insuficiente el trabajo de la determinación del fenómeno, que aun el puro raciocinio no llega, que es preciso sentir la Naturaleza, excitar y trabajar el sentimiento en la contemplación de sus maravillas para llegar á comprenderla, para alcanzar ese símbolo, ese principio que representa y encierra lo más grande y sublime á que es dado llegar á este espíritu humano tan poderoso y tan dominado por ansias de conocer cuanto le rodea para conocerse después á sí mismo, que tal es, en último término, el fin y objeto de todo trabajo, de todo estudio y de toda ciencia.

Por todo lo dicho se comprende la doble manera como consideramos el hecho en la ciencia. Por una parte, es elemento indispensable para llegar á la generalización y al símbolo, y por otra sirve, en el período de comprobación, para afirmar el primer principio de la ciencia, y su estudio lleva á los más altos é interesantes problemas que ella abraza.

Desde ambos puntos de vista ha de considerar-

se la Radiofonía en esta última parte del trabajo emprendido. Hasta ahora se ha determinado el hecho y se enunciaron sus leyes; por tanto, falta precisar su causa y ver qué añade á lo ya conocido, y esta será la primera cuestión que ha de examinarse; después se estudiará otra muy importante, que se relaciona con el conocimiento de ciertas relaciones, ya indicadas en el mecanismo del fenómeno radiofónico, entre las manifestaciones del calor y las del sonido, relaciones que acaso modifiquen la manera de considerar la génesis del movimiento vibratorio que lo produce; por donde se ve que el estudio atento de un fenómeno puede llevarnos á generalizar cualquier ley y á modificar nociones é hipótesis tenidas antes por verdaderas y exactas, con lo cual puede darse por terminada la parte que se refiere á la consideración de la Radiofonía como elemento científico.

En lo que toca á la manera como el hecho que se estudia comprueba y demuestra las leyes generales y el primer principio de la ciencia, trataremos de hacer ver de qué modo, examinando el fenómeno de la producción de sonidos por radiaciones, hecho que en sí nada tiene de complejo, podemos elevarnos á tratar las cuestiones más transcendentales de la Física moderna, confirman-

do, de esta manera, lo antes indicado respecto de los períodos ó momentos del desarrollo de la ciencia, que se condensa perfectamente diciendo que la Naturaleza está en todo y que cualquiera de sus fenómenos encierra en realidad todos los demás; pues de su estudio es posible llegar, por pura inducción, al concepto del Universo que posee actualmente la ciencia.



### Discusión del primer principio de la Radiofonía.

En este tiempo que alcanzamos, la actividad humana, dirigida al conocimiento de la Naturaleza, con ardor no igualado jamás, ha descubierto una serie de fenómenos, por todo extremo notables é interesantes, no sólo en lo que se refiere á sus aplicaciones á diversos usos de la vida, sino, aun más, dentro de la ciencia pura. Tratan los hechos de que se habla de determinar relaciones íntimas entre las diversas especies de movimiento vibratorio que apreciamos como fenómenos de sonido, luz, calor y electricidad: y de tal manera se ha realizado la unión de esto que antes se creía muy separado y sin relación alguna, que es po-

sible y fácil hacer de la corriente eléctrica vehículo que con inmensa velocidad conduce el sonido, del rayo de luz origen de notas musicales y de la radiación calorífica vibración sonora.

Precisamente esta última transformación constituye el hecho fundamental de la Radiofonía, hecho en el cual no ha de verse, ni por otra manera ha de explicarse, sino por las leyes generales que rigen toda la evolución de la energía en los distintos cambios ó transformaciones de movimiento. No siendo la radiación otra cosa que movimiento, propagado con cierta velocidad, correspondiente á ritmo determinado, tanto valdrá convertirla en sonido, empleando para ello cualquier mecanismo, como cambiar el ritmo de su movimiento, como variar, acelerándola ó retardándola, la velocidad de propagación de la onda térmica; por donde, en nuestro entender, no es preciso inventar teorías nuevas, ni apelar á otras hipótesis y leyes que las conocidas, para explicar el fenómeno de que nos ocupamos. Demuéstrase esto examinando, con alguna detención, el primer principio enunciado al comenzar este trabajo y las leyes á que el estudio de la Radiofonía nos ha conducido.

Á poco que fije el lector su atención en la manera como se llega al conocimiento de la pro-

ducción de sonidos por radiaciones intermitentes, verá que realmente sucede con este fenómeno lo mismo que con los demás hechos naturales; pues como en todos, su conocimiento es á modo de función de los medios exteriores, tanto que sus caracteres sólo podemos afirmarlos dentro de ciertos límites, enunciar sus leyes únicamente como experimentales, y considerar el principio general, que indica el mecanismo del hecho, como apreciación rectificable y sujeta á corrección. Nada hay en la Radiofonía distinto de los demás fenómenos de la Naturaleza: las propiedades asignadas al sonido producido por radiación refiérense á condiciones puramente exteriores del fenómeno, según veremos más tarde, y las leyes indicadas, en último término, representan sólo condiciones también, dentro de las cuales es posible hacer variar el modo de producción del hecho fundamental. Aun diré más. Para mí, el hecho de la Radiofonía se producía en la Naturaleza, sin ser para nosotros conocido, pasando tan desapercibido á los ojos del investigador sagaz, como pasan multitud de otros fenómenos aún de mayor interés para la ciencia; que es la energía, en sus diversos modos de manifestarse, complicada por todo extremo, y sus movimientos de más bulto envuelven y esconden los más pequeños,

como un sonido muy intenso apaga y esconde otros sonidos que al mismo tiempo se producen. Al afirmar esto consigno una opinión justificada precisamente en el principio fundamental de la Radiofonía: si es cierto—y los experimentos así lo demuestran—que siempre que una radiación se hace intermitente hay producción de sonido, ó se admite que hasta los primeros experimentos de Graham Bell jamás se interrumpiera, en ninguna ocasión, variará el ritmo de todos los movimientos vibratorios propagados en forma de radiaciones, en cuyo caso no pudo producirse el fenómeno radiofónico, ó se concede que en esta especie de oleaje de la energía, en este subir y venir y trasformarse y cambiarse en infinitas formas, produciendo cuantos fenómenos son su manifestación, las radiaciones se han interrumpido muchas veces, la velocidad de un movimiento vibratorio ha cambiado, tomando en estos cambios multitud de formas, y en este caso, el fenómeno de la Radiofonía se produjo; sólo que, embargado nuestro espíritu en la contemplación y estudio de otros fenómenos, no advirtió el sonido de las radiaciones, ó falto de medios para apreciarlo, no pudo aislarlo de otras armonías de la Naturaleza, no pudo escogerlo de entre tantos otros movimientos y cambios de energía.



Así sucede, en general, con los fenómenos naturales: todos ellos se producen siempre, en la Naturaleza están continuamente y al espíritu toca, si ha de formar concepto del Universo, conocerlos uno por uno, hacerse cargo de ellos y por experimentación estudiarlos, para llegar, después de minucioso y atento examen, á aquella ley general que comprende, en símbolo, todas las manifestaciones de la energía ó de la actividad natural.

Conviene á mi propósito indicar, en primer término, la generalidad del fenómeno de la Radiofonía, generalidad que consiste en señalar primero una propiedad nueva en todo movimiento que se propaga como radiación, y después en asignar á los cuerpos condición ó capacidad de producir sonido, cuando distintas radiaciones inciden sobre ellos; por donde se viene á establecer suerte de relación nueva entre un movimiento que se propaga y el medio por que ha de propagarse, de cuya relación, á su vez, puede aún deducirse qué pasa con las radiaciones, en el fenómeno de la Radiofonía, lo que sucede cuando un rayo de luz cambia de medio de propagación, lo que acontece, en último término, con todo movimiento, al pasar de un medio más elástico y menos denso á otro menos elástico y más denso.

Como la refracción y la reflexión no son sino cambios ó modificaciones que el movimiento sonoro, térmico ó luminoso experimentan en su camino, ya por llegar á medios que los transmiten ó absorben en cantidad insignificante, rechazándolos en mayor proporción, ya por atravesar cuerpos de distinta densidad, que ofrecen resistencias varias, las cuales causan desviaciones en la trayectoria de los movimientos vibratorios ó disminución de su velocidad, así el sonido que las radiaciones intermitentes producen al chocar con cuerpos capaces de absorberlas en gran cantidad, no es más que modificación de movimiento, cambio de ritmo y velocidad de una onda, que si antes producía ó podía producir fenómenos térmicos y luminosos, después de hacerse intermitente, y por lo mismo de más largo período, produce manifestaciones sonoras, con intensidad proporcional al número de veces que en la unidad de tiempo la radiación se interrumpe.

Examinando más de cerca este primer principio, cuyo estudio y crítica nos ocupa al presente, veremos demostrada, con mayor claridad, la doctrina que se ha expuesto y la opinión que se ha emitido. Decíamos, en otra parte del presente estudio, y establecíamos tal dicho como ley fundamental, que siempre que un rayo de luz—y podemos

afirmar que toda radiación luminosa ó térmica— se hace intermitente haciéndola pasar, por ejemplo, por aberturas practicadas en el borde de un disco que gira con rapidez, si se hace incidir sobre una lámina delgada de cualquier sustancia ó sobre un gas, la lámina ó el gas producen sonido, cuyo número de vibraciones es igual al de interrupciones del rayo luminoso en un segundo; y ahora se trata de demostrar que las intermitencias de las radiaciones y el sonido que producen son únicamente consecuencia de cambios de velocidad del movimiento, variaciones de ritmo, semejantes en todo á las que se producen en la trasmisión de cualquier acción dinámica por medios de distinta constitución.

No se afirma esto, en verdad, partiendo de dato experimental perfectamente cierto, sino acudiendo á aquellos principios admitidos en la ciencia, que constituyen la teoría más trascendental de la Física moderna. Según ellos, afirma la unidad de la energía, todo fenómeno, toda manifestación de movimiento, se reduce simplemente á variaciones de cantidad, ya que por cantidad y como cantidad es dado apreciar todo el mecanismo y función de la actividad de la Naturaleza. Y es tanta la importancia del elemento cuantitativo en las ciencias naturales, que todo el

afán del investigador es determinar medidas, y su fin se reduce por entero á comparación de fenómenos con unidades dinámicas, que constituyen como puntos de partida y término fijo de relaciones muy diversas, formadas por las distintas cantidades, representaciones de los varios hechos que el científico descubre y estudia; por eso un fenómeno está tanto mejor determinado cuantas más y mayores relaciones numéricas se hayan establecido entre él y el término fijo que se ha establecido como unidad ó término de comparación; lo cual explica el afán incesante y deseo ardiente de cuantos al estudio de las modificaciones de movimiento se consagran, de determinar y fijar unidades dinámicas, que sirven para comparar y valorar los distintos fenómenos, y que por su condición de dinámicas, permiten referirlos á las inmutables leyes establecidas por la Mecánica para todos los movimientos.

Siendo como es el elemento más indispensable que concurre á la producción del hecho radiofónico, movimiento y movimiento vibratorio, enteramente subordinado á las leyes generales de la Mecánica, y constituyendo, por otra parte, causa especial, capaz de dotar á los cuerpos sólidos y gaseosos de propiedad que antes no tenían, cuya propiedad se revela, á su vez, por movimiento vi-

bratorio, si distinto, en cuanto á la forma, de la radiación, perfectamente idéntico á ella en su génesis, nada más lógico, nada más conforme con el modo actual de considerar los fenómenos naturales, que suponer á la Radiofonía hecho análogo á todas las variaciones de movimiento vibratorio estudiadas con el nombre de fenómenos físicos.

Otra observación, si cabe más y mejor fundada en la consideración de los hechos como elementos de la ciencia, apoya decididamente esta opinión. Basta hacerse cargo de lo que significa la propagación del movimiento ondulatorio á través de medios distintos, que por su naturaleza especial han de causar variaciones en la forma de la trayectoria y cambios en la velocidad del movimiento, para notar que el fenómeno radiofónico se halla en este caso, y que, por lo mismo, debe considerarse como hecho perfectamente dentro de la ley generalísima que comprende todas las variaciones del movimiento vibratorio. Consideremos para ello la acción especial de cualquier radiación sobre los cuerpos: sea, por ejemplo, un movimiento térmico, transmitido por cualquier foco de calor á través de un gas de densidad variable, hasta un cuerpo sólido, opaco y de color oscuro que, como es sabido, ofrece el mayor obstáculo posible á la trasmisión ó paso de las ondas

térmicas. Según las leyes admitidas actualmente, el paso de la radiación térmica por cada elemento de la masa gaseosa ocasionará un trabajo proporcional á la relación existente entre la densidad y la elasticidad de este medio, de donde se sigue que esta onda al propagarse lo hará con velocidades variables, formándose su trayectoria por una línea sinuosa, pues que la superficie de la onda, experimentando resistencias, ha de aplastarse y como encogerse unas veces y otras alargarse, según el obstáculo que se le oponga sea más ó menos difícil de vencer; por tal trabajo, en esta lucha del movimiento ondulatorio progresivo, que como tal puede considerarse la radiación, pierde parte de su energía y llega aminorada á la superficie sólida en la cual ha de producir y causar trabajos efectivos y variadísimos. Si fuese posible aplicar á los cuerpos sólidos que absorben radiaciones el procedimiento gráfico que se emplea para demostrar las modificaciones de una cuerda que vibra, veríase cómo la energía que llega al sólido en forma de radiación, aumenta la velocidad de sus movimientos y modifica su dirección; notaríase la manera cómo el aumento de vibración interior corresponde á elevación de temperatura, el mecanismo empleado para transformarse la vibración absorbida, que como tal des-

aparece, en energía potencial, en aptitud especial que al sólido puede dar propiedades que antes no tenía, y sería posible, en fin, percibir esa lucha de un estado contra otro, de una parte, la radiación, pretendiendo vencer los movimientos que el sólido tiene por sí; de otra, el cuerpo, resistiendo al dominio y á la invasión del movimiento que lo solicita y rechazándolo y reflejándolo al exterior en cuanto puede. Es una lucha del movimiento vibratorio contra un medio, y una reacción del sólido contra el movimiento invasor: al fin la radiación es absorbida en su mayor parte, y el cuerpo sólido se adapta á la influencia que de fuera vino.

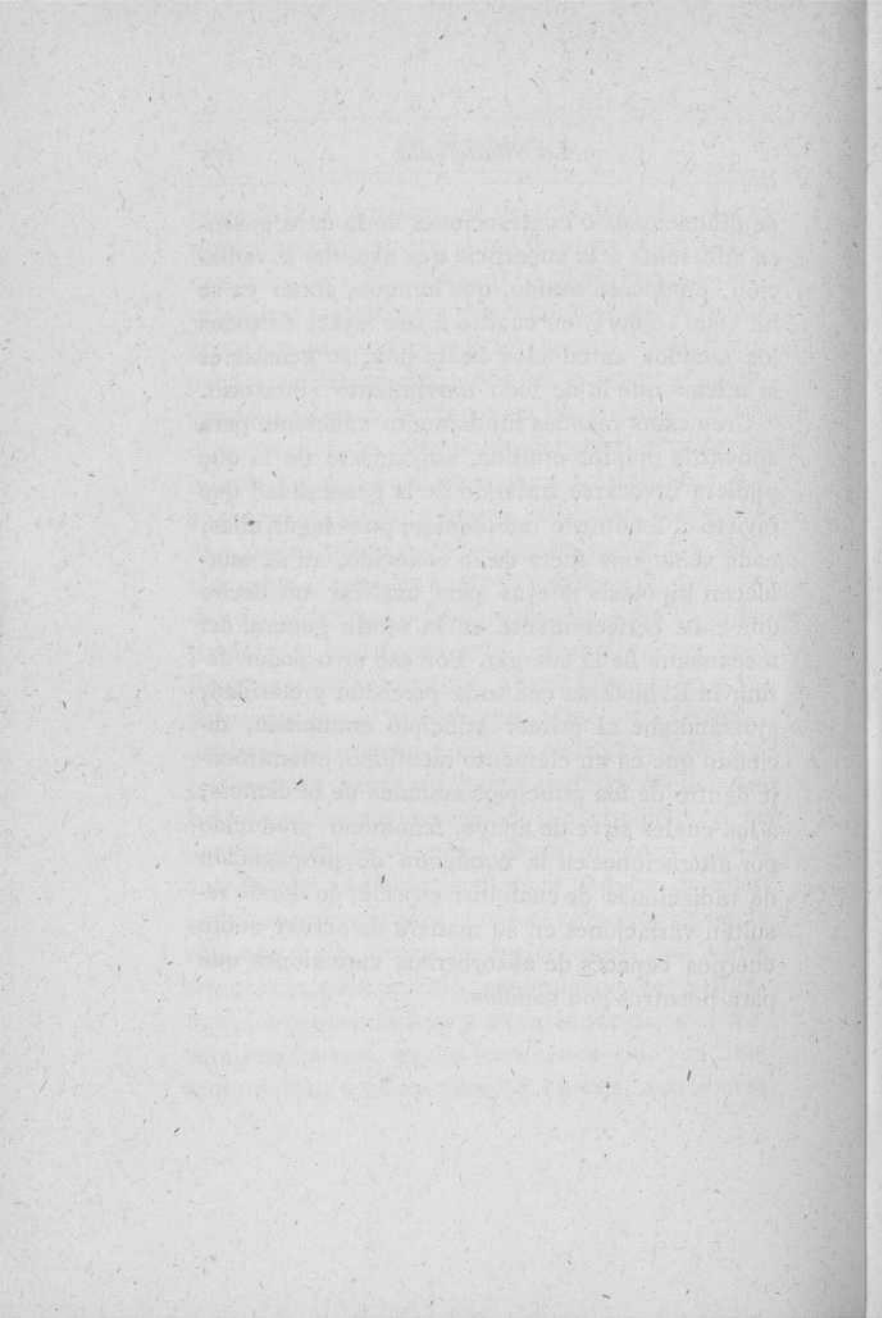
En mi sentir, es la Radiofonía fenómeno completamente análogo á éste y regido por las mismas leyes, porque, en último término, se trata tan sólo de modificar la propagación de un movimiento vibratorio, de producir alteraciones rítmicas en una serie de ondas que camina con velocidad determinada, por virtud de las cuales se modifica también la acción especial y la manera como debe actuar sobre los cuerpos dichos absorbentes. Para mí, hacer intermitentes las radiaciones vale tanto como engendrar modificaciones de tal naturaleza en las ondas que las constituyen, que lo que antes podía ser ó era aumento de

temperatura, aceleración del movimiento vibratorio interno y mayor suma de energía potencial, es ahora, en el fenómeno que estudiamos, sonido, vibración más grosera y menos sutil que aquellas otras que producen los colores; pero vibración al cabo, que del mismo modo se propaga y análogos efectos produce: como en las condiciones ordinarias ningún obstáculo de consideración se oponía á que las radiaciones se trasmitiesen por el medio ambiente y fuesen reflejadas ó absorbidas por los cuerpos, todo pasaba según las relaciones ya conocidas entre las sustancias calificadas de reflectoras ó de absorbentes y las energías térmicas y luminosas que á ellas llegaban; mas desde el momento en que se modifica la manera de propagarse el movimiento vibratorio térmico; desde el instante en que la radiación se interrumpe muchas veces en corto período de tiempo, han de variar por necesidad sus condiciones de acción sobre los cuerpos, de tal manera, que si suponemos cualquier sustancia dotada de gran poder absorbente para el calor, como los rayos de éste que á ella llegan se interrumpen con tanta frecuencia, se sucederán, con igual rapidez, enfriamientos momentáneos y elevaciones de temperatura rapidísimas, cuyos fenómenos sólo un instante duran, y como ellos, á su vez, son causa



de dilataciones ó contracciones de la capa gaseosa adherente á la superficie que absorbe la radiación, prodúcese sonido, que aunque, como ya se ha visto, difiere, en cuanto á sus leyes, de todos los sonidos estudiados hasta hoy, su génesis es la misma que la de todo movimiento vibratorio.

Creo estas razones fundamento suficiente para apoyar la opinión emitida, aun aparte de la que pudiera invocarse tratando de la generalidad que reviste el fenómeno radiofónico; pues según ellas, nada se supone fuera de lo conocido, ni se establecen hipótesis nuevas para explicar un hecho que cabe perfectamente en la teoría general del mecanismo de la energía. Por eso creo poder definir la Radiofonía con toda precisión y claridad, ajustándome al primer principio enunciado, diciendo que es un elemento científico, enteramente dentro de los principios actuales de la ciencia, á los cuales sirve de apoyo, fenómeno producido por alteraciones en la condición de propagación de radiaciones de cualquier especie, de donde resultan variaciones en su manera de actuar sobre cuerpos capaces de absorberlas, variaciones que para nosotros son sonidos.



### Capacidad de las radiaciones para producir sonidos.

Antes de elevarnos á la consideración de la Radiofonía en toda su generalidad, es preciso tratar de las leyes que á este fenómeno se asignaron, á fin de completar, de esta manera, el estudio del hecho radiofónico considerado como elemento científico.

Para ello conviene recordar primeramente que las leyes de que vamos á ocuparnos pueden dividirse en dos grupos, por cuanto unas pertenecen á la intensidad del sonido radiofónico, y otras al tono de este mismo sonido, y es también muy de tenerse en cuenta que tales leyes sólo poseen carácter experimental, en cuanto producto de in-

vestigaciones empíricas, practicadas más con ánimo de ver qué clase y género de influencias hacen variar el sonido que las distintas radiaciones producen, que con objeto de llevar el fenómeno hasta una de esas categorías, de orden puramente racional, símbolos que comprenden toda la ciencia de la Naturaleza. Y son tanto más dignas de consideración y estudio crítico las leyes de la Radiofonía, cuanto de ellas quiere deducirse por muchos, no sólo el mecanismo particular del fenómeno, sino su verdadera causa determinante, cosa ya de mayor entidad que habrá de ser tratada con gran prudencia y que requiere análisis más elevado y completo de la cuestión que se estudia.

Entrando ya de lleno en el asunto, trataremos de demostrar que las leyes experimentales de la Radiofonía confirman plenamente la doctrina antes enunciada, que pretendemos de establecer en esta parte inductiva del estudio emprendido.

Determinase cualquier fenómeno por una ecuación en la cual están contenidas todas las relaciones conocidas entre los distintos elementos que á la producción del fenómeno concurren; según esta regla, el hecho de la Radiofonía estará conocido desde el punto en que, vistas cuantas relaciones hay entre una radiación que se interrumpe y las

modificaciones que experimenta el cuerpo que la recibe, y cómo y en qué medida ambos elementos influyen en el sonido producido, puede establecerse una ecuación, en la cual se contengan todas estas relaciones y dependencias de elementos y efecto final. Al llegar al punto de formular la ecuación de cualquier fenómeno, realmente lo que se hace es formar un símbolo puramente racional, que abraza y contiene cuantas leyes y condiciones lo determinan, y de aquí que, alcanzado esto, y representado un hecho en ecuación, pueda descenderse, por inverso camino, hasta sus elementos más simples, y examinarlos con tanta minuciosidad cual si á ellos se aplicasen los más delicados procedimientos de experimentación. No se alcanzó tanto respecto del hecho de la Radiofonía, es cierto; pero me complazco en consignar que en las afirmaciones á que Tyndall y Mercadier llegaron con sus experimentos, sobre no haber suposición alguna gratuita, ni hipótesis que pudiera calificarse de atrevida y mal fundada, hay toda la severidad precisa en trabajos de alta ciencia y como promesa de graves é interesantes inducciones que habrán de modificar, seguramente, ciertos puntos de vista que actualmente corren por muy fijos y casi inmutables; cuando se está en presencia de un fenómeno por vez primera ob-

servado, es muy difícil determinar relación alguna entre sus elementos; por eso creo de gran mérito cuanto hicieron en este punto los dos sabios citados, trabajando aisladamente y acaso con objetos y para fines diversos.

Tratando el asunto de las leyes de la Radiofonía, debe advertirse una primera cualidad de este fenómeno en lo referente al tono del sonido producido. Decimos que la altura del sonido percibido en el acto de incidir radiaciones intermitentes sobre placas delgadas, de sólidos ó sobre gases, depende exclusivamente y se determina por la velocidad con que se interrumpen las radiaciones, lo cual significa que el tono de la nota dada por los receptores radiofónicos, ni de éstos depende principalmente, ni con la naturaleza ó especie de radiación se relaciona, al menos de modo inmediato. Quizá parecerá extraño este hecho en el momento de no depender su manera especial de verificarse de aquello que puede llamarse sus elementos esenciales; pero es lo cierto, y siempre los experimentos lo demostraron, que para nada influyen en el fenómeno de la Radiofonía, en lo que puede relacionarse con la altura del sonido, ni la naturaleza de la radiación, ni la del receptor sólido ó gaseoso.

Pensando un poco acerca de cuanto va dicho, y discurriendo sobre las leyes que se asignaron al

fenómeno radiofónico, se induce perfectamente lo apuntado, y con gran claridad se explica que únicamente la velocidad de interrupción sea verdadera causa del tono de la nota emitida. Recuérdese primeramente que interrumpir una radiación cualquiera vale tanto como disminuir la velocidad del movimiento vibratorio, de lo cual resulta que aquello que antes se manifestaba con fenómenos térmicos ó luminosos, sin perder jamás su carácter de oscilación, causa fenómenos sonoros, correspondientes á oscilaciones menos rápidas y de mayor longitud: admitiendo esto, resulta claramente explicado lo que se trata de probar, puesto que, cuanto más lenta sea la interrupción de las radiaciones, menos perderán de su velocidad y más bajo será el sonido que emitan, mientras que si las intermitencias son muy rápidas, aunque en realidad se anule mayor número de ondas térmicas ó luminosas, prodúcense ondas sonoras de menor amplitud, más cortas y más rápidas, y de aquí la elevación del tono del sonido radiofónico en relación con la velocidad del disco que interrumpe las radiaciones.

No viendo en la Radiofonía otra cosa sino conversión ó trasformación de movimiento vibratorio en otro de la misma forma, suerte de desdoblamiento de energías térmicas ó luminosas en

efectos sonoros, correspondientes á vibraciones menos sutiles y más materiales, resulta el efecto perfectamente explicado, puesto que se halla en las mismas condiciones de cualquiera otro sonido. Sucede aquí exactamente igual á lo que pasa en las vibraciones de una cuerda. Queremos elevar el tono de la nota emitida, pues aumentamos la tensión ó disminuimos la longitud, lo cual equivale, ó á producir mayor número de vibraciones ó á disminuir su amplitud; de igual manera, si se aumenta la velocidad de rotación del disco interruptor de las radiaciones, se hacen éstas más rápidas y se disminuye su amplitud, por donde resulta elevación del tono de la nota producida en la superficie del receptor sólido ó gaseoso.

Conviene insistir aún más acerca de la influencia de la velocidad de interrupción de las radiaciones, porque quizá sirva lo que ahora se añade á lo ya dicho para apoyar una teoría distinta de la establecida por Mercadier en lo que al mecanismo del fenómeno se refiere. Verdaderamente, interrumpir una radiación vale tanto como descomponer un movimiento vibratorio en otros de mayor longitud de onda y menos rápidos, porque al modo que una cuerda contiene y puede producir, empleando medios adecuados, todos los so-



nidos graves y agudos, así el rayo de luz ó de calor puede producir series de movimientos, unos más rápidos y otros más lentos, cada uno de los cuales se manifiesta para nosotros con caracteres distintos, que corresponden precisamente á la velocidad y amplitud del movimiento mismo. Al hacer intermitente la radiación, no se engendra sonido por un efecto particular, por una propiedad especialísima que el movimiento ondulatorio térmico ó luminoso tiene en sí, sino por la aptitud especial que posee de desdoblarse y descomponerse en vibraciones menos rápidas, de modo análogo al que tiene la luz blanca de desdoblarse y descomponerse. Esto, á mi ver, da razón perfecta y terminante de la relación que existe entre el tono de la nota emitida por el receptor y la velocidad con que la radiación se interrumpe, porque sucediendo las cosas tal como pretendo probar que suceden, resulta que cuantas más veces, en un tiempo determinado, se haga intermitente el rayo luminoso ó calorífico, mayor será el número de las ondas sonoras engendradas; todo lo cual quiere decir que más bien que á los poderes absorbente y reflector de la lámina sólida ó del gas que sirve como receptor, acaso al movimiento mismo, á la radiación hecha intermitente puede atribuirse, con mayores y más fundadas

razones, el sonido radiofónico, que hasta ahora, con sentido menos dinamista, pudiera creerse propiedad de las sustancias muy absorbentes, carácter de un cuerpo, en cuanto, por su constitución, posee aptitud especial para apropiarse y como anular toda radiación.

Si un movimiento vibratorio que se propaga con velocidad determinada se interrumpe, claro es que la rapidez de su marcha se habrá disminuído, que las diferentes ondas habrán cambiado, si no de forma, de amplitud, y que todo aquello que era rápido, impalpable, casi inmaterial, se convertirá, por desdoblamiento, en oscilaciones más groseras, más materiales y de mayor amplitud y más lentas, de donde se deduce que las propiedades que á la primitiva velocidad y rapidez correspondían, se trasformarán en otras propias del nuevo movimiento engendrado; pero bien entendido que este movimiento menos rápido estaba contenido en la primitiva vibración que se propagaba, porque las vibraciones rápidas y los movimientos dotados de gran velocidad, contienen y se forman de vibraciones de períodos distintos y de movimientos más lentos, al modo que un número elevado está constituido y en él se contienen otros números menores, de cuya suma procede.

Á ser las radiaciones movimientos simplicísimos, vibraciones sencillas por todo extremo, ondulaciones elementales é indescomponibles, no podría comprenderse, en manera alguna, que después de la intermitencia perdieran sus propiedades térmicas ó luminosas y se convirtieran en sonido, puesto que ni su velocidad, ni sus demás condiciones podrían por nada variar; pero siendo como es la radiación verdadera integral, formada por la unión de infinitos elementos, movimiento complejo por todo extremo, nada tiene de extraño que al hacerse intermitente y cambiar la velocidad de propagación se desdoble en algunos de los movimientos de cuya integración procede, como ciertos cuerpos de la Química se desdoblán y descomponen en sus elementos al oponerse á su estado natural una causa modificante contraria á este mismo estado. Ahora bien; establecido esto, ¿puede dudarse de la causa que produce la relación entre la velocidad de intermitencia de las radiaciones y el tono del sonido que ellas emiten? Evidentemente ha de admitirse como cosa perfectamente definida y que no da lugar á la menor duda que el tono ó altura del sonido radiofónico es proporcional al número de intermitencias que la radiación experimenta en la unidad de tiempo, puesto que á mayor velocidad de ro-

tación del disco interruptor corresponde mayor número de vibraciones sonoras, engendradas, según ya se ha demostrado, por disminución de velocidad y desdoblamiento de los movimientos vibratorios térmico y luminoso en otros, si de la misma forma, de distinta velocidad y diferente amplitud.

De lo dicho puede deducirse que más que á vibración de los cuerpos receptores, pretende atribuirse la propiedad de producir sonidos á las radiaciones mismas, en cuanto se descomponen en movimientos más lentos, lo cual vale tanto como admitir que toda radiación consta de cuatro especies distintas de ondas ó grupos de movimientos vibratorios, á saber: ondas químicas, colocadas en la porción ultra-violeta del espectro; ondas luminosas ó visibles que vienen en seguida; ondas térmicas, que ocupan la porción infra-roja del espectro, y *ondas sonoras* que se encontrarían en la región oscura y más caliente y todavía después de ella. Aun cuando más adelante, al tratar de las causas de la Radiofonía, habré de ocuparme detenidamente del asunto, conviene indicar que esta opinión, enunciada solo y únicamente como conjetura, más ó menos justificada por los hechos, deriva, á mi ver, de dos caracteres muy importantes, de dos propiedades esenciales del sonido

radiofónico, que son el que este sonido no proceda, como todos los sonidos hasta el día estudiados, de vibración transversal de la placa receptora en conjunto, sino, al parecer, de acciones sobre su superficie, y que estando en razón directa el sonido producido con la propiedad absorbente de los receptores, se exceptúen dos cuerpos—el vapor de yodo y el vapor de bromo—que siendo muy poco absorbentes, producen sonidos intensos.

Debo advertir que la opinión emitida no consiste en atribuir exclusivamente á la radiación la propiedad particular de producir sonidos, porque entonces no habría necesidad de receptores para percibirlos y no habría tampoco razón que explicara por qué el fenómeno de la Radiofonía no se verifica en los líquidos: lo que significa esta opinión es que la aptitud, la potencialidad pudiera decir, no está en el cuerpo sólido ó en el gas que sirve de receptor, está en la radiación, en cuanto energía, y se manifiesta por y en el cuerpo, en cuanto determinación de una actividad natural; lo cual vale tanto como filiar dentro de la teoría dinámica aquello que algunos quieren explicar apelando á atribuir modificaciones en supuestas trayectorias moleculares, choques atómicos y movimientos de elementos materiales ar-

chimicroscópicos, dentro de esferas infinitamente pequeñas.

Apoya decididamente la opinión emitida el hecho de no ser los sonidos radiofónicos producto de vibración transversal de la placa receptora, como sucede en todas las manifestaciones acústicas, sino efecto de acciones sobre la superficie de los receptores. En general, todo cuerpo separado de su posición primitiva no vuelve á ella sino después de haber oscilado alrededor de su primitivo lugar, cuyo efecto puede tomarse por manifestación externa y sensible de otro movimiento, más interno y sutil, producido ó causado por transformación de energía sensible y de energía potencial, en movimiento vibratorio; y obsérvese que no es preciso, ni como condición esencial se requiere, que todo el cuerpo se separe de su posición de equilibrio, pues basta sólo que uno de sus elementos lo haga para que á todos los demás se comunique el cambio en él acaecido, bien como la presión ejercida en cualquier punto de una masa fluida se trasmite, sin perder intensidad, en todas direcciones. Aun en la observación diaria puede verse que para hacer vibrar una cuerda basta herirla en solo un punto, y para que esta vibración se trasmita á distancia es suficiente que los elementos del aire, en contacto inme-

diato con ella, recojan las oscilaciones y á virtud de la energía que ellas les comunican, vibren produciendo magníficas notas que por el espacio se difunden, semejantes al suave perfume que exhalan las flores.

Otro tanto sucede si el cuerpo que vibra tiene forma de placa, sea cualquiera su figura. Chladni, en sus incomparables trabajos, en aquellos ingeniosísimos experimentos con que determinó las figuras y leyes que llevan su nombre, no excitaba las placas sino en un punto, rozándolas con un arco de violín, y sin embargo vibraban en conjunto y sus vibraciones se hacían en sentido transversal; por eso cada placa, colocada en las mismas condiciones, producía sonidos siempre iguales, en relación con su espesor y elasticidad, y cada una no daba más que una nota. En el fenómeno radiofónico nos hallamos en presencia de sonidos producidos, al parecer, por placas elásticas, cuyos sonidos pueden ser más graves ó más agudos para una misma placa receptora; y es más, no solamente una placa es apta para la producción de todos los acordes, en todos los tonos posibles, sin que tan varios efectos dependan de otra cosa que de la velocidad del disco interruptor, sino que, al propio tiempo, ni la condición del timbre del sonido ni la del tono

del mismo tienen relación alguna con la longitud y espesor de las láminas receptoras, y sólo la intensidad del espesor de ellas depende, en ciertos y determinados casos.

Ahora bien; si jamás las placas vibrando produjeron sonidos en estas condiciones, si los estudios de Chladni, lejos de haberse puesto en duda, se confirmaron muchas veces, en multitud de otros experimentos, y si la vibración trasversal es característica, fija é indispensable, de todo movimiento sonoro, ¿cabe admitir, en el caso presente, al tratarse del novísimo efecto de las radiaciones, que tal efecto haya de producirse por vibraciones de placas, cuando en las condiciones en que el fenómeno se verifica son incompatibles en absoluto con los modos de vibración de las láminas elásticas? ¿Puede acaso creerse que el receptor, en el fenómeno de la Radiofonía, es quien causa el sonido, cuando este sonido, á no ser algunas veces en su intensidad, nada tiene que ver con las condiciones de aquel receptor? Si el sonido de las radiaciones se produjese *directamente y de modo casi exclusivo* por vibración de los receptores, no tendría los caracteres que Mercadier y Tyndall en él determinaron, á no dar por falsa y mal establecida la teoría de las vibraciones de las placas elásticas, hasta hoy



por nadie puesta en duda, lo cual equivaldría á trastornar y hacer de nuevo todas las leyes de la Acústica. No es esto negar ni la influencia esencial é indispensable de los receptores, ni menos suponer que el fenómeno radiofónico dependa de otra cosa distinta de la acción de las radiaciones sobre la superficie de aquéllos; mas no es posible admitir, pasando como buenas las leyes del sonido, que la Radiofonía se produzca de modo enteramente distinto y por medios totalmente diversos de aquéllos que producen los demás sonidos.

Singulares efectos serían entonces los efectos sonoros de la radiación, y extrañas causas produciría el fenómeno que estudiamos: una placa que no vibra transversalmente y que sin embargo suena, un sonido engendrado por acción de vibraciones, que se produce en un medio que no oscila, son contrastes tan notables como el de aquellos peñascos que crugen sin crugir, de que habla, en su magnífica descripción de la luna, el más sabio de nuestros matemáticos.

Y aun podría, en último caso, admitirse que no vibrando transversalmente y en conjunto, pudiera una placa determinada producir sonido, á condición de que tal efecto dependiese, en alguna manera, de su naturaleza ó de su particular esta-

do de agregación; es decir, que con algún fundamento pudieran conciliarse las condiciones características del sonido radiofónico con la carencia de toda vibración transversal, si tal fenómeno no fuera general; pues entonces, al modo de lo que pasa con el selenio, el cuerpo que lo presentase formaría excepción á la regla general; mas precisamente una de las leyes de la Radiofonía dice que este hecho no depende ni de la naturaleza especial, ni del particular estado de agregación de los receptores, lo cual significa que no puede admitirse relación alguna entre ellos y el sonido producido, en lo referente á modificar las leyes que rigen las vibraciones de las placas elásticas. Por otra parte, si á esto se agrega el carácter de generalidad que el hecho reviste, y que en ningún caso de los examinados hasta el día influyó para nada el receptor en el tono y timbre del sonido—en lo que se refiere á la naturaleza y agregación de las placas,—no hay otro medio sino admitir que la potencialidad, que el poder y la aptitud para producir sonidos, está en la radiación misma por el acto de hacerse intermitente, siendo el receptor causa ocasional, mejor diría medio en que esta potencia y esta aptitud se hacen actuales y determinan totalmente produciendo el sonido radiofónico, con caracteres que le hacen

perfectamente incompatible con las vibraciones transversales de los receptores en conjunto.

Lejos de oponerse esta opinión á las leyes que con sus experimentos establecieron Mercadier y Tyndall, parécenos lógica consecuencia de su estudio y consideración. Visto el fenómeno de la Radiofonía sin penetrar en su mecanismo; considerando al propio tiempo la relación que existe entre este hecho y la propiedad absorbente de los receptores, parece que á ellos debe atribuirse exclusivamente la producción de sonidos, porque como de la intermitencia de las radiaciones se siguen cambios en la absorción y emisión del receptor, de que son efecto variaciones de temperatura y dilataciones y contracciones del aire retenido por la superficie absorbente, es fácil creer que no en el movimiento mismo como radiación propagado, sino en la superficie absorbente reside la aptitud y la facultad de producir sonidos: si así fuera, evidentemente la intensidad de ellos, por lo menos, sería proporcional á la facultad absorbente, de tal manera que á más poder de absorción correspondería sonido dotado de mayor intensidad. Fuerza es confesar que casi para todos los cuerpos estudiados sucede esto; pero hay dos excepciones tan notables que no puede admitirse, de modo tan terminante y absoluto como

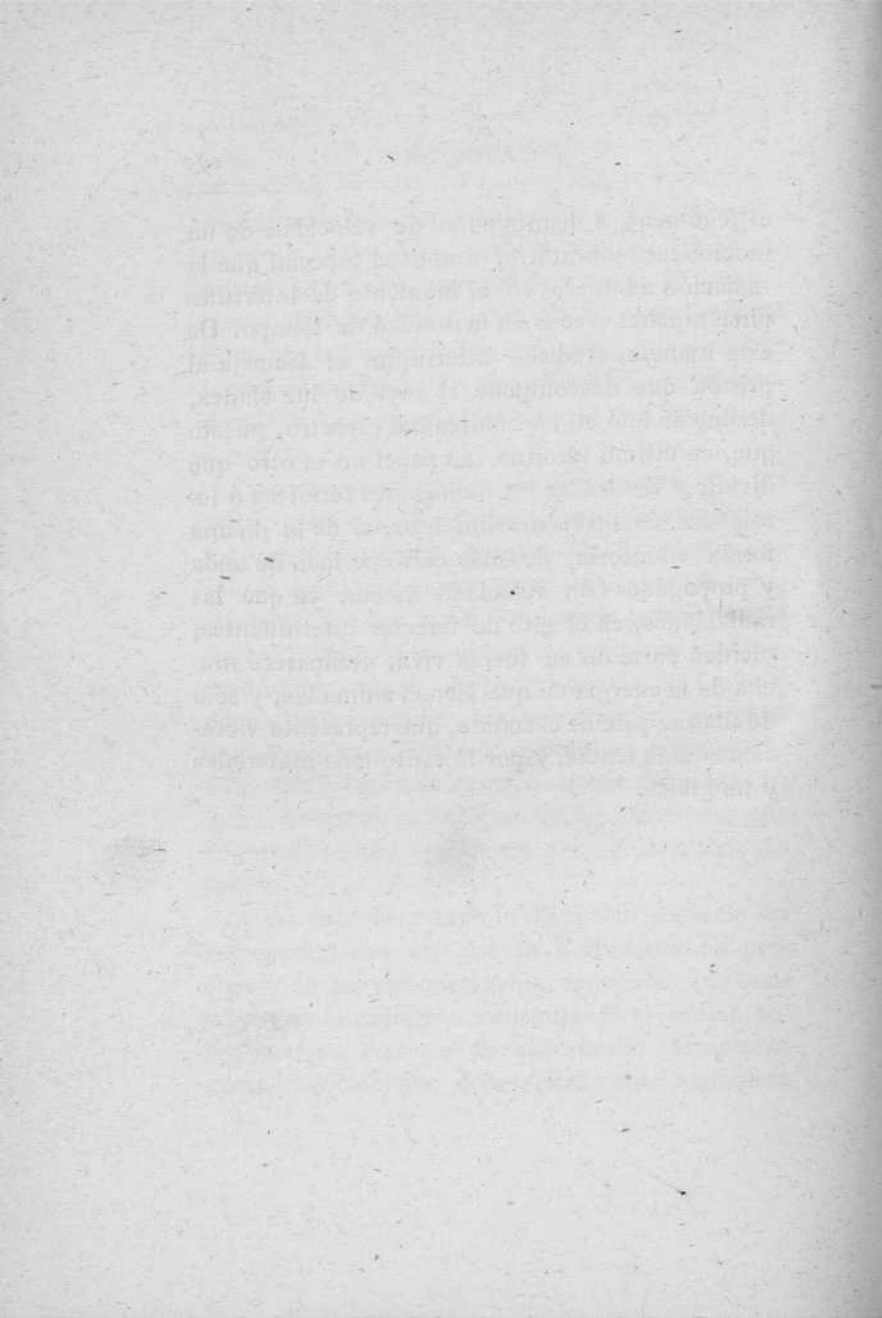
se ha enunciado, la relación del poder absorbente con la facultad de producir sonidos; estas excepciones son los vapores de yodo y de bromo, que si absorben mucha luz, dejan pasar casi totalmente las radiaciones caloríficas, las cuales, según demuestran los experimentos de Mercadier, son las más eficaces para la producción de sonidos.

Creo muy importante llamar la atención del lector acerca de la particularidad presentada por los vapores citados, porque ella demuestra, no sólo la opinión que queremos dejar sentada, sino también que los rayos luminosos poseen, como los caloríficos, la propiedad de producir sonidos, aptitud que, según los experimentos de Dufour, deben tener también los rayos químicos, si es que el sonido radiofónico resulta, en último análisis, de dilataciones y contracciones del medio en que el receptor se halla colocado, cuestiones que se examinan en otra parte con el detenimiento debido.

Á mi entender, todo lo expuesto respecto de las condiciones en que la Radiofonía se produce y de las circunstancias especiales que concurren en la radiación intermitente al actuar sobre cuerpos capaces de absorberla, demuestra cumplidamente que debe únicamente atribuirse

el fenómeno á disminución de velocidad de un movimiento vibratorio, á aptitud especial que la radiación adquiere en el momento de interrumpirse muchas veces en la unidad de tiempo. De esta manera, el disco interruptor se asemeja al prisma que descompone el rayo de luz blanca, desdoblándolo en los colores del espectro, puesto que, en último término, su papel no es otro que dividir y desdoblar las radiaciones térmicas ó luminosas en otros movimientos, si de la misma forma vibratoria, de más corto período de onda y propagados con velocidad menor, ya que las radiaciones, en el acto de hacerse intermitentes, pierden parte de su fuerza viva, desaparece mucha de la energía de que vienen animadas, y sólo de ellas se percibe el sonido, que representa vibraciones más lentas, y por lo tanto más materiales y tangibles.

---



Examen crítico de las leyes de la Radiofonía.  
Significado de las relaciones entre el sonido y el poder  
absorbente de los receptores.

Se hace preciso—si ha de alcanzarse aquel elevado punto de vista desde el cual se puede contemplar y examinar en toda su generalidad el fenómeno radiofónico—ahondar más en el estudio del pormenor y del detalle, ir diferenciando todavía los hechos, penetrar en aquello que, si al parecer es poco importante y casi despreciable, puede tener valor inmenso en la concepción general del fenómeno que es objeto de nuestra atención, y puntualizar perfectamente aquellas leyes experimentales que determinamos como constantes siempre que cualquiera radiación interrumpida produce sonido. Este sonido, díjose al enunciar

las leyes de la Radiofonía, depende principalmente de acción ejercida en la superficie del receptor, aunque nada intervengan en él ni la naturaleza de éste, ni su estado particular de agregación, lo cual indica primeramente que no deben intervenir para nada en el hecho las radiaciones químicas, y en segundo término, que el efecto de las radiaciones intermitentes es poco profundo, puesto que no pasa de la superficie de los receptores; por donde puede venirse á parar en que la Radiofonía procede de levísimas modificaciones de movimiento, de alteraciones casi insensibles de las láminas ó de los gases receptores, en cuya afirmación puede apoyarse la doctrina expuesta, que consiste en atribuir la potencialidad ó aptitud para producir sonido á la misma radiación por el hecho de hacerse intermitente, quedando, en tal caso, relegada al lugar de causa ocasional la lámina receptora, que desempeñaría entonces papel semejante al del baño revelador en la fotografía.

Conviene á mi propósito advertir de nuevo que considero los receptores cosa indispensable para la percepción del sonido radiofónico, como es indispensable el líquido revelador para descubrir y conocer la imagen que la luz grabó sobre la placa fotográfica, ó como es preciso que haya prisma que la descomponga, para conocer que la ra-



---

diación solar está compuesta de radiaciones muy diversas. Según va dicho, basta atenuar la velocidad de cualquiera movimiento vibratorio transmitido como radiación, es suficiente gastar algo de la fuerza viva, de la energía que se propaga con formas de calor ó luz, para que adquiera la facultad de producir sonido, que es al fin la manifestación de otro movimiento vibratorio más lento, como basta dejar caer un cuerpo para que manifieste el poder que adquiriera en el acto de ser elevado del suelo; pero al modo que son necesarias condiciones especiales, que sólo residen en ciertos cuerpos, para que la potencialidad y la aptitud de movimiento determinado se manifieste; se precisa la lámina receptora ó el gas para que en la radiación se revele el efecto de la intermitencia; pues á depender los sonidos radiafónicos únicamente del receptor y ser causados por él exclusivamente, algo deberían influir su estado de agregación y su composición; porque tales condiciones influyen notablemente, según es bien sabido, en cada uno de los fenómenos particulares que en los cuerpos se verifican. Y para que no pueda alegarse como razón ó argumento en contra de cuanto va dicho acerca del particular, me limitaré á consignar que otros hechos, recientemente estudiados en el teléfono, parecen

demostrar que el sonido no se produce por vibraciones de la placa, sino por verdaderos movimientos del imán interior, puesto que teléfonos sin placa producen sonido como los que la tienen.

Para llegar á la ley enunciada y admitirla como experimentalmente cierta, es necesario volver á los experimentos de Mercadier respecto de los sólidos y á los trabajos de Tyndall en lo que á los gases se refiere. Examinando con algún detenimiento los experimentos del primero, pueden advertirse ciertas particularidades respecto de la influencia de los receptores en la producción de sonidos radiofónicos: por de pronto, es de notar cierta diferencia entre los receptores transparentes y los opacos; dicese, en cuanto á los primeros, que para nada influye su naturaleza, á igualdad de espesor y superficie, en el tono y en el timbre de los sonidos, y lo propio sucede en los transparentes, *aunque los cristalizados se hayan tallado perpendicular ó paralelamente al eje del cristal*, cosa que no puedo fácilmente coordinar con las propiedades especiales que poseen las dos secciones, vertical y transversal, practicadas en un prisma de cuarzo, por ejemplo, puesto que ya que su acción polarizante es distinta, no se comprende, si reside en los receptores la propiedad especial ó aptitud de producir sonidos por acción de radiacio-

nes intermitentes, que estos sonidos sean iguales, cuando la acción de los mismos cuerpos sobre otra fase de las radiaciones es tan distinta en las dos secciones de los cristales; y no vale alegar que sólo las radiaciones de mayor longitud de onda producen únicamente el fenómeno radiofónico, porque los vapores de yodo y de bromo demuestran que algo intervienen las radiaciones luminosas; y aunque así no fuera, también el calor se polariza de distinta manera, según haya sido tallado el cuerpo polarizante. Por otra parte, ¿cómo explicar la distinta influencia del espesor de los receptores en la intensidad del sonido, según sean opacos ó transparentes? Si el estado de agrupación no influye para nada en el sonido radiofónico, ¿de qué manera conciliar que en los receptores opacos la intensidad del sonido se halle en razón inversa del espesor, mientras que para el vidrio es la misma desde un espesor de  $0^m,0005$  hasta  $0^m,02$ ? ¿Es acaso que la transparencia no depende de estados particulares de agregación? ¿Ó por ventura en el cuerpo transparente se distribuye con mayor regularidad la radiación interrumpida y nada pierde de su energía atravesando espesores muy distintos? En mi entender, valdría tanto suponer esto como admitir cierto ritmo en la transparencia de los cuerpos y

creer que un movimiento cual la radiación pierde lo mismo dentro de ciertos límites, y esto no puede admitirse, porque es igual que creer en la constancia de cualquier movimiento al transmitirse por medio que ofrece resistencia.

Realmente las propiedades de todos los cuerpos son, como formas de su estado dinámico, apariencias y resultados de acciones externas á ellos; pues la manifestación más interna é íntima de esas especiales determinaciones de la energía á que llamamos materia, es perfectamente desconocida, y como tales formas, en ellas ha de influir necesariamente el estado interno de las actividades (eso que se dice constitución ó agregación, y que llamaré más propiamente estado dinámico interior); por donde, en último análisis, son producto de verdadera oposición, real y efectiva, entre cierto estado de energía y otro que tiende á modificarlo. Empleando una comparación, diría que es esto una lucha por la existencia de cierta forma, determinada por la concurrencia de fuerzas especiales, contra energías externas al sistema; y así como en un animal, si el medio exterior vence, los órganos y las funciones se modifican adaptándose á él, de igual modo en los cuerpos todos—ya que son verdaderos organismos, pues orgánico es cuanto existe en la Natu-

raleza, y ella misma entra en la categoría de los seres—si las energías externas vencen, prodúcense en ellos modificaciones especiales que varían el estado de las energías interiores; porque de su variación dependen los diferentes aspectos y propiedades de los cuerpos; de lo cual se deduce que los caracteres de los cuerpos, tales como la temperatura, la transparencia, el poder luminoso, la facultad de producir electricidad, y todas cuantas modificaciones experimentan, no son sino adaptaciones de la energía que les dió origen á otras energías que vienen de fuera, semejantes en un todo á esa maravillosa adaptación que tan profundamente modifica animales y plantas.

Por esto me parece que no debe afirmarse, de manera tan rotunda y absoluta, la carencia de toda acción de las radiaciones sobre los receptores; porque si bien es muy cierto que, con mayor ó menor intensidad, todos los cuerpos sólidos y gaseosos producen sonidos por radiaciones, no lo es menos que cuanto modifica, viniendo del exterior, la condición dinámica de los cuerpos, influye necesariamente en su manera de ser y ha de cambiarla, como cambia el medio exterior la condición de cualquier organismo. Concretándonos al caso de los cuerpos transparentes y á la excepción examinada, ¿puede realmente explicar-

se la igual intensidad del sonido en espesores tan diferentes, admitiendo que el estado de agregación y modo particular del cuerpo para nada influyen en el fenómeno radiofónico? Partiendo de lo establecido, esto es, admitiendo que el sonido se produce exclusivamente por los receptores y resulta, en último término, de acciones directas de la radiación sobre ellos, no cabe, á mi entender, explicación satisfactoria; porque no puede suponerse que el estado dinámico de un cuerpo permanezca invariable, cuando este cuerpo ejecute un movimiento. Si, por el contrario, se admite que la potencialidad ó aptitud de producir sonido reside en las radiaciones por el hecho de ser intermitentes, entonces, como los receptores quedan relegados á la condición de causa ocasional, reveladora únicamente del efecto producido en el movimiento vibratorio progresivo por la intermitencia, resulta perfectamente explicado que ni la composición química ni el estado de agregación influyan para nada en el hecho de la Radiofonía, y se explica también que sean idénticas las cualidades del sonido con placas rajadas y hendidas, que tratándose de superficies lisas; hecho que tampoco hallo satisfactoriamente explicado dentro de otras opiniones, porque no acierto á comprender que la acción de energías exter-

nas á un estado dinámico cualquiera sea la misma, aun cuando tal estado se modifique de la manera que se modifica un receptor cuando se raya ó se quebranta. Á esto puede objetarse que la Radiofonía depende y resulta únicamente de acción ejercida sobre la superficie de los receptores, y por cierto que la objeción está muy en su lugar. No he de negar tal ley, antes bien creo que debe aceptarse, porque está confirmada, según antes se ha visto, por multitud de experimentos; mas no he de interpretarla con el mismo sentido que le da Mercadier en sus notabilísimas Memorias, pues tengo como punto de partida otra concepción más general del fenómeno de la Radiofonía.

Indudablemente el estado dinámico de cualquier cuerpo es resultado de la oposición de fuerzas distintas y función de las variaciones de intensidad de cualquiera de estas fuerzas; por manera que al determinarse una actividad nueva en ese cuerpo, lo hace siempre por virtud de modificaciones acaecidas en alguna de las energías opuestas; si la modificación es muy profunda, el estado dinámico cambia enteramente, para constituirse de otro modo, originándose de esto, siempre por desprendimiento ó absorción de energía, el fenómeno químico; pero siendo menos intensa

y más externa la modificación citada, entonces el estado dinámico no se altera por completo, no llega á perturbarse enteramente, sino que varía más ó menos, sin destruir el cuerpo, pero haciéndole que experimente cierta variación de movimiento, algo que dura tan sólo lo que dura la preponderancia de una fuerza sobre las demás; que de esta manera los fenómenos llamados físicos vienen á reducirse á acciones mecánicas del orden de la elasticidad, porque tales hechos no son otra cosa sino modificaciones que cesan en el momento preciso de volver las fuerzas á su primitivo estado. Aplicando esto á la ley enunciada respecto de la influencia de las superficies y teniendo presente lo dicho acerca de la adaptación de lo antes llamado inorgánico, puede explicarse tal ley por algo semejante á lo que explica la acción de las presiones sobre los cuerpos elásticos, en una palabra, por suerte de sutilísima modificación del movimiento vibratorio. Para ello es preciso tener muy en cuenta que todo cuerpo, en cuanto resultado de determinación de actividad natural, posee, además de cierta energía potencial, transformable en el acto del cambio de estado, movimiento vibratorio que se extiende por todo él; así es que no son los cuerpos, como á primera vista parece, cosa muerta ó estática,



perfectamente inerte, sino centro y asiento de movimientos sin número y acciones variadísimas ocasionadas por incesantes cambios de las energías que al determinarse los constituyen. Por esto pienso que lo que sucede, al incidir cualquiera radiación intermitente sobre un cuerpo, es solamente cierta variación superficial en el movimiento vibratorio de este cuerpo: la radiación llega á él dotada de esta potencialidad, de esta aptitud de producir sonidos, y como no hay movimiento que para determinarse no necesite de los cuerpos, porque por ellos y en ellos se dan todos los fenómenos de la Naturaleza, resulta que aquella vibración más externa, aquel movimiento de la superficie, se adapta muy pronto á la energía externa á la radiación, que experimentando entonces la reacción del estado dinámico del cuerpo contra su energía, determina la potencialidad que posee y produce sonido. Por esto el cuerpo en nada se altera y queda lo mismo después de producirse el fenómeno radiofónico.

Conviene insistir más sobre esto. Según cuanto llevo expuesto, creo es fácil explicarse que la Radiofonía resulte de acción ejercida principalmente sobre la superficie de los receptores, teniendo sólo en cuenta las leyes generales de la dinámica. Supóngase que una corriente de aire

choca con un árbol, por ejemplo; nadie ignora que el vegetal se agita, que sus ramas se mueven con violencia y que se produce el característico sonido del viento; ¿podrá decirse que es el árbol quien suena? Á nadie ocurrirá pensar tal cosa, porque nadie ignora que la masa de aire que se traslada, cuando encuentra obstáculo que á su paso se opone, determina aquella inmensa potencia adquirida en su rápido movimiento y produce el rugido con que tal aptitud se manifiesta en el fenómeno mecánico del sonido. No es la radiación otra cosa que viento sutilísimo, movimiento casi inmaterial que de un punto á otro se traslada con velocidad inmensa, y cuando este *viento ideal* (permítase la frase) choca con un obstáculo también en movimiento, no lo mueve, es cierto, no lo agita con violencia, como agita el viento las ramas de los árboles; pero produce en su superficie cierta modificación, y esta superficie, reaccionando sobre la radiación, de manera semejante á la que tiene de reaccionar la banda de la mesa de billar contra la bola de marfil que con ella choca, determina y hace visible aquella potencialidad que la radiación adquiriera en el acto de la intermitencia. Si tal no fuese la influencia de las superficies, si así no se explicase la ley enunciada por Mercadier y comprobada por Tyn-

dall, no sabría darme cuenta de las relaciones del sonido con la propiedad absorbente de los receptores, ni me satisfaría tampoco la necesidad de hacer intermitentes las radiaciones para que sueñen, puesto que si todo depende de los receptores, nada debe adquirir el movimiento vibratorio en el acto de interrumpirse muchas veces en la unidad de tiempo.

Quizá pueda decirse que esto, si explica lo que pasa con los receptores sólidos, no sirve en lo que se refiere á los gaseosos. Sin embargo, en mi entender, también es aplicable la hipótesis para los experimentos de Tyndall. Debo advertir que, tratándose de los gases, cuerpos constituídos de muy diversa manera que los sólidos, la acción de las radiaciones se extiende á toda la masa, pues de otra manera no responderían á las propiedades que se derivan de la constitución del estado gaseoso. Dentro de las determinaciones de la energía, es un gas lo ménos concreto, lo menos hecho, lo de menor consistencia y mayor movilidad; por lo tanto, está dotado de mayor elasticidad y de cierta facultad especialísima para transmitir, sin disminuirla en nada, cualquiera presión ó movimiento que sobre él se ejerza: si se compara el sólido menos denso con el gas dotado de mayor peso, nóntanse diferencias

muy considerables. Todo en el sólido está determinado, todo en él es constante, forma, volumen, peso y resistencia, de tal manera que el sólido constituye el mejor ejemplo de lo estático, de lo inmóvil, de lo permanente; en cambio, el gas ni tiene forma, ni volumen, es siempre transparente, y si se colora, es con tintas casi imperceptibles, que más parecen residir en los sólidos vistos á través de él que en el gas mismo; sus agitaciones son rapidísimas; sus movimientos infinitos, constituyendo por ello el mejor ejemplo de la soltura, de la movilidad y de la ligereza. Pero así y todo, con ser los gases cosa tan sutil é impalpable, ofrecen resistencias variables á la acción de otros movimientos todavía más tenues y leves que los que ellos tienen; por eso, cuando las radiaciones intermitentes inciden sobre los gases, tienden, cual en los sólidos, á mover toda la masa al unísono de sus oscilaciones, pretenden modificar el estado dinámico especial de las energías interiores, y como éstas reaccionan sobre la radiación, manifiéstase y determínase, por las mismas razones que en los sólidos, aquella aptitud adquirida antes de llegar al receptor gaseoso. Esta brevísima consideración paréceme que explica con toda claridad los resultados obtenidos en los experimentos de Tyndall.

También muy brevemente puede explicarse otra ley de la Radiofonía, en la cual se consigna que tal fenómeno es resultado de acción directa de las radiaciones sobre los receptores. Si así no fuera, si la radiación, antes de llegar al receptor, accionase sobre algún otro cuerpo, ó invirtiese su energía en trabajo de otra índole, su potencialidad se determinaría de manera distinta; pues es condición indispensable, para que un fenómeno se produzca, la presencia de los elementos que á tal producción concurren. Por tanto, la acción directa que en la ley se consigna es cosa naturalísima; se precisa que cualquiera radiación actúe directamente sobre un receptor sólido ó gaseoso, como se requiere medio elástico para la transmisión de todos los sonidos.

Sin duda alguna, es la cuestión más importante que puede ocurrirse, al estudiar la Radiofonía, aquella que se refiere á las relaciones del sonido producido con el poder absorbente de los receptores; cuestión que tiene grandísimo interés, en cuanto da medios para determinar, por medio del sonido, propiedades muy singulares de sólidos y gases, que antes por medio de la electricidad se determinaban, y no pasaría acaso de la categoría de fenómeno curioso el hecho radiofónico, si no hubiera dado ocasión á que los dos físicos que

más se ocuparon de él, y singularmente Tyndall, determinaran cierta dependencia, por lo menos en cuanto á la intensidad del sonido radiofónico, del poder absorbente de los receptores, de cuya determinación puede deducirse otra ley de carácter distinto de las estudiadas hasta ahora, referente á asignar la propiedad especial de producir sonidos á las ondas térmicas ó de mayor longitud que ocupan la porción infra-roja del espectro, que según observación muy reciente, se extiende bastante más allá de los límites que se le designaran. Resulta de cuantos experimentos se practicaron, que si no influyen en el sonido radiofónico ni la naturaleza ni el estado de agregación de los receptores, puede modificarse la sensibilidad de los sólidos, cubriendo su superficie con sustancias dotadas de gran poder absorbente para las radiaciones térmicas, y la de los gases mezclándolos con otros que absorban también mucho calor; de lo cual puede llegarse á deducir que la propiedad de producir sonidos por influencia de radiaciones es función del poder absorbente de los receptores para los rayos térmicos. Como se ve, la cuestión es por todo extremo interesante; ofrece ancho campo á la inducción, y precisa, por lo tanto, ser estudiada con algún detenimiento, atención y cuidado.

Conviene recordar, aun antes de los experimentos que sirven de base para establecer relaciones entre el sonido y la absorción, los estudios de Tyndall, referentes á la determinación de tal propiedad en sólidos y gases, ya que nadie ha llegado á resultados tan importantes y concluyentes como los obtenidos por el eminente profesor. Desde Melloni, cuyos experimentos iniciaron los procedimientos modernos, era ya conocido el poder absorbente de las diferentes sustancias, que no es otra cosa sino la apropiación de cierta cantidad de energía térmica que los cuerpos toman de las radiaciones que inciden sobre ellos. Siendo la radiación movimiento vibratorio progresivo, resultará que toda sustancia, todo estado dinámico opuesto, ha de experimentar alguna modificación que puede ser de dos modos, según el estado dinámico rechace y refleje la radiación, y en este caso nada ó casi nada influirá en el cuerpo, ó que se apodere de parte de su movimiento para trasformarlo en potencial, en cuyo caso se determina el llamado poder absorbente. Suponiendo cualquier cuerpo, al cual lleguen radiaciones térmicas, sucederá una de estas dos cosas: ó el cuerpo rechaza la radiación y no se calienta, y la transmite, al modo que un vidrio trasparente deja paso á la luz, ó se la apropia, adquiriendo por ello

la propiedad de calentarse ó de emitir, después que la acción térmica ha cesado, aquella radiación que absorbiera, cuyos hechos representan, en mi sentir, fases distintas y como grados de adaptación de un movimiento á otro; porque, al modo que unos seres rechazan casi por completo la influencia del medio externo, resistiéndola mucho tiempo y no modificándose, sino á la larga, por su acción, y otros, por el contrario, poseen esa aptitud de apropiación de lo externo á ellos, de tal modo, que trasformado en su interior pueden luego transmitirlo como si se tratase de cosas que en sí mismos poseyeran, así los distintos estados de determinación de la energía pueden modificarse más ó menos por acción de movimientos exteriores, y como se dijo que las propiedades que en ellos estudiamos dependen de la oposición de estas dos acciones distintas, resulta que tanto puede ser mayor la acción interna que la externa sea rechazada, ó tanto puede ser débil ésta, que aquélla prepondere, y modificando el estado de las energías interiores, haga aparecer al cuerpo con propiedades que parecen propias y exclusivas de las fuerzas exteriores; mas téngase muy presente que no en absoluto dominan unas acciones sobre otras, sino que en todos los caracteres puede notarse el influjo de ambas causas,



de modo semejante al que se notan en las combinaciones químicas ciertas propiedades de los componentes.

De lo dicho resulta que los poderes absorbente y reflector no son otra cosa que diferentes resultantes de las mismas fuerzas, cuando actúan con intensidad diversa: al incidir las radiaciones térmicas sobre los cuerpos se verifica el fenómeno de la oposición de un estado dinámico contra otro; concurren dos fuerzas distintas, y la resultante ha de dirigirse en sentido de la mayor; por eso si preponderan las radiaciones, el cuerpo será absorbente, y si su estado dinámico resiste, entonces reflejará la radiación; pero son de tal naturaleza ambas acciones, que, aun á la resultante, transmiten algo de su carácter, lo cual explica el hecho de que ninguna sustancia sea absolutamente absorbente, ni absolutamente reflectora; puesto que no hay cuerpo, por trasparente que sea para el calor, que no se caliente algo, ni existe sólido, líquido ó gas que interrumpa en absoluto una radiación apropiándosela por entero. Este sentido que se da á los poderes absorbente y reflector explica también el hecho de que todo cuerpo emite las mismas radiaciones que absorbe; porque como tal propiedad tiene carácter de resultante, en ella han de preponderar las propiedades de la ener-

gía dotada de más intensidad, ya que todo cuerpo solicitado por fuerzas desiguales sigue siempre la dirección de la mayor.

Llega el profesor Tyndall á las mismas conclusiones siguiendo camino muy distinto, y empleando razonamientos muy diversos. Su procedimiento de experimentación, en cuanto á sólidos y gases, consistía en someter los primeros á acción de radiaciones térmicas, midiendo por desviaciones galvanométricas la cantidad de calor absorbida por cada cuerpo; para ello partía de la comparación hecha con dos láminas metálicas, pulimentada y blanca una y ennegrecida otra, entre las que colocaba un foco de calor, midiendo en el galvanómetro la acción del foco calorífico sobre cada una de ellas. En cuanto á los gases, poco variaba el procedimiento experimental; colocábanse tales cuerpos, perfectamente secos y puros, dentro de tubos á propósito, cuyas extremidades estaban cerradas por placas de sal gema, y haciendo actuar sobre ellos radiaciones térmicas, podía medirse su facultad absorbente como en el caso anterior. De esta manera, practicando experimentos con multitud de cuerpos, en diferente estado, se llegó á dividirlos y agruparlos en dos series, llamando cuerpos *atermanos* á los que son perfectamente opacos para el calor y lo absorben completamente, y

cuerpos *diatermanos* á los que son transparentes para las radiaciones térmicas y las dejan pasar sin tomar ni apropiarse nada de ellas; mas téngase en cuenta que tales aptitudes no las poseen los cuerpos en absoluto, porque no hay sustancia que sea perfecta y exclusivamente atermiana ó diatermana, según el mismo Tyndall ha demostrado precisamente en uno de sus más notables experimentos de Radiofonía.

Según los experimentos de Mercadier respecto de los sólidos, resulta que cuerpos tan poco á propósito para receptores, como el papel y la tela, conviértense en materia muy adecuada para ellos si se les recubre de una capa de cualquiera sustancia muy absorbente y, en general, toda superficie dotada de este poder produce sonidos mucho más intensos que los producidos por superficies pulimentadas ó de colores claros. Por su parte Tyndall obtuvo los mayores efectos radiofónicos con gases y vapores que absorbían muchas radiaciones, y podía aumentar la intensidad del fenómeno mezclando con un gas muy transparente para el calor otro que lo dejara pasar con dificultad, notándose que la intensidad del sonido era tanto mayor cuanto fuera más grande el poder absorbente del gas; de donde pudo deducirse cierta relación de proporcionalidad

entre el poder atermiano de los receptores y el sonido producido por radiaciones intermitentes.

Comprobada esta ley por muchos experimentos y no habiendo otras excepciones sino los vapores de yodo y de bromo, que aunque bastante diatermanos producen sonidos intensos por causas que más adelante se verán, veamos de qué manera puede explicarse dentro de la doctrina expuesta hasta el presente. Admitiendo que la potencialidad de producir sonidos reside en la radiación, cuya aptitud adquiere en el acto de hacerse intermitente, resultando, en último término, el sonido de la oposición de dos energías, pareceme consecuencia perfectamente lógica y bien fundada que la intensidad del sonido dependa del poder absorbente del receptor; porque teniendo presente el sentido que se ha dado á la absorción y la manera de explicarla, y recordando que la intensidad de todo sonido depende de la amplitud de las vibraciones que lo producen, llegamos á encontrarnos en el caso de un cuerpo que experimenta variaciones en su energía interior, por virtud de fuerzas externas, y como aquélla ofrece resistencia considerable, absorbe primero y luego rechaza la influencia exterior, con tanta más fuerza cuanto sea mayor la resistencia que su estado dinámico oponga. Sucede

pues aquí cosa parecida á lo que sucede en el trabajo de un gas comprimido, que adquiere gran fuerza elástica y causa ó ejecuta trabajos proporcionales y equivalentes á la fuerza elástica que por compresión adquirió: un gas muy comprimido puede mover una máquina con velocidad equivalente á su tensión; en el caso de la Radiofonía los receptores muy atermos son como máquinas de comprimir de mucha potencia; se apropian gran número de radiaciones, pero como á medida que las absorben las rechazan, por la resistencia que su estado dinámico ofrece á las modificaciones que solicitan las fuerzas exteriores, y las rechazan con violencia, se determinan esas ondas sonoras tan intensas, porque, al efecto de la determinación de la potencialidad que la radiación posee, se une este otro efecto que aumenta considerablemente el sonido.

Para llegar á esta explicación no se invocan ni hechos nuevos, ni resultados distintos de los obtenidos hasta el día, solo se aplica á lo conocido criterio diverso, á mi ver más conforme con el sentido dinámico de la ciencia actual. Si la absorción resulta, como va dicho, del conflicto y oposición de dos fuerzas cuya intensidad varía, y si á esta absorción, que no es otra cosa sino la suma de estas mismas fuerzas, ha de seguir in-

mediata radiación de las vibraciones absorbidas, radiación que se hace con tanta más intensidad, cuanto mayor sea el poder atermo de los cuerpos, el efecto de ella ha de venir como á reforzar y dar aptitud para producir sonidos con mayor fuerza á la radiación primitiva que sobre el receptor incide. Y tanto me parece esto conforme con la verdad, que creo que si pudiese medirse la cantidad de sonido que puede producir, en un mismo receptor, una radiación cualquiera y la cantidad de radiación absorbida que éste devuelve en la misma forma, se hallaría que el sonido total, en cuanto á su intensidad, se compondría del correspondiente á la radiación primitiva, mas el propio de la emitida por el cuerpo absorbente. Además, si así no sucediera, no hallaría explicación el hecho de la continuidad del sonido, cuando la causa que lo produce actúa de modo intermitente sobre los receptores, como si fuese preciso dar tiempo á que éstos emitiesen la misma radiación que habían absorbido y almacenado en su superficie por medios muy semejantes á los empleados para almacenar fuerza elástica comprimiendo gases; que las mismas leyes han de aplicarse á lo más tangible y material, que á los más sutiles y rápidos movimientos, si se quiere que dinámica sea toda la ciencia del Universo.

Al explicar de esta manera las leyes de la Radiofonía, no pretendo erigir en dogma mi opinión, ni menos imponer esta hipótesis como cosa definitiva y en absoluto probada; la consigno únicamente por si puede servir de base á nuevos trabajos, y al exponerla debo declarar que sólo he pretendido alcanzar el mismo punto á que Tyndall y Mercadier llegaron, empleando métodos y razonamiento enteramente distintos del suyo.

---





## Inducciones respecto del mecanismo y causas de la Radiofonía.

Tiempo es ahora de adelantar algo más en el camino emprendido para llegar á la consideración generalísima del fenómeno radiofónico, estudiando las dos últimas leyes enunciadas, referentes á su causa y mecanismo. Al hacer tal estudio surge, como primer problema que resolver, la determinación del género ó clase de radiaciones que principalmente producen el fenómeno radiofónico, pues cabe preguntar si todas las partes ó porciones del espectro son igualmente aptas para causar sonidos, ó si tal propiedad es únicamente carácter de ondas de longitud determinada.

Según la ley enunciada respecto de este asunto,

parece que únicamente las ondas de mayor longitud, situadas, como es sabido, en la porción roja é infra-roja del espectro, son capaces de adquirir aptitud de causar sonidos, cuando se hacen intermitentes. Mercadier, en sus experimentos, y Tyndall en sus admirables trabajos, llegaron á notar radiaciones oscuras que producían sonidos y radiaciones luminosas que no los producían, hasta el punto de que bastaba privar á cualquiera movimiento, propagado con tal forma, de su poder térmico para que al instante cesara todo efecto sonoro, que á su vez era producido con intensidad máxima empleando receptores cuyas superficies estuviesen dotadas de gran poder absorbente para los rayos térmicos. Á la vista de tales resultados, que todos los experimentos sancionaron, se estableció, como ley y verdad definitiva, que la causa de los fenómenos de Radiofonía residía precisamente en las radiaciones térmicas, ó sea en las de mayor longitud de onda, ya que los cuerpos que con gran fuerza las absorben producían el fenómeno con intensidad máxima. Esta conclusión se apoyaba decididamente en dos hechos: el primero en que si la radiación intermitente atravesaba, antes de llegar al receptor, un cuerpo capaz de apoderarse de ella, no se producía sonido, aun cuando la lámina receptora fuese de las califica-

das sensibles de primer grado; y el segundo se refería á que, aun cuando el obstáculo que las radiaciones hallaran absorbiese por completo su luz, no experimentaban la menor alteración ni el tono, ni el timbre, ni la intensidad del sonido radiofónico; sólo había una excepción que procuré indicar cuando se habló de esto, excepción que, en mi sentir, demuestra, al menos para ciertos cuerpos, que no solamente las radiaciones térmicas son eficaces, sino que de otras radiaciones es propiedad también producir sonidos cuando se interrumpen con gran velocidad; más diré: según experimentos recientes, parece que la producción de sonidos, en las condiciones dichas, es carácter de toda radiación, lo cual vale tanto como decir que el espectro de las radiaciones posee una propiedad más, ni prevista ni conocida hasta ahora. Constituyen la excepción señalada, de una parte los experimentos de Dufour, y de otra el hecho de que los vapores de yodo y de bromo—sustancias dotadas de escaso poder absorbente para los rayos térmicos, y muy á propósito para apropiarse los luminosos—producen sonidos intensos, contradiciendo así la ley general que, fundándose en los demás hechos, quiere establecerse.

En dos partes puede dividirse el trabajo de Mr. Henri Dufour, nombrado *Observaciones fotofó-*

*nicas*, que se publicó en los *Archivos de ciencias físicas y naturales de Ginebra*; una de ellas se consagra á la comprobación de las leyes enunciadas por Mercadier y Tyndall, y de esta parte se tratará en el lugar correspondiente; la otra, que es la interesante en el momento, refiérese á resolver una cuestión que puede servir de precedente á la que nos ocupa y se reduce á esta pregunta: ¿caso las radiaciones de corto período, actuando sobre gases y vapores capaces de absorberlas, producirán el mismo efecto sonoro que las térmicas causan? Para resolver categóricamente la cuestión, es preciso disponer un gas ó mezcla gaseosa, sobre la cual ejerza grandes acciones toda radiación luminosa, cuyas acciones deben manifestarse en fenómenos fácilmente observables y de mucho bulto. Nada hay mejor, para cumplir estas circunstancias, que la mezcla de los gases cloro é hidrógeno, que como es bien sabido, se combinan por influencia de la luz; por consiguiente, todo el mecanismo del procedimiento experimental ha de consistir en medir las variaciones de volumen de la mezcla, cuando rápidamente se expone á variaciones de luz ó á alternativas de luz y oscuridad. Tal es el procedimiento empleado por Dufour. Su aparato está formado por un matraz provisto de tubuladuras separadas, que for-

man ángulo recto; una de ellas, que es vertical, se cierra con tapón de cautchouc, que lleva dos electrodos de carbón de retorta, debajo de los cuales se colocan tres ó cuatro centímetros cúbicos de ácido clorhídrico; la otra, que es horizontal, puede comunicar con el oído ó con un manómetro de ácido sulfúrico, según lo requieran los experimentos. Ha de comenzarse estableciendo una corriente eléctrica que descomponga el ácido clorhídrico, colocado en la tubuladura vertical, en sus dos elementos hidrógeno y cloro, gases que van al interior del matrás, en donde se mezclan con el aire, formando compuesto especial, cuya sensibilidad puede aumentarse á voluntad con sólo hacer que la descomposición del ácido dure más tiempo. Envuelto el matrás con una tela negra, provista de un solo agujero, para dar paso á la radiación luminosa intermitente, se percibe siempre sonido, cuya intensidad se relaciona directamente con la sensibilidad de la mezcla, que si es muy considerable, produce ya sonido por acción de la luz difusa. Téngase en cuenta que el efecto sonoro no deja de producirse aun cuando se haya filtrado la luz por vidrio azul; pero cesa si éste es rojo. Colocando el manómetro en lugar del oído puede observarse, girando lentamente el disco interruptor, que las oscilaciones

de la columna de ácido sulfúrico indican perfectamente las variaciones de volumen de la mezcla gaseosa contenida en el matraz, demostrándose que tal volumen aumenta siempre que actúa la luz con brusquedad y que este aumento se convierte en contracción por acciones luminosas continuas; en cambio, el paso de la luz á la oscuridad se caracteriza por repentina contracción de volumen, que poco á poco se hace lenta y termina cesando completamente.

«Estos aumentos y contracciones de volumen, »concluye Dufour, se suceden rápidamente por »influencia de la rotación del disco interruptor. »El brusco aumento de volumen por acción luminosa, que acompaña siempre á la combinación »del hidrógeno y el cloro, demuestra que las radiaciones químicas actúan como las térmicas, »porque, como si se elevase la temperatura de la »mezcla, causan aumento de su volumen.» De lo lo cual quiere deducirse, que al modo que la producción de sonidos por radiaciones intermitentes es propiedad determinada por todos los sólidos y todos los gases, no es tampoco carácter exclusivo de las ondas de mayor longitud ó térmicas adquirir tal aptitud por intermitencia, sino también propiedad general de las ondas de corto período, dichas luminosas y químicas. Cuanto afirma Du-

four respecto de estas últimas, paréceme que puedo afirmarlo para las ondas luminosas, fundándome en el hecho notado con los vapores de bromo y de yodo.

No se puede negar que las radiaciones oscuras—las de mayor longitud de onda—producen con mayor intensidad; y en casi todos los cuerpos, el fenómeno radiofónico; pero, como sobre los vapores citados apenas tienen influencia, es preciso admitir que á la débil acción de las ondas caloríficas debe unirse la muy enérgica que sobre ellos tienen las ondas luminosas y aun las químicas, cuya afirmación resulta muy clara teniendo en cuenta la relación especial, determinada por Tyndall, entre la intensidad de los sonidos radiofónicos y el poder absorbente de los receptores para los rayos térmicos; porque, en el caso que se examina, ó tal relación no existe, ó es preciso convenir en que al escaso efecto de las ondas de gran longitud sobre los vapores de yodo y de bromo, hay que añadir el producido por las radiaciones luminosas que absorben en proporción considerable, si ha de haber equivalencia entre el esfuerzo empleado y el trabajo producido. Que la relación marcada de la intensidad del sonido con el poder absorbente del receptor existe, probado está hasta la evidencia por muchos expe-

rimentos; que la radiación intermitente, actuando sobre gases y vapores, produce contracción y dilatación de su masa y por consiguiente sonido, el mismo Tyndall lo demostró de modo concluyente. Luego, no cabe otra cosa sino atribuir á las ondas más rápidas y de menor longitud la misma propiedad que á las térmicas se asignó, siempre á condición de actuar sobre cuerpos capaces de absorberlas, modificando sus condiciones y determinando la potencialidad que adquirieran en el acto de hacerse intermitentes.

Nada debe extrañar que tal suceda, porque en otras ocasiones—y puede servir como ejemplo el caso del selenio—al efecto de las radiaciones oscuras, se une el de las luminosas. Estas ondas, por sí solas, no producen acción mecánica perceptible hasta el presente; mas esto no quiere decir que se hallen desposeídas de todo género de influencia sobre cuerpos que las absorben, lo cual se confirma por el hecho de que, tanto de la acción luminosa como de la influencia térmica, depende la resistencia eléctrica del selenio, y análogamente puede decirse, tratándose de los vapores de yodo y bromo, que su gran poder absorbente para las radiaciones luminosas se añade para los efectos radiofónicos, á la débil influencia de las ondas térmicas, y los dos trabajos, ac-



tuando para el mismo fin, producen el fenómeno sonoro con intensidad que no corresponde al poder absorbente de los vapores de yodo y de bromo para el calor. Aunque se trata de hechos de otro orden, confirman estas observaciones los experimentos de Dufour acerca de la influencia de la luz sobre mezclas de aire, cloro é hidrógeno. Según ya se dijo, los repentinos cambios de luz y oscuridad causan dilataciones y contracciones de la masa gaseosa, de donde resulta que las radiaciones de más corto período causan iguales efectos que el calor, determinando fenómenos análogos á los que originan las variaciones rápidas de temperatura. ¿Y es lícito suponer que acción semejante es la ejercida sobre los vapores de yodo y bromo para producir sonidos intensos? Para contestar á esta pregunta hay que indicar primeramente las diferencias que existen entre los fenómenos estudiados por Dufour y la excepción indicada respecto del yodo y del bromo. Tratándose de la mezcla de aire, hidrógeno y cloro, obran principalmente las radiaciones llamadas químicas, y su acción no se limita sólo á trabajo de dilatación y contracción de la mezcla, sino que es más profunda, porque hay fenómeno químico; por eso, en el hecho señalado por Mr. Dufour, no se presenta el caso de simple

absorción de tales ó cuales radiaciones; hay en él verdadera perturbación interna, trabajo más hondo de verdadera acción química causada por la luz; de aquí que el fenómeno revista doble carácter: primero, capacidad especial de los gases cloro é hidrógeno para absorber radiación determinada, que causa en la mezcla dilataciones y contracciones de volumen, y luego combinación, cambio de estado, trabajo que la misma radiación absorbida causa. En el caso de los vapores de yodo y bromo, no va tan lejos la influencia de la radiación luminosa; su acción se limita á dotarlos de colores oscuros, dándoles la propiedad de absorber luz, y acaso se extiende á producir dilataciones y contracciones semejantes á las que Dufour ha estudiado.

Desde cierto punto de vista puede admitirse que á acciones análogas y á los mismos trabajos son debidos los fenómenos examinados, á condición de establecer entre ellos la diferencia de que, tratándose de mezclas gaseosas como la de cloro é hidrógeno, prodúcese siempre, además de acciones físicas, el trabajo químico de la combinación.

Tratado este asunto preliminar, llegamos ya á aquella parte más general del trabajo emprendido, en la que se comprenden cuestiones

de alto interés científico, y de gran significación para apoyar las teorías enunciadas; estas cuestiones son las siguientes:

Siendo el fenómeno radiofónico propiedad de todos los cuerpos, ya que todos sirven para receptores, ¿es también carácter general de toda radiación térmica, luminosa ó química?

Al determinarse la potencialidad que las radiaciones adquieren cuando se hacen intermitentes, ¿por qué mecanismo se produce el sonido? ¿Se engendra acaso por vibración de los receptores ó es producto de dilataciones y contracciones rapidísimas de gases adherentes á esas superficies?

En último término, ¿cómo debe considerarse la Radiofonía, y en qué género ó especie de fenómenos cabe clasificarla?

### *I.—Generalidad del fenómeno radiofónico.*

Al tratar este asunto—que comprende la primera de las cuestiones enunciadas,—alcanzamos el punto más elevado á que es dado llegar en la consideración del fenómeno radiofónico como elemento científico; porque no se va á tener ya en cuenta el pormenor y el detalle, ni aun á aquilatar el procedimiento de experimentación; se per-

sigue fin más alto, se anhela formular aquella suprema síntesis ó ley general, símbolo que comprende todas las leyes que determinan el especial mecanismo y modo particular cómo las radiaciones se modifican para producir sonidos ; por eso, al llegar este momento, deben recordarse las afirmaciones que se han de sostener y los principios que se quieren dejar consignados, y como sobre base de hechos se ha levantado la opinión emitida respecto de la potencialidad que reside en las radiaciones intermitentes para producir sonidos, es menester aplicar el mismo criterio del hecho para sostener y apoyar lo que ha parecido que se veía en los fenómenos de la Radiofonía.

Tengo para mí que tal fenómeno es no solamente propiedad determinada por todo cuerpo sólido ó gaseoso que sirve de receptor en las condiciones enunciadas en el primer principio, sino también carácter general de toda especie de radiación, y aun diré que tal carácter es á modo de propiedad nueva, si común á todas las regiones del espectro, que se manifiesta con signos especiales y en mayor escala en aquella parte oscura y casi sin acción química, en la cual las ondas son menos rápidas y de mayor longitud. Para apoyar tal opinión he de fundarme en consideraciones de tres órdenes distintos, referentes á los

casos de excepción examinados há poco, á las ideas expuestas anteriormente, relativas al sentido que debe darse á la adaptación de unos estados dinámicos á la influencia de otros á ellos exteriores y á la manera especial cómo debe considerarse á la radiación cuando se descompone en sus elementos atravesando un prisma, de lo cual paréceme ha de resultar clara y evidente la opinión aquí sostenida.

Atendiendo al más alto significado del fenómeno radiofónico, y á las acciones que representan las distintas ondas que forman toda radiación, no puede haber duda alguna respecto de la identidad del hecho estudiado por Dufour y el que presentan los vapores de yodo y bromo. Cabe representarse el mecanismo de la producción de sonidos por radiaciones, según luego se verá, sin apartarse un punto de las leyes establecidas, como trabajo de las radiaciones mismas, por virtud de hacerse actual la energía que potencialmente en ellas reside, cuyo trabajo puede muy bien consistir, tratándose de receptores gaseosos, en dilataciones y contracciones de su masa; por lo tanto, así como la elevación de temperatura tiene, por inmediata consecuencia, la dilatación y el cambio de estado, que son trabajo, también la absorción de calor intermitente, que para el observador se

traduce en suerte de oscilación de la temperatura, ha de causar trabajo, que no se verifica sin ese vibrar que produce el sonido; en último término, aunque los efectos radiofónicos no resulten de vibraciones transversales, aun cuando sean producto, según se ha visto, de otros mecanismos distintos de los que producen los sonidos musicales ordinarios, en el fondo se deben á lo mismo, ya que oscilaciones son al cabo, producto de dilataciones y contracciones semejantes á las producidas por las notas musicales. Además, de igual manera que los cuerpos elásticos, mejor diré, aquellos en los cuales la densidad y la elasticidad están en cierta relación, son los más sonoros, así las sustancias dotadas de mayor poder absorbente determinan en la radiación sonidos más intensos, porque con igual facilidad que se apropian este movimiento, lo desprenden, causando así oscilaciones semejantes á las que producen los cuerpos elásticos cuando vibran; según lo cual, no son los fenómenos radiofónicos otra cosa que trabajos, producidos acaso por cierta especie de dilataciones y contracciones, producto de manifestación de energías determinadas; no importa el género de radiación, basta que reúna la condición de ser intermitente y de incidir de este modo sobre cuerpo sólido ó gaseoso capaz de absorberla.

Por otra parte, y entrando en otro género de consideraciones, dentro del orden de ideas que nos ocupa, puede sostenerse que todas ó casi todas las radiaciones participan de los caracteres térmico, luminoso y químico; pues, á no ser fuera de ciertos límites en que desaparece totalmente la propiedad luminosa, se observan en la radiación los caracteres indicados, y por eso no es extraño que todas concurren á producir los fenómenos radiofónicos, como concurren á la producción de otros hechos. Esto explica perfectamente, á mi ver, el hecho de que sobre cuerpos como el negro de humo tenga gran influencia la radiación oscura, ya que tal sustancia absorbe de preferencia los rayos térmicos; que sobre otros cuerpos, como los vapores de yodo y bromo, ejerzan la acción sonora con más intensidad las radiaciones luminosas, porque estos cuerpos las absorben mejor y con más fuerza; y, en fin, que para otras sustancias, como la mezcla de cloro, hidrógeno y aire sean más activas las ondas químicas; puesto que no solamente son absorbidas con gran intensidad, sino que son causa de combinación de los gases, con los caracteres que se han dicho antes.

Considerado de manera tan general el hecho radiofónico, resulta perfectamente explicado el fenómeno principal objeto de los estudios de Du-

four y enteramente análogo al que ofrecen los vapores de yodo y de bromo; de lo cual se deduce, que si bien las ondas de mayor longitud, nombradas radiaciones térmicas, producen principalmente la Radiofonía, los hechos examinados son bastante terminantes para admitir también que las radiaciones luminosas y químicas, cuando se hacen intermitentes, adquieren igual potencialidad, que se manifiesta, lo mismo que en las caloríficas, cuando inciden sobre cuerpos capaces de absorberlas, cuyos fenómenos tienen grandísima importancia, porque significan relaciones entre cambios de energía en apariencia muy distintos, los cuales demuestran el íntimo enlace y estrecha unión que hay entre todos los actos de este gran sér que llamamos Naturaleza y cuyas manifestaciones, desenvolviéndose en serie infinita, producen cuanto existe.

Antes de ahora, y tratando de explicar las primeras leyes de la Radiofonía, hizose una especie de aplicación de las teorías y principios de la evolucion de los seres á las diversas manifestaciones y cambios de energía y es ahora el momento de insistir sobre lo allí dicho, porque prueba la generalidad que queremos establecer. Son las radiaciones algo semejante al medio exterior en los seres, cosa muy parecida á esa



fuerza, que después de modificada por ellos, vuelve á obrar como si dentro de los organismos y por su trabajo no fuese elaborada, y como ella va de un sér á otro sér, de la Naturaleza á todos los organismos que de su función viven y los modifica, y lucha con un sér para convertirlo en otro, y lo perfecciona y mejora y cambia la evolución de sus actividades, así la energía radiante va por todas partes, compleja unas veces, desdoblada otras en sus elementos, siempre dispuesta á actuar sobre el estado dinámico de los cuerpos, que unas veces déjanla pasar, tomando de ella tan poco que parece que nada toman, otras veces apropiándose la entera y trasformando sus propiedades todas, y en las más, adquiriendo sólo algo de ella, lo cual es causa de modificaciones de propiedades, que dado nuestro sentido, significan tan solo determinaciones de toda ó parte de la potencialidad que la radiación tenía. Un ejemplo hará más clara esta idea. Supóngase la formación de un cristal; ¿por qué reviste determinada forma? ¿qué pasa en el interior de aquel estado dinámico para que se coloquen las energías de tal manera que haya de producirse forma geométrica, característica de cada sustancia? No puede admitirse, en manera alguna, que las formas cristalinas dependan de potencialidades es-

peciales y singularísimas, ni que en ellas influyan otros elementos distintos de aquéllos que son resultado de determinaciones de la actividad natural, y menos todavía es admisible que tales formas posean cierto carácter de estabilidad y permanencia, sin que quepa modificación de ninguna especie; pues sabido es que los cristales, aunque pertenezcan á un mismo grupo, son individualmente distintos, como lo son cuantos seres viven en la Naturaleza; lo que cabe decir es que las formas de los cristales, como las de las plantas y las de los animales, resultan de este conflicto y oposición de estados dinámicos especiales con fuerzas y energías externas, que no pudiendo dominarlos por completo, los determinan en formas especiales y características, lo cual explica la perfección de ciertos cristales en localidades determinadas y la destrucción parcial de otros, cuando han tenido que luchar con fuerzas que á su permanencia individual se oponían, y como se ve, todas estas consideraciones vienen á confirmar aquellos principios del dinamismo orgánico que tanto se encarecían en el comienzo de este trabajo, porque hacen que se considere un cristal semejante á cualquier organismo, ya que se forma por las mismas leyes y á ellas obedece durante su vida; y tanta es esta semejanza y de

tal modo aparece clara que hasta la complejidad del organismo tiene el cristal, compuesto al fin de elementos muy numerosos, idénticos entre sí, cual son idénticos los elementos variadísimos que componen cualquier organismo. Y así como resultan las formas distintas de esta oposición y contraste de energías, resultan igualmente los sonidos radiofónicos, formas al cabo con que se determina la potencial adquirida por un movimiento en el acto de experimentar cierto género de modificaciones en su velocidad.

Examinando más de cerca todavía los caracteres de la energía radiante, adviértese que siendo movimiento complicado por todo extremo, ha de poseer potencialidades y aptitudes muy distintas; advertimos de ella lo más exterior, que es acaso la condición de movimiento vibratorio que se le asigna; mas no puede negarse que si produce calor es por su potencialidad térmica, determinada como tal en ciertos cuerpos; si causa luz, es porque tiene aptitud de vibrar produciendo color; si origina acción química, es porque tiene en potencia la propiedad de combinar ó descomponer cuerpos que determinan esta propiedad en especial: y ¿por qué no ha de decirse otro tanto cuando causa sonido? ¿Por ventura antes de llegar al prisma y descomponerse, se advierte en

la radiación solar otra cosa más que el calor, y eso en cierta medida y con condiciones especiales? ¿Y aun luego que la radiación se descompone puede notarse en ella la propiedad química tan distinta y aislada como la luminosa? Evidentemente no, y esto demuestra que tales caracteres sólo residen en ella en estado potencial, determinándose, cuando al presentarse resistencias para ello, tiene este estado que convertirse en energía vibratoria y acaso en energía actual; pues bien, yo no encuentro razón alguna, ni hallo experimento que pruebe que no es preciso causa especial para que esta potencial se determine en forma de sonido. Y no hallo esta razón, porque creo firmemente que las llamadas propiedades de los cuerpos no residen en ellos, sino que son producto de esas oposiciones, ya tantas veces citadas, en las cuales el estado dinámico nombrado cuerpo no es, en último término, sino ocasión, por la resistencia que ofrece, de que se determine la potencialidad residente en la radiación.

No cabe objetar á esto que las radiaciones no poseen tal aptitud, porque se contesta que el sonido es una vibración, semejante en su forma y caracteres á la vibración térmica ó luminosa, y sólo diferente en cuanto á su amplitud, mucho mayor, y que en el acto de hacerse inter-

mitente un movimiento vibratorio, vuélvese más lento, y así como el prisma separa unas de otras las radiaciones luminosas, y de un rayo de sol, perfectamente incoloro, hace esa faja hermosísima, en cuyos siete colores está la vida, según la feliz expresión del poeta; así el interruptor que gira disminuye la velocidad con que la radiación se propaga, y nuevo prisma, en lugar de pintar colores cuando la radiación, luego de haberlo atravesado, llega á una pantalla, produce sonidos, después que esa misma radiación incide sobre sólidos ó gases, sonidos que son para el pentágrama lo que los colores son para el espectro, notas distintas de una armonía inefable y magnífica, himno grandioso de un organismo inmenso lleno de actividad y vida.

Ahora, si se me pregunta por qué las radiaciones térmicas son más eficaces para producir el fenómeno radiofónico, diré que porque con más facilidad, en igualdad de circunstancias, se disminuye la velocidad de un movimiento lento que la de otro rápido, y es más fácil, por la misma razón, convertir calor en sonido que en acción química.

Pasando al tercero y último orden de consideraciones, habré de indicar por entero mi pensamiento acerca de la radiación, dado el cual, es fá-

cil comprender las razones en que me fundo para admitir la Radiofonía como propiedad general de toda energía radiante. Son las radiaciones, se dijo varias veces, al modo de resultantes procedentes de integración de elementos variadísimos y no cosa aislada, simple é indescomponible; pues bien, estas radiaciones, como verdaderas integraciones, no poseen una potencialidad especial que al determinarse cause propiedades particulares, lo cual quiere decir que en ellas no hay aptitud luminosa, diferente de la aptitud térmica ó de la potencialidad química, sino una potencia que puede determinarse de muy distintos modos, produciendo fenómenos extremadamente diversos en apariencia; por donde viene á admitirse que las propiedades de la radiación, como las de cualquier otro estado dinámico, son función del medio empleado para descomponerla. Sucede aquí algo muy parecido á lo que acontece en las combinaciones químicas: en realidad los elementos que forman cualquier cuerpo no están aislados dentro de él, formando grupos distintos, que por análisis pueden separarse, pues no habría entonces más de un medio para descomponer los cuerpos, sino que los componentes se integran formando un todo homogéneo, en el cual no es posible distinguir ni apreciar grupos parciales esencialmente distintos; por eso los produc-

---

tos obtenidos en la descomposición de cualquiera sustancia dependen y son función del medio de análisis.

Del mismo modo en la radiación, en un rayo de sol, antes de llegar al prisma, es imposible distinguir y diferenciar rayos diversos, energías distintas; se hace preciso una oposición de estados de fuerza, que no otra cosa es el análisis, para que la diferenciación se verifique y de aquel todo homogéneo se separen el espectro térmico, el espectro luminoso y el espectro químico, que corresponden á distintos períodos de onda, viniendo á ser como fuerzas de intensidades variables. Mas téngase en cuenta que ninguna de estas propiedades se aísla enteramente de las otras, que ninguna radiación, en más ó en menos, deja de participar de los caracteres térmico, luminoso y químico; por eso los distintos colores poseen temperaturas diversas y acciones químicas distintas; en unos predomina el poder térmico, pero como compensación, es más intenso en otros el poder químico; porque ni los colores están separados y como perfectamente distintos unos de otros, ni tampoco confundidos enteramente, sin que quepa señalar la menor diferencia entre ellos: desde este punto de vista es la radiación, con sus propiedades todas, muy semejante al sonido producido por

una cuerda, ya que como él se compone de vibraciones distintas y vibraciones de amplitudes diversas, que, fundiéndose é integrándose, forman ese conjunto admirable y magnífico del rayo de sol, que es como sonido causado por infinitas vibraciones de activísima energía; y al modo que la vibración total de la cuerda puede dividirse en distintos armónicos, si idénticos unos á otros, en cuanto sonidos, individualmente distintos, así la radiación se divide en radiaciones armónicas que representan las componentes de una resultante, tan rica en actividad, como en variados modos de manifestarla.

Todavía es preciso ir más lejos en estas consideraciones. Una cuerda vibrando contiene realmente y se compone de multitud de vibraciones de períodos distintos, unas más lentas y largas, y otras más cortas y rápidas, y se puede, disponiendo las cosas para que tal suceda, disminuir la velocidad de oscilación, y de un sonido agudo hacer otro más grave y de menor longitud de onda. Con las radiaciones sucede lo mismo; del espectro químico se pasa al luminoso por aumento del período de las vibraciones, y de éste al térmico, disminuyendo aún más su velocidad, y aumentando la longitud; pues bien, yo afirmo, y antes de ahora se indicó esta idea, que la Radio-



fonía procede de otra disminución de velocidad de vibración de las radiaciones térmicas, y como estaba comprendida esta longitud en las ondas más rápidas, á la manera que cualquier armónico se comprende en el sonido producido por una cuerda, por eso creo que es propiedad general de todas las radiaciones, llegando así hasta admitir que el espectro se compone de cuatro regiones distintas á saber:

*Rayos químicos*, que son los producidos por vibraciones más rápidas.

*Rayos luminosos*, ocasionados por ondulaciones más largas.

*Rayos térmicos*, causados por disminución de la velocidad de las ondas.

*Rayos sonoros*, producto de vibraciones más lentas y ondas de mayor amplitud.

Cuyas regiones corresponden perfectamente á cuatro octavas ascendentes distintas, representada la más grave por las radiaciones sonoras, y la más aguda y alta por las radiaciones químicas, colocándose la primera más allá de la porción infra-roja, y la última en la región, también oscura, que comienza después del color violado. Para opinar así me fundo en el hecho de que la porción infra-roja del espectro se extiende mucho más allá de los límites que hasta el presente se

le habían asignado, y como las vibraciones á ella correspondientes pierden rapidez á medida que nos alejamos de la parte luminosa, nada tendría de particular que llegaran á transformarse, en el extremo opuesto, en vibraciones sonoras, como otras veces, por mecanismos diferentes, se transforman. Tal conjetura se apoya en la autoridad del profesor Langley, que se expresa de esta manera, consignando, el 10 de septiembre último, sus observaciones practicadas á la altura de 12.000 pies en la cúspide del monte Whitney, cuyas observaciones se dirigían á investigar el poder absorbente del vapor de agua de la atmósfera para los rayos solares; hé aquí las palabras que importa citar: «Mis observaciones, dice Mr. Langley, indican una gran diferencia entre la distribución de la energía solar en esta región y aquella á que estamos acostumbrados en las localidades en que el aire tiene la humedad ordinaria. Muy débil es la acción del vapor de agua sobre los rayos más refrangibles; mas hay, por otra parte, un efecto sistemático, debido á la ausencia de este vapor, que demuestra por contraste, de una manera notable, cuál es su acción sobre los rayos rojos y ultra-rojos. EL ESPECTRO ULTRA-ROJO SE EXTIENDE MUCHO MÁS ALLÁ DEL PUNTO HASTA EL CUAL SE LE HABÍA OBSERVADO.»

---

Según los experimentos de Tyndall, el vapor de agua, sustancia muy absorbente, produce el fenómeno radiofónico con gran intensidad, porque así como las cuerdas que vibran hacen vibrar á las que están á su unísono y pueden producir el mismo sonido, así las sustancias absorbentes responden, por suerte de simpatía, produciendo aquellas mismas vibraciones que absorbieron.

## II.—*Mecanismo del fenómeno radiofónico.*

Á este propósito, Mercadier enunció una ley, que más tarde admitió Tyndall, según la cual es preciso atribuir el sonido, no á vibración de la lámina receptora, sino á suerte de oscilación del aire retenido en su superficie por la sustancia absorbente que la cubre, y si los receptores son gaseosos, á dilataciones y contracciones de toda su masa, ó sea á cambios de volumen acaecidos durante muy cortos períodos de tiempo. Dufour, por su parte, llega también á la misma conclusión en dos experimentos bastante notables, aunque uno de ellos se refiere, mejor que á la cuestión, á probar que la influencia de las radiaciones no pasa de la superficie del receptor; el experimento que conviene citar es el siguiente: de un lado á otro

de la guarnición de una lente convergente, ligeramente convexa, se extendió un delgado alambre de latón ahumado, y entre él y la superficie curva de la lente se colocó, deslizándolo con dificultad, un vidrio delgado de los que sirven para portaobjetos en el microscopio; en el punto de contacto viéronse al instante los anillos coloreados de Newton, con diámetros variables, según la tensión del alambre. Sometido éste á influencias de radiaciones intermitentes, se percibió sonido, sin que nada variase el diámetro de los anillos, lo cual indica que no hubo vibración del alambre; pues de haberla, cambiaría la presión ejercida sobre el vidrio en que se apoyaba, causando alternativas y variaciones en el diámetro de los anillos, las cuales medirían, en cierto modo, el ritmo de la vibración sonora.

Dos términos abraza la cuestión propuesta, los cuales habrán de estudiarse, para llegar á una fórmula, última expresión del mecanismo de la Radiofonía, cuyos dos términos son las preguntas siguientes: ¿procede el fenómeno radiofónico de dilataciones y contracciones del receptor, ocasionadas por absorción de radiaciones térmicas? Si así no fuese, ¿puede acaso atribuirse á efectos semejantes á los que atribuía Mr. Crookes el movimiento del Radiómetro? En el experimento que

se acaba de citar está, en cierto modo, demostrado que no es la lámina receptora quien vibra, y además otros experimentos de Mercadier, de los cuales á su tiempo me he ocupado, lo confirman de un modo concluyente. Por otra parte, estas dos cuestiones están admirablemente tratadas en una Memoria notabilísima de Mr. William Henri Preece, titulada *Conversión de la energía radiante en vibraciones sonoras*, en cuyo trabajo se dilucida, por medio de muchos y muy ingeniosos experimentos, el mecanismo del fenómeno radiofónico, y á ellos habrá de acudirse, como base de razonamiento, dentro de la opinión que aquí se sostiene.

Fué racional y lógico, en los primeros estudios relativos á la trasformación de radiaciones en sonidos, atribuir éstos á vibración de los receptores; pues había para ello como dato el hecho del aparato de Trévélyan, en el cual, como es sabido, las dilataciones y contracciones de una masa de plomo producen movimiento oscilatorio; pero, examinando el hecho que estudiamos, resulta, singularmente tratándose de sustancias duras, que debe intervenir, como dato para las acciones del calor, el tiempo, y no se concilia la lentitud del enfriamiento, en las condiciones especiales que concurren en la producción de la Ra-

diofonía, con estos efectos sonoros, producidos por elevación de temperatura y enfriamiento repentino; porque si el sonido resulta de cambio de volumen del receptor, necesariamente debe acaecer en muy corto período, y esto no es compatible, en manera alguna, con la pérdida gradual de calor durante mucho tiempo. Preece cita como objeción á ello una observación curiosísima de Lord Rayleigh, el cual demostró que, á condición de ser muy grande el poder radiante de los receptores, la lentitud del enfriamiento, lejos de oponerse á ella, favorecería la variación de temperatura; cosa que se comprende perfectamente, recordando que en igualdad de poderes radiantes, irradia más el cuerpo que se enfría más tarde; pero á pesar de esto, los experimentos demuestran de modo terminante que no vibran los receptores sólidos; pues si tal hiciesen, sus vibraciones serían transversales, según son las de todas las placas, sea cualquiera su forma. Fúndase la demostración experimental en ensayar un receptor lineal (puede servir un alambre ahumado), sujetándole por un extremo, y haciendo que el otro, si se dilata ó se contrae, pueda, por estas operaciones, interrumpir la corriente eléctrica que atraviesa por un teléfono, y claro está que si las interrupciones son periódicas, en este aparato

se producirá también sonido. Ensayando receptores muy diversos y focos de radiación muy distintos y numerosos, no se obtuvieron interrupciones notables; lo cual demuestra que las radiaciones intermitentes, incidiendo sobre los receptores, no cambian su volumen hasta el punto de producir vibraciones sonoras.

Para resolver acerca del segundo punto, es necesario partir de una suerte de ley, enunciada por Crookes, á propósito de las repulsiones radiométricas, que según sus palabras demuestra «la existencia de una *presión molecular*, cuando las radiaciones inciden sobre una superficie ennegrecida, colocada en el aire y á la temperatura ordinaria.» Acerca de esto se expresa Preece de un modo bastante categórico, que me conviene hacer notar: «Siempre que la energía radiante, escribe, incida, en el aire, sobre una superficie absorbente, tal como la madera ennegrecida, *su longitud de onda disminuye ó baja, convirtiéndose en calor termodinámico*. Las moléculas de aire que hieren esta superficie caliente reciben calor, y se alejan con aumento de velocidad, y como la acción es siempre igual á la reacción, ejercen, al alejarse, cierta presión sobre la superficie, y como sobre la cara opuesta de ésta no se ejercen influencias de tal género, se establece entre las dos caras una dife-

»rencia de presión que da á todo el cuerpo cierta  
»tendencia á alejarse del foco de energía. El efecto  
»es mucho menos sensible en el aire á la presión  
»ordinaria, que en el aire rarificado; porque, en el  
»primer caso, la trayectoria de las moléculas es  
»muy corta, y las reflejadas ayudan á repeler á las  
»que se aproximan á la superficie con velocidad  
»menor. *Al menos se demuestra, en este caso, cierta*  
»*presión molecular, que siendo bastante rápida y con-*  
»*siderable, debe producir vibraciones sonoras. Me pa-*  
»rece probable que el efecto del tiempo no debe  
»manifestarse del mismo modo que en los discos  
»duros, porque el influjo radiométrico se ejerce  
»únicamente en la superficie de los cuerpos y no  
»afecta á su masa. Además, si las vibraciones  
»sonoras se deben á acción radiométrica, deben  
»observarse diferencias en los efectos producidos  
»sobre los receptores, según que la superficie ex-  
»puesta á la radiación se halle ennegrecida, puli-  
»mentada ó pintada de blanco.»

Al presente se llega á poner la cuestión del mecanismo de la Radiofonía en sus verdaderos términos, porque se alcanza ya la síntesis más general que puede formularse en vista de los hechos conocidos y determinados, faltando únicamente, para el perfecto conocimiento del fenómeno radiofónico, establecer su ecuación, de la cual



son términos no más las leyes y teorías que aquí se consignan. Puesta la cuestión en su punto, resulta que sólo cabe resolver, en definitiva, si la Radiofonía se debe ó no á verdaderas acciones radiométricas, y en caso negativo investigar, por medio de experimentos, cuál sea la transformación ó serie de transformaciones acaecidas en el acto de producir sonido las radiaciones intermitentes. Respecto de la primera de estas cuestiones, afirmo que no es debida la Radiofonía á una repulsión de la energía por parte del receptor, y por consiguiente, que es cosa muy diferente de las acciones radiométricas; y para afirmar esto, me fundo en razonamiento muy sencillo, de una parte, y en experimentos decisivos ejecutados por Preece, de otra.

¿Qué es, en último término, la llamada repulsión ó acción radiométrica? Para Crookes y los que como él piensan, para toda la escuela atómica, poseen los cuerpos calientes, dotados de cierto poder absorbente, la propiedad notabilísima de repeler y como rechazar las moléculas gaseosas que van á herir ó chocar con su superficie, la facultad de hacer que todo elemento elástico, llegando á ellos, sea despedido y rechazado, cual rechaza una superficie dura el cuerpo elástico que con ella choca; de esta manera, puede decirse

que de los cuerpos calientes no sólo se irradia calor, sino partículas materiales que, rechazadas por aquella superficie, forman y constituyen suerte de inmenso bombardeo de proyectiles infinitamente pequeños. Ahora bien; si estas repulsiones son rapidísimas y muy considerables; si miríadas de millones de moléculas son rechazadas por la superficie de un receptor, habrá por necesidad choques infinitos é innumerables colisiones entre los elementos rechazados y las partículas ó elementos de la radiación, que siguiendo camino opuesto, van á rebotar en la superficie del receptor; y de estos choques, y de estas colisiones, de la batalla y encuentro de las moléculas que van á chocar con las que vienen rechazadas, resultará el sonido radiofónico, sin tener en su producción el receptor otro papel sino el de superficie dura capaz de rechazar todo movimiento molecular. Dentro del criterio de la teoría dinámica puede hacerse consistir la acción radiométrica en verdadera reflexión de un movimiento que, después de reflejado, encuentra otro, dotado de intensidad mayor, resultando del conflicto y del choque esa acción especial apreciable para nosotros como sonido.

En cualquiera de las dos hipótesis no puede admitirse la acción radiofónica como cosa análo-

ga al fenómeno radiométrico de repulsión molecular, ó de repulsión dinámica: el receptor, según veremos luego, no influye para nada en el sonido radiofónico, sobre todo desde el instante en que se produjeron sonidos sin receptores sólidos, y además los efectos de la Radiofonía en los receptores son totalmente distintos de aquellos producidos por movimientos radiométricos. En efecto; ¿puede admitirse, con algun fundamento racional ó apoyándose en un solo experimento, que siendo producido el efecto radiofónico por choques materiales, la superficie del receptor nada se modifique, y ni siquiera éste vibre ó se mueva de modo algo parecido al movimiento del Radiómetro? ¿La presión molecular continuada no ha de imprimir alguna huella en la delgada lámina que continuamente la recibe? No acierto á comprender, dejando las moléculas al chocar con el receptor algo de su energía en la superficie de éste, pues son rechazadas necesariamente con velocidad menor de la que venían animadas, cómo esta energía no produce trabajo de ninguna especie, ni causa elevación de temperatura, ni siquiera ocasiona en la lámina receptora la menor deformación, y en los gases no causa dilataciones.

Pruébase esto todavía mejor acudiendo á los

experimentos de Preece, los cuales desvanecen toda duda.

Su aparato compónese de un foco de luz oxidídrica que concentra una lente sobre el disco interruptor, y va á parar, después de atravesar otra lente, al receptor, ingenioso aparato en el cual es preciso fijarse un instante. Fórmalo una caja de madera de figura prismática rectangular, perfectamente cerrada con un vidrio por el lado que ha de exponerse á la radiación; poco antes del fondo hay un anillo destinado á sujetar la lámina receptora—siempre constituída por un disco,—de manera que quede espacio libre entre ella y el fondo de la caja, en el cual hay una embocadura de latón, y á ella articulado el tubo acústico destinado á la percepción del sonido.

Partiendo de la hipótesis de la acción radiométrica primeramente enunciada por Preece, en seis experimentos practicados con láminas de ebonita, zinc y mica, ennegrecidas ó pulimentadas, obtuviéronse sonidos radiofónicos con intensidades muy distintas, observándose que mientras la ebonita ennegrecida presentó el máximum de efecto, la mica, en las mismas condiciones, no produjo sonido alguno; cuyo hecho contradice, aun más que los otros, la hipótesis que atribuye la Radiofonía á movimientos radiométricos, porque si á

mayor poder absorbente corresponde repulsión molecular mayor, la mica ennegrecida tendría que producir sonidos muy intensos. Además, absorbiendo la lámina receptora parte del calor de los proyectiles moleculares que á ella llegan, por necesidad debe dilatarse, comenzando por bombearse la cara expuesta á la luz, por efecto de la repulsión. Nada de esto sucede, puesto que, disponiendo, según hacía el mismo Preece, un contacto eléctrico muy sensible comunicando con el teléfono, podían notarse vibraciones en un sentido ó en otro indistintamente, y como sabemos que el receptor no vibra, necesariamente no hay acción radiométrica de ninguna especie en el mecanismo de la Radiofonía; conclusión demostrable también por otra serie de consideraciones distintas, de las cuales es posible deducir ciertos principios muy importantes para el establecimiento de la ley general de la Radiofonía.

Conviene citar, por ser perfectamente concluyente, otro experimento que consiste en disponer el receptor, como Preece lo hacía, dentro de una caja llena de aire; pero tocando con la pared posterior, en cuyo caso, aun cuando la superficie que recibe las radiaciones sea absorbente en grado máximo, no se produce sonido alguno; cuyo hecho demuestra, no solamente que los receptores

no vibran, sino también la no intervención de acciones radiométricas en el fenómeno de la Radiofonía. Con efecto, si la radiación molecular rechazada por la superficie absorbente fuese causa del sonido, ¿importaría que esta superficie estuviese fija al fondo de la caja ó suspendida, por cualquier mecanismo, en su interior? Según los principios de la teoría de la repulsión molecular, tan invocada por Crookes, nada influiría en el hecho la variación de lugar de esta lámina receptora, ya que sólo se exige que su superficie posea cierto poder absorbente, traducido en capacidad para rechazar todos los elementos materiales, que animados de velocidad inmensa á ella llegan, dotados de temperatura superior á la suya; y como esto no sucede, como, lejos de no importar la fijeza del receptor, importa tanto, que si no hay aire ú otro gas entre él y el fondo de la caja, puesto en comunicación con el oído, no se produce sonido, debe rechazarse toda hipótesis encaminada á atribuir la Radiofonía á efectos de repulsión radiométrica, teoría que también es rechazada por la concepción dinámica, según la cual, nada se produce sin modificación de movimiento; porque todo cuanto percibimos no es otra cosa sino estados diversos de fuerza, y no impresiones de aquello que si existiera debería ser perfecta-

mente inerte, é incapaz, por lo tanto, de causar fenómenos é impresiones; pues no hay que olvidar la condición peculiar y especialísima de la inercia asignada por los atomistas á la molécula material.

Todos estos resultados experimentales vienen á demostrar y servir de comprobante á la teoría que pretende establecerse aquí, y para cuyo enunciado preciso sólo falta determinar, con toda claridad, el mecanismo en virtud del cual las radiaciones determinan en sonidos la potencialidad adquirida en el acto de hacerse intermitentes. Este mecanismo acabamos de ver que no consiste en vibración del receptor, ni menos es debido á repulsiones radiométricas; veamos ya si puede ocasionarse por movimientos de dilatación y contracción, causados por las radiaciones mismas en el aire ó en el gas retenido por la superficie absorbente, ó quizá en el que la rodea. Para llegar á esto se hace preciso demostrar que todo el aire contenido en las cajas receptoras usadas por Preece vibra produciendo sonido, y luego que aun sin lámina receptora es posible, por dilataciones y contracciones de cualquiera masa gaseosa, producir sonidos radiofónicos. Esta segunda cuestión se halla demostrada ya, de cierta manera, en el experimento ejecutado por Dufour, con

la mezcla de cloro, hidrógeno y aire; pero aun se prueba mejor con otros experimentos más recientes é ingeniosos. Viniendo al primer punto, hé aquí un hecho concluyente: supóngase un receptor colocado dentro de una caja, en cuyas paredes y en distintos lugares se colocaron tubos acústicos; haciendo incidir sobre este receptor radiaciones intermitentes, por todos los tubos se percibió sonido, lo cual demuestra que todo el aire interior se movía y vibraba. Si delante del disco receptor se colocaba una lente, entonces el sonido era más intenso; pero si el receptor se ponía en el vacío, ó aplicado sobre el fondo de la caja, quitando siempre la lente, ni directamente, ni por medio del microfono más sensible, se percibía el menor sonido; lo cual prueba, cuando menos, la influencia esencial é indispensable del aire ó de otro gas elástico, susceptible de contraerse y dilatarse por las alternativas de la radiación interrumpida. Por este resultado creyóse que sería posible producir sonidos radiofónicos sin receptores sólidos, y á este fin dispuso Preece dos cajas llenas de aire, una ennegrecida interiormente, y la otra pulimentada: con ésta no se produjo sonido alguno; pero con la de paredes ahumadas el sonido fué muy intenso, y ennegreciendo la pulida se producía éste también con



gran intensidad; de lo cual deduce el mismo Preece una conclusión muy importante que expresa con estas palabras: «Resulta evidentemente » que los efectos sonoros se favorecen material- » mente por los depósitos de sustancias muy ab- » sorbentes para el calor colocadas sobre las pare- » des de la caja;» y más adelante añade: «que las » vibraciones sonoras se deben á movimientos del » aire y no del receptor, porque los sonidos son » más intensos cuando éste se suprime.» Veamos lo que tienen para nosotros de admisibles estas conclusiones.

De lo dicho acerca del mecanismo de la Radiofonía resulta comprobado un experimento de Mercadier citado cuando se trató de los hechos, cuyo experimento consistía en someter á la radiación intermitente un sistema de dos tubos, colocado uno dentro del otro y ahumado el interior por dentro y por fuera en corto espacio; se hacían incidir radiaciones interrumpidas sobre la porción ahumada del interior y sólo se percibía sonido en un tubo acústico que comunicaba con el aire en contacto con aquella porción, no percibiéndose nada en el aire exterior, verificándose el fenómeno contrario cuando la radiación incidía sobre la porción ahumada del exterior. Además, los hechos expuestos acerca de la manera

como las radiaciones producen sonidos demuestran la carencia de toda vibración de los receptores, la no intervención de acciones radiométricas, la vibración de los gases y la influencia de las sustancias absorbentes en la intensidad del sonido. De estas dos últimas conclusiones puede deducirse el mecanismo que la radiación sigue al determinar en sonido su potencialidad, porque todo cuanto sucede se refiere perfectamente á las radiaciones causadas en la oposición de dos estados dinámicos distintos.

Hay tan poca energía actual en las radiaciones que bien puede decirse que se componen únicamente de movimiento vibratorio y de esa potencial de reserva, característica de todo movimiento, sea cualquiera su forma: ahora bien; si interrumpir una radiación vale tanto como disminuir el movimiento vibratorio, necesariamente éste se hallará más cerca de *actualizarse*, pues siendo de mayor período la oscilación, está más inmediata de la energía sensible que de la pura y absoluta potencialidad. En este caso, la misma energía potencial se halla en estado de determinarse de manera sensible con facilidad mayor que en otros casos; no necesita, por lo tanto, sino débil obstáculo, resistencia de un medio elástico, capaz de producir cierto género de vibra-

ción, la de más bulto y material, para realizar esa transformación, en cuya virtud se producen casi todos los fenómenos naturales. Al modo como las energías é influencias exteriores á un sér se arreglan, modifican y trasforman por causas especiales, para que el sér se adapte á ellas con gran facilidad, determinando en su organismo una variación debida á la influencia del medio, así las radiaciones intermitentes se hallan en el caso de producir sonidos; pero como el sér orgánico precisa cierto impulso individual y perder por él parte de su energía, modificando su estado para que experimente la acción del medio externo, así es preciso un gas, elástico y poco denso, para que se determine la potencial de la radiación, manifestándose ésta, de una parte, y produciéndose sonido, de otra, por el concurso de ella y de la vibración atenuada en el acto de la intermitencia; y como siempre que se verifica algún cambio de energía es preciso que á él concurren y se hallen presentes sus tres formas, de aquí la necesidad del movimiento sensible de dilatación y contracción del gas, sin cuyo fenómeno sería imposible la manifestación sonora característica del fenómeno que se estudia. Para comprender mejor esto, sirva de ejemplo el caso de la cristalización de cualquiera cuerpo en una

disolución saturada. En el acto de disolverse un cuerpo y de llegar al estado de saturación adquiere evidentemente la potencialidad de cristalizar, potencialidad que se determina ó puede determinarse por varias causas, y el reposo es una de ellas y otra la disminución de presión; mas, ¿puede decirse que estas causas ocasionales son la causa verdadera de la formación de cristales? Evidentemente no. Pues lo mismo sucede con la radiación. El gas que se mueve es necesario, es preciso, porque, según vamos á ver, su movimiento equivale á disminuir resistencias para la manifestación de las aptitudes de las vibraciones propagadas como radiaciones; el movimiento del gas, en este caso de adaptación de un movimiento á otro, tiene igual importancia que el esfuerzo individual, modificando alguna de las condiciones del estado de un organismo, para adaptarse mejor y más fácilmente á la influencia del medio exterior, que en él ha de causar ciertas variaciones.

Comprueba perfectamente estas afirmaciones la influencia del poder absorbente de los receptores en la intensidad del fenómeno radiofónico. Volviendo á nuestra comparación, sábese cuánto es eficaz, para determinar instantáneamente la formación de cristales, colocar en la disolución uno

---

sólo de la misma sustancia disuelta; en este caso parece que toda resistencia se anula por completo, y que la potencial ó aptitud de cristalizar se manifiesta perfectamente: sucede lo mismo con las radiaciones. Si no hay sustancias absorbentes, el fenómeno radiofónico no se produce, porque la resistencia que opone el aire es imposible de vencer por la radiación; pero cuando ésta es absorbida por un cuerpo que tal propiedad posea, entonces, como la absorción significa elevación de temperatura, y por consiguiente, dilatación del gas que hay alrededor, las resistencias disminuyen, desaparecen los obstáculos, y la aptitud de producir sonidos se determina con tanta más intensidad, cuanto mayor es el poder absorbente de los receptores, sean éstos sólidos ó gaseosos. Buena prueba de ello es la intervención del tiempo en el fenómeno radiofónico, cuyo elemento influye notablemente hasta el punto de poder afirmarse, en vista de experimentos practicados, que la intensidad de la nota emitida no solamente depende de la prontitud con que el aire absorbe la energía radiante, sino también de la velocidad con que cede su calor á la superficie del receptor sólido.

Puede ya expresarse, después de estos razonamientos, el mecanismo de la Radiofonía, admi-

tiendo, aunque con sentido diferente del suyo, la teoría del profesor Hughes acerca de la producción del sonido radiofónico por dilataciones y contracciones del aire retenido en la superficie de los receptores. Siguiendo fielmente lo establecido anteriormente, puede decirse que la Radiofonía, como propiedad de toda radiación intermitente, se determina por virtud de movimientos de contracción y dilatación de gases, en cuanto estos movimientos favorecen la producción de sonidos, siendo ellos mismos originados por la aptitud especial de absorber radiaciones con mayor ó menor fuerza y poder desprenderlas sin modificación aparente, siguiendo el mismo ritmo que sigue la radiación al hacerse intermitente; de donde puede deducirse perfectamente la ley que indica la relación del sonido con el número de veces que la energía radiante se interrumpe en la unidad de tiempo.

### III.—*Síntesis general.*

Hé aquí cómo hemos alcanzado aquel concepto más general, aquella ley más universal y suprema, en la cual se representa como en símbolo todo el conjunto de fenómenos y hechos que la Radiofonía comprende: hé aquí llegado el mo-

mento de reunir todos los datos y todos los resultados del análisis en una sola expresión, unión y enlace de cuanto queda establecido en el estudio del fenómeno radifónico; y al enunciar esa ley suprema, término, objeto y fin de toda inducción, y al formular esa síntesis, compendio y resumen de toda investigación en el orden de ideas y hechos aquí expuestos, ya no se trata de aducir pruebas de hechos, ni de acudir á procedimientos experimentales que den apoyo á conjeturas é hipótesis; la generalización y el símbolo pertenecen á categoría de pura razón, y no han menester, desde el punto á que hemos llegado, sino conclusiones generales claras y terminantes.

¿Qué es, en último término, la Radiofonía? ¿De qué manera ha de explicarse la propiedad y aptitud especial que poseen las radiaciones para producir sonidos cuando se hacen intermitentes? Tales son las cuestiones principales que abraza y comprende ese primer principio que se pretende establecer como síntesis y fórmula cabal de todas las ideas expuestas en este trabajo.

Si consideramos á todo movimiento propagado en forma de radiaciones como compuesto ó integración de vibraciones de períodos distintos, unas veloces, rapidísimas y en extremo cortas, otras lentas, largas y de mucho período, y entre

estos dos términos, el primero muy cercano de la pura potencialidad, y el segundo bastante inmediato á las manifestaciones de la forma de energía dicha sensible, otras dos especies de vibraciones de longitudes diversas, representantes de movimientos muy varios en período y velocidad, pero constantes en forma, viene á ser la Radiofonía determinación especial, característica de las radiaciones que ocupan la extremidad de la región infra-roja, ó sea la porción más lejana de la parte coloreada del espectro, á la cual corresponden las vibraciones de mayor período de onda. Comparando la escala de los sonidos con las vibraciones que constituyen cualquiera radiación, resultará que las vibraciones aptas para producir sonidos corresponden á las notas más graves, sólo perceptibles en condiciones determinadas, y las acciones químicas á las notas más altas, apenas perceptibles según son rápidas y numerosas las vibraciones que las causan; y la comparación resulta aún más clara si se tiene en cuenta que ni la escala de los sonidos ni la escala de las radiaciones son cosa acabada que se encuentra en la Naturaleza perfectamente hecha, y de ella se toma tal como es, sino, por el contrario, obra humana, y como tal perfectible, cosa demostrada por el hecho del descubrimiento de



nuevos acordes, combinaciones rítmicas y armonías que antes no se notaban, y por colores y propiedades que pasaron durante mucho tiempo desapercibidos para todos los observadores. Pues bien; imagínese el lector que se descubre un acorde nuevo, un color no visto aún, cierta acción química desconocida hasta el día; estos descubrimientos serán propiedades y caracteres que hay que añadir á los caracteres y propiedades conocidos en las gamas de los sonidos, de los colores y de las acciones químicas: la Radiofonía es sólo otra propiedad, nuevo carácter de aquella porción oscura y poco activa, representada por las vibraciones menos rápidas y menos sutiles que hay en toda radiación, y que al descomponerse ésta por el prisma colócanse más allá de la franja coloreada y en la parte más lejana de aquel matiz rojo que algunas veces pinta el sol al ocultarse en el horizonte, y casi siempre es anuncio de su salida.

Si se me pregunta lo que puedo deducir de todo el análisis hecho acerca de lo que sea la Radiofonía, diré que entiendo por tal fenómeno LA PROPIEDAD QUE POSEE TODA RADIACIÓN DE PRODUCIR SONIDO CUANDO SE HACE INTERMITENTE, *propiedad que no está ACTUALIZADA en las radiaciones, sino en estado de POTENCIAL Ó APTITUD que ha de ma-*

*nifestarse, como se manifiestan las propiedades todas de los movimientos, en el acto de encontrar una oposición, ya que de oposición de estados dinámicos distintos resultan todas las modificaciones de movimiento, todos los fenómenos naturales.*

Para llegar á este concepto generalísimo no se invocaron principios nuevos, ni se apeló á otra cosa distinta de las leyes y de los principios admitidos en la ciencia actualmente, antes bien, se procuró encajar sin esfuerzo el nuevo fenómeno en la ley general de los conocidos, dándole igual categoría que se concedería á un nuevo color descubierto, porque al fin significa lo que éste significaría, movimiento vibratorio, más ó menos rápido, y por tanto de distinta longitud de onda, diferente de la que tienen los movimientos vibratorios hasta ahora conocidos.

Considerada la Radiofonía con tal generalidad, resulta que toda radiación, térmica, luminosa ó química, que cualquiera energía radiante, predomine en ella la manifestación que quiera, es apta para producir sonido, siempre á condición de hacerse intermitente, esto es, de perder algo de su velocidad.

Explícase muy claramente, según esta concepción del fenómeno radiofónico, la intervención que en él deben tener los receptores, y la depen-

dencia de la intensidad del sonido del poder absorbente de la sustancia receptora, porque todo cuanto favorezca la determinación de la especial aptitud de las radiaciones para producir sonidos, será causa ocasional y favorable á la producción de éstos; y como en el caso de la absorción no sólo sucede esto, sino también se da el caso de que el receptor dotado de tal propiedad en grado máximo produce dilataciones y contracciones intensas del medio gaseoso, favorece asimismo la determinación de la aptitud de la energía radiante en sonidos, por dar movimiento al medio elástico, en cuyo seno las radiaciones deben efectuar la manifestación sonora; de esta manera el fenómeno radiofónico se determina realmente por una serie de momentos, en cada uno de los cuales se verifica un cambio ó transformación de movimiento, á saber:

(a) Interrupción en virtud de la cual, disminuyéndose la velocidad de vibración, adquieren las radiaciones aptitud para producir sonidos.

(b) Trasmisión y absorción de estas radiaciones por el medio gaseoso.

(c) Absorción por la superficie absorbente del receptor.

(d) Comunicación del calor absorbido por esta superficie al gas que retiene y al aire en que está colocado el receptor.

(e) Dilatación y contracción rítmica de este aire, de cuyo fenómeno resulta en último término la determinación del movimiento sonoro.

Si aun quiere expresarse de manera más precisa este mecanismo de la Radiofonía, que se desprende de cuantos hechos referentes al asunto se examinaron antes, puede decirse que resulta de una serie de trasformaciones de la energía radiante, las cuales causan primero cierta oscilación de un medio elástico, que determina la aptitud especial de la radiación interrumpida; por donde se viene á clasificar tal fenómeno en la categoría de los cambios de energía vibratoria en otro movimiento, si de la misma forma, de distinta velocidad y amplitud. Creo haber demostrado la verdad de estas conclusiones al consignar y analizar uno por uno los hechos más importantes y los fenómenos que he juzgado de mayor trascendencia científica, lo cual no quiere decir que haya en mis palabras la menor pretensión de crear teorías nuevas ó inventar hipótesis; discutiendo acerca de los hechos de la Radiofonía, sólo he pretendido ejercitar el procedimiento in-

ductivo para llegar á conclusiones muy parecidas á las de Tyndall y Mercadier, dentro de criterio muy distinto, para demostrar así que las verdades adquiridas en la ciencia, aplicando el procedimiento experimental, lo son siempre dentro de todos los sistemas y de todas las escuelas; si no he conseguido mi objeto, si no he logrado demostrar que la Radiofonía reside potencialmente en toda radiación que se interrumpe, culpa será, no del procedimiento, sino de mal empleo del sistema inductivo, según el cual, la Radiofonía como elemento científico viene á constituir nueva propiedad residente especialmente en aquella región infra-roja del espectro, cuya extensión, como ya va dicho, es mucho mayor de la que hasta ahora se le había asignado y reconocido. Quizá más adelante, en esta misma región del espectro y en las demás regiones, se descubrirán más propiedades y mayores aptitudes; es casi seguro que existen más radiaciones coloreadas de las conocidas hoy; es posible también que la porción ultra-violeta, dotada de gran poder químico, sea mucho más extensa, conteniendo vibraciones aun más rápidas y cortas, movimientos hoy imperceptibles para nosotros, como lo fueron hasta hace poco algunos acordes y ciertas armonías en ritmos determinados: que es la Naturaleza muy varia en sus pro-

---

cedimientos, y no cesa de producir su energía fenómenos infinitos para cuya percepción son insuficientes nuestros sentidos.

Sin embargo, por muchos y muy varios que sean los hechos que quedan por conocer, siempre habrá entre ellos esa misteriosa ley de solidaridad, ese enlace íntimo que hace que puedan comprenderse dentro de una sola categoría, ese encadenamiento que ha hecho decir al ilustre Tyndall, en una de sus más bellas obras estas palabras: «Es imposible estudiar á fondo un copo de nieve, sin remontarse paso á paso hasta la constitución del Sol. Eslo mismo en la Naturaleza entera: sus partes se hallan en estado de mutua dependencia y el estudio completo de cualquiera de ellas comprende en realidad todas las otras.»

---

### Conclusión.

No es posible terminar el presente estudio sin fijar claramente el último punto de la cuestión, sin referir cuanto va dicho á aquel concepto racional que abraza y comprende la ciencia por entero. Sábese cual es la representación é importancia de la Radiofonía como hecho científico, determináronse sus leyes y relaciones, llegóse á aquel principio que era dado formular en vista de los hechos; empero falta, si ha de completarse todo el pensamiento que domina en este trabajo, ver cómo es posible alcanzar la teoría más general de la ciencia, tomando por punto

de partida el hecho de la producción de sonidos por radiaciones intermitentes; que si en el orden de los seres, como el insigne Huxley lo ha hecho, es posible ir desde la consideración de un sér inferior hasta los más arduos problemas de la vida, también del estudio de una sola transformación de movimiento se llega hasta la concepción generalísima que á todas sus variaciones rige.

Van hoy las corrientes de la ciencia en este sentido, y apenas hay quien contradiga ó se oponga, con algún fundamento, á esa teoría general que consiste en atribuir á variaciones continuas y cambios perennes de movimiento todos cuantos fenómenos ocurren en la Naturaleza: la ley de solidaridad y continuidad á ellos se aplica como á los seres todos; el principio de la sucesión serial de cualquiera modificación de movimiento explica la relación y estrechísimo enlace de los hechos, y la teoría general de la equivalencia de unos efectos á otros demuestra cumplidamente la constancia de la fuerza que todo lo produce. Y hasta tal punto se determinan en toda la Naturaleza estas leyes y hasta tal extremo aparece probada la solidaridad de los hechos, que aun aquellas distinciones de orgánico é inorgánico desaparecen por completo, puesto que si la



vida es cambio incesante y transformación continua, todo en la Naturaleza vive, todo en ella es orgánico.

En el fenómeno de la Radiofonía pueden advertirse los caracteres esenciales de esta teoría, con tanta claridad que es posible llegar hasta las últimas consecuencias de ella por la sola consideración de la producción de sonidos por radiaciones. Este asunto va á ser tratado aquí con toda la brevedad posible.

Paréceme que no cabe discutir más respecto de las consideraciones que nos llevaron á admitir la Radiofonía como propiedad de toda radiación; por lo cual, partiendo de este hecho y teniendo por principio la conclusión establecida como resumen del análisis de la cuestión, puede llegarse á decir que, en último término, se produce el fenómeno radiofónico por cierta especie de manifestación actual de aquella potencia adquirida por las radiaciones en el acto de hacerse intermitentes; hecho ciertamente ni nuevo, ni único, porque todos los fenómenos naturales resultan, al cabo, de manifestaciones especiales de esta potencialidad que reside en la Naturaleza y se conserva siempre una, aun cuando afecte modos y formas cualitativamente distintas. Por eso, al hallarnos, en el caso presente, con una de esas infinitas moda-

lidades de la causa que todo lo produce, estamos realmente en situación muy parecida á la del filólogo que intenta formar todo un idioma, ya muerto y extinguido, por el estudio de algunas palabras que á él llegaron, ó semejante á la del geólogo que de la consideración de alguna roca—miembro al fin de este sér inmenso llamado tierra—llega hasta la formación del planeta y hasta la constitución de todos los mundos; pues la Radiofonía es como elemento de inmensa curva que comprende por entero la evolución de la energía, fragmento de una construcción perfectísima, término de una serie infinita de la que son términos también los colores que matizan una parte del espectro, los sonidos formando música divina, las formas y las vidas de los seres todos y sus transformaciones y metamorfosis.

Algo de lo que sucede con los seres pasa con los movimientos; ya que al fin la vida de éstos y su constitución se determinan por el conflicto de fuerzas. Si ponemos atención en lo que constituye más fundamentalmente los movimientos todos, vendremos á señalar idéntica forma á los más elementales, de cuya composición todos los otros resultan, lo cual quiere decir, que al modo como los elementos constitutivos de los seres son homogéneos, y por lo tanto, inestables, y de su homoge

neidad indefinida se pasa á la heterogeneidad perfectamente definida y limitada, así los movimientos más simples y sencillos son enteramente idénticos, aun cuando de su composición resulten formas muy varias y diversas, como varias y distintas son las formas de los seres, por más que procedan de composición de elementos homogéneos, cosa perfectamente demostrada en los principios de la teoría evolucionista. Según este modo de ver la Naturaleza, resulta que los elementos esenciales y simples de cualquiera acción mecánica pueden combinarse sin variación alguna de su unidad, formando movimientos muy distintos; y por lo mismo elementalmente en nada se distinguen ni diferencian la agitación productora del sonido y la sutil é impalpable ondulación luminosa, ya que están formados, en último término, por la misma forma vibratoria, ejecutada en períodos y con amplitudes distintas.

Aceptando esta idea, llégase á dos conclusiones importantísimas; se alcanza primero aquella concepción más general del dinamismo orgánico que reduce á la misma ley cuanto existe, á la ley de unidad de la energía en variación infinita de formas, aspectos distintos de esa actividad incesante, que en su continuo trabajo no deja de producir los infinitos fenómenos que cautivan la aten-

ción del sabio y forman objeto de su estudio; y por lo que á la Radiofonía se refiere, viene á demostrar cómo la composición de la vibración sonora característica de este fenómeno es perfectamente idéntica á la de todo movimiento oscilatorio, en cuanto éste significa manifestación de cierta potencialidad, y por tanto conversión de una forma de energía en otra, si no del mismo orden, de igual valor cuantitativo; pues ha de haber equivalencia perfecta entre las dos para cumplirse la ley general de las trasformaciones de energía. En esto precisamente se funda la demostración que intentamos.

Para llegar al conocimiento de los seres y extender á todos la noción de la vida, basta estudiar un solo sér, es suficiente considerar uno de los elementos de la vida del Universo para elevarse á ésta en toda su complejidad; pues el sér es como compendio y resumen de esa misma vida, ya que en él residen todas aquellas fuerzas, que desplegándose y desenvolviéndose en serie infinita determinan la evolución completa del mundo. De igual manera si consideramos tan sólo las variadísimas formas de la energía, verémoslas contenidas en la más elemental, y en este sentido es como afirmamos que del estudio de la Radiofonía es posible llegar á la concepción más alta de la

Física moderna. ¿Qué significa, en último término, la producción de sonidos por radiaciones, sino forma especial de la diferenciación de los elementos que componen uno de esos rayos de sol que hasta nosotros traen el calor, la luz y la vida? Y siendo esto el hecho radiofónico y no significando otra cosa que determinación de una potencial en la forma vibratoria más sensible y material que es dado percibir, ¿no vale tanto estudiar la Radiofonía como llegar al conocimiento de uno de los términos más simples en que la radiación se desenvuelve y divide? Si pudiera expresarse por un símbolo matemático la radiación, en cuyo símbolo estuvieran todas sus propiedades, fácil sería llegar á componer é integrar esa radiación partiendo de su propiedad de producir sonidos, pues aun siendo ella carácter especial de las ondas de menor longitud, permitiría formar suerte de serie en la cual el término más elevado estaría ya dentro de otras formas de vibración más rápidas, determinadas por colores y acciones químicas.

Aun añadiré otras razones. Volviendo al paralelo establecido entre las formas de los seres y las fuerzas que las producen, cabe admitir que así como la segmentación celular da origen, cuando es reiterada, á multitud de órganos y

formas distintas, que no son sino determinaciones variadas de la energía potencial, por influencia de los agentes externos, en los movimientos ó acciones dinámicas puras resultan las diferencias y distinciones de las oposiciones variadísimas y de los múltiples modos de actuar los estados dinámicos exteriores sobre la fuerza potencial, por cuya virtud, aun dentro de la radiación, unas veces produce calor y otras sonido, mientras en ocasiones es luz ó acción química, por lo cual es evidente que si el estudio de la célula elemental puede comprender la vida de un sér ó la vida del Universo, la consideración de cualquiera de las manifestaciones de la energía radiante comprende necesariamente y lleva, como de la mano, á la consideración de las radiaciones en toda su complejidad, al modo que la consideración de un elemento de cualquiera curva puede elevarnos á conocerla por entero.

Por eso creo comprender, tratándose de la Radiofonía, la manera cómo movimiento vibratorio tan sencillo puede derivarse de cierta aptitud especial de las radiaciones, adquirida en el acto de la intermitencia; el modo cómo de esta ondulación lenta se pasa á otra más rápida que se determina en manifestaciones térmicas; el mecanismo en virtud del cual de la onda térmica se pasa á la

luminosa y de ésta á la onda química; las maravillas que realiza la Naturaleza reuniendo é integrando todos estos elementos variados y complejos en un rayo de sol, que brota de un mundo activo é inmenso, cuya constitución apenas se vislumbra en aquellas bandas negras que empañan el brillo del espectro y son como silencios de luz en el pentágono de los colores, que pueden dar idea de otra actividad mucho mayor y más considerable, de la actividad de esa energía impercedera que produce y sostiene cuanto existe, de esa energía siempre presente en los fenómenos de la Naturaleza, lo mismo en el imperceptible ondular de los colores, que en este movimiento augusto que constituye el pensamiento humano.

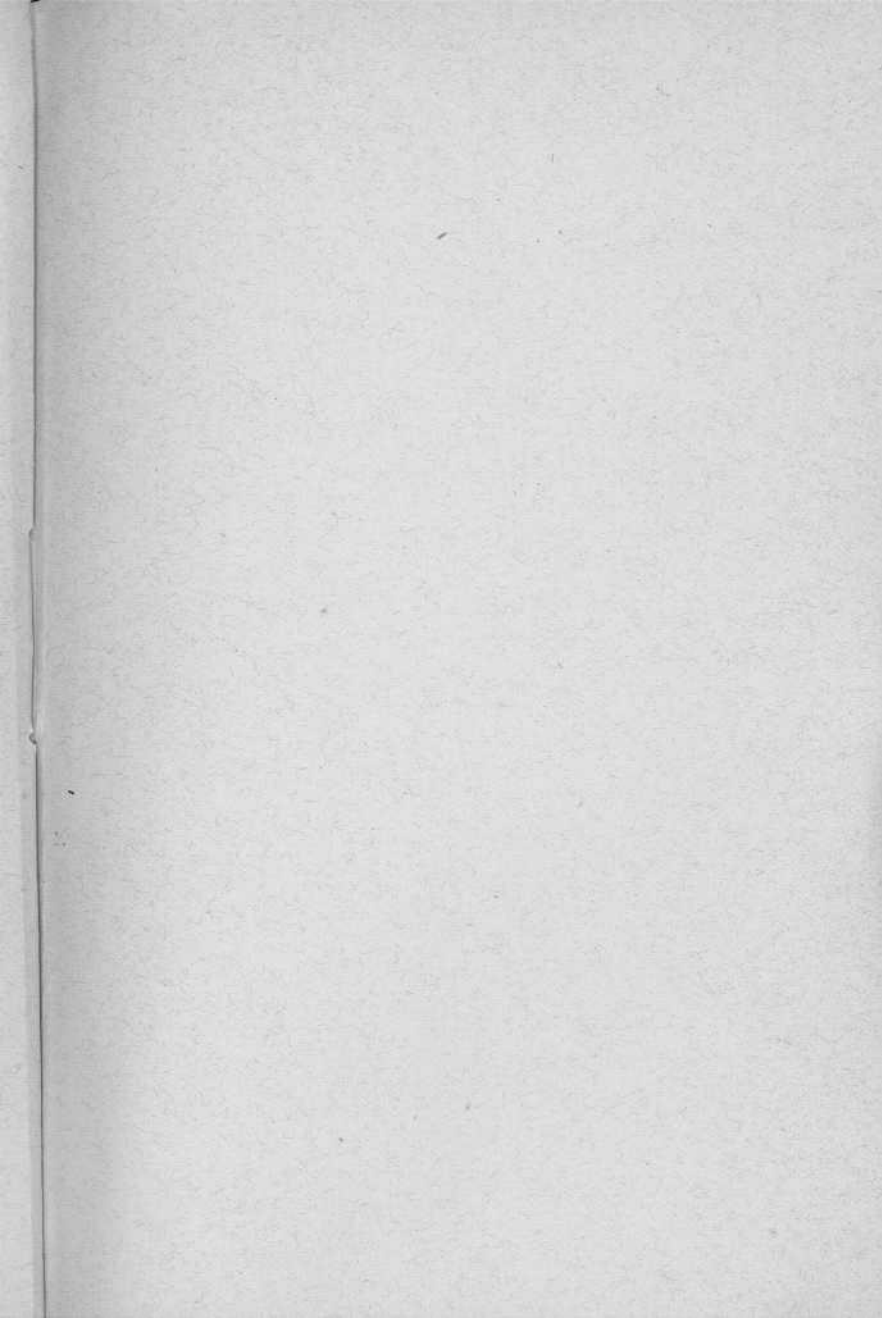
Nada hallo más propio para expresar esta concepción del Universo que aquella magnífica invocación que pone el incomparable Goëthe en boca del protagonista de su inmortal tragedia. Ella, en su sentido poético y altamente simbólico, expresa aquella gran concepción, por eso deseo que sirva de término y fin á mi trabajo. Hé aquí las palabras del poeta:

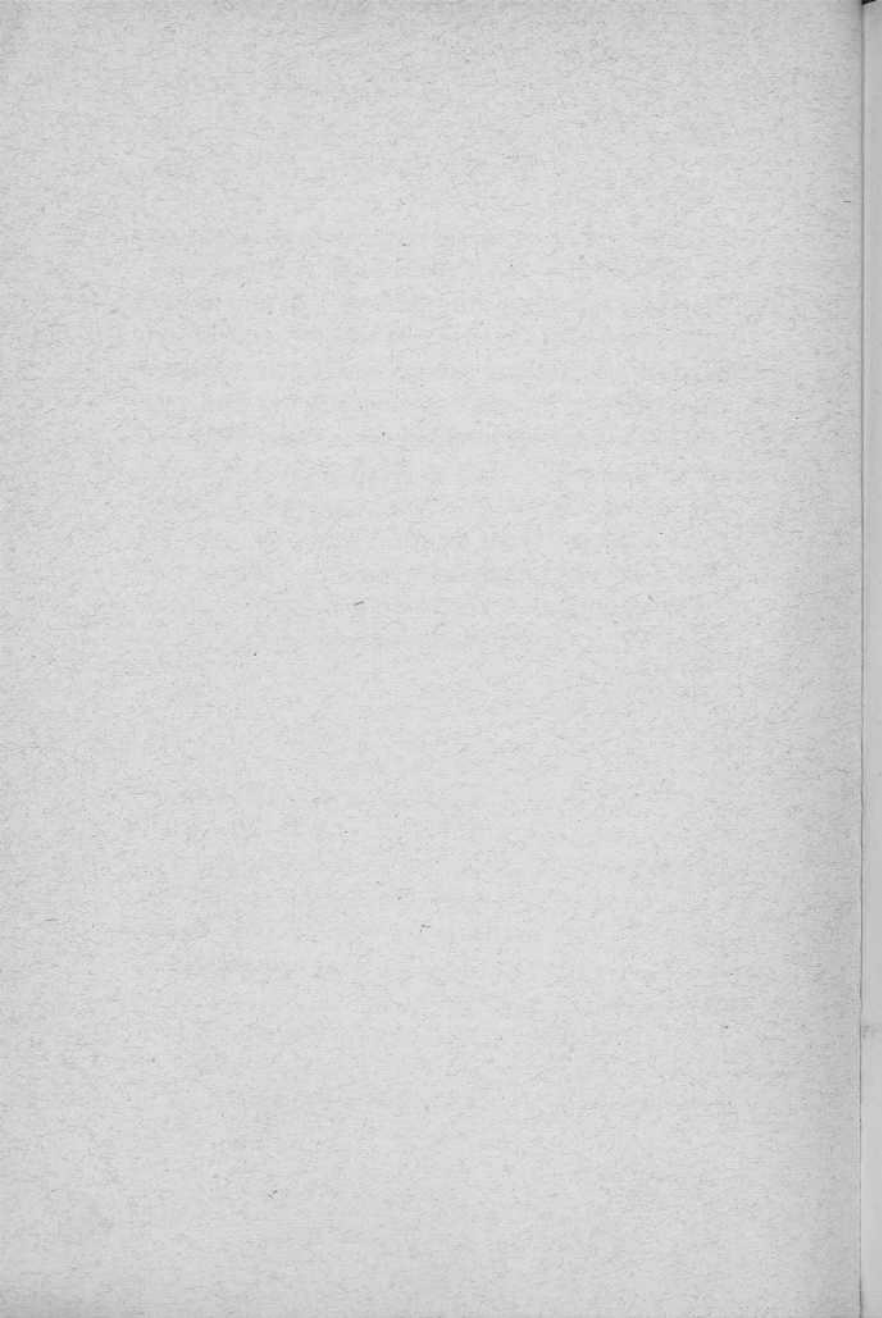
«¡En vuestro nombre, energías creadoras de la  
»Naturaleza! Vosotras regís el Universo infinito y  
»en medio de él eternamente permanecéis. En

»torno vuestro se engrandecen y giran, vacías y  
»aun sin vida, las formas de la vida. Todos los  
»seres que son, que fueron y que serán, los tenéis  
»presentes y veislos con todo su brillo y esplendor  
»moverse y agitarse con las ansias de ser eternos,  
»y luego ¡oh energías soberanas! los distribuís,  
»concediendo á unos la hermosa claridad del día,  
»y á otros la poesía de la noche. Vense algunos  
»muy pronto; pero, aunque el mágico audaz que  
»todo lo investiga tarda en percibir otros, á todos  
»se acerca, y pródigo y generoso, deja ver á cada  
»uno los misterios que desea contemplar y le re-  
»vela los secretos que quiere saber.»

---









## OBRAS DEL AUTOR

---

**La materia radiante.**—Conferencias dadas en el Ateneo de Madrid, con prólogo de D. José Echegaray.

**Causas de la civilización actual.**—Memoria leída en el Ateneo de Madrid, con motivo de la exposición del tema de la Sección de Ciencias exactas, físicas y naturales en el curso de 1879 á 1880.

**Concepto actual del Cosmos.**—Memoria leída en el Ateneo de Madrid, con el mismo objeto que la anterior, en el curso de 1880 á 1881.

**Concepto de la energía.**—Conferencia dada en el Ateneo de Madrid en 1882.

---

---

J. RODRIGUEZ

MOURELO.

---



---

LA.

RADIOFONIA

---

4

pesetas.

---

MADRID

1923

347