

DEMOSTRACIÓN DE LA EXISTENCIA  
DE LA  
**ATMOSFERA LUNAR**

CON DETERMINACIÓN DE SU DIMENSIÓN, DENSIDAD Y VALOR DE LA REFRACCIÓN  
LUMINOSA PRODUCIDA POR LA MISMA

ASÍ COMO LA  
FORMA, DIMENSIONES Y DENSIDADES Á GRANDES ALTURAS  
DE LA

**ATMÓSFERA TERRESTRE**

ESTUDIO BASADO EN LAS LEYES DE **NEWTON**, DE **BOYLE** Ó  
**MARIOTTE** Y DEMAS INDISCUTIBLES Y MEJOR ESTABLECIDAS,  
CON EXCLUSIÓN DE TODA HIPÓTESIS.

ORIGINAL DE

**HORACIO BENTABÓL Y URETA**

INSPECTOR GENERAL, JUBILADO, DEL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE MINAS  
EX-PROFESOR DE CÁLCULO INFINITESIMAL, DE MECÁNICA RACIONAL Y DE QUÍMICA  
GENERAL, EN LA ESCUEVA ESPECIAL Y EN LA GENERAL PREPARATORIA PARA  
INGENIEROS Y ARQUITECTOS, DE MADRID.

MIEMBRO DEL INSTITUTO DE CIENCIAS, ARTES LIBERALES Y LETRAS DE COIMBRA  
(PORTUGAL).

ABOGADO DE LOS ILUSTRES COLEGIOS DE MADRID Y ZAMORA.

FUNDADOR DE LA SOCIEDAD Y DEL PERIÓDICO DE PROPAGANDA DE REFORMAS SOCIALES  
(NO SOCIALISTAS), POLÍTICAS, JURÍDICAS, ETC. "LA EVOLUCIÓN". ETC. ETC.

---

**PRIMERA EDICIÓN**

---

POR APÉNDICE DOS SIGLOS DE DESORIENTACIÓN GEOMÉTRICA RECTIFICADA  
POR SIETE DEMOSTRACIONES QUE SE HAN HECHO ESPERAR DOS MIL  
TRESIENTOS AÑOS.

— TALLERES DE —  
IMPRESA Y ENCUADERNACIÓN  
VIUDA DE PASCUAL BOX.  
— SIGÜENZA —  
1929



DG  
COM

Cuestiones Astronòmicas  
y de

Mecànica Celeste

Atmósferas Terrestre y Lunar

+1126908  
C



DEMOSTRACIÓN DE LA EXISTENCIA  
DE LA  
**ATMÓSFERA LUNAR**

CON DETERMINACIÓN DE SU DIMENSIÓN, DENSIDAD Y VALOR DE LA REFRACCIÓN  
LUMINOSA PRODUCIDA POR LA MISMA

ASÍ COMO LA  
FORMA, DIMENSIONES Y DENSIDADES Á GRANDES ALTURAS  
DE LA

**ATMÓSFERA TERRESTRE**

ESTUDIO BASADO EN LAS LEYES DE **NEWTON**, DE **BOYLE** Ó  
**MARIOTTE** Y DEMAS INDISCUTIBLES Y MEJOR ESTABLECIDAS,  
CON EXCLUSIÓN DE TODA HIPÓTESIS.

ORIGINAL DE

**HORACIO BENTABÓL Y URETA**

INSPECTOR GENERAL, JUBILADO, DEL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE MINAS  
EX-PROFESOR DE CÁLCULO INFINITESIMAL, DE MECÁNICA RACIONAL Y DE QUÍMICA  
GENERAL, EN LA ESCUELA ESPECIAL Y EN LA GENERAL PREPARATORIA PARA  
INGENIEROS Y ARQUITECTOS, DE MADRID.

MIEMBRO DEL INSTITUTO DE CIENCIAS, ARTES LIBERALES Y LETRAS DE COIMBRA  
(PORTUGAL).

ABOGADO DE LOS ILUSTRES COLEGIOS DE MADRID Y ZAMORA.

FUNDADOR DE LA SOCIEDAD Y DEL PERIÓDICO DE PROPAGANDA DE REFORMAS SOCIALES  
(NO SOCIALISTAS), POLÍTICAS, JURÍDICAS, ETC. "LA EVOLUCIÓN"· ETC. ETC.

---

**PRIMERA EDICIÓN**

---

POR APÉNDICE DOS SIGLOS DE DESORIENTACIÓN GEOMÉTRICA RECTIFICADA  
POR SIETE DEMOSTRACIONES QUE SE HAN HECHO ESPERAR DOS MIL  
TRESCIENTOS AÑOS.

— TALLERES DE —  
IMPRESA Y ENCUADERNACIÓN  
VIUDA DE PASCUAL BOX  
— SIGÜENZA —

1929

ATMOSFERA LUTAR

FORMA DIMENSIONES Y DISEÑOS A GRANDES ESCALAS

ESTUDIO BASADO EN LAS LEYES DE NEWTON, DE BOYLE O  
GASISTE / DEMAS INDICADORES Y MEDIR ESTABILIZADAS  
CON EXCLUSION DE TONA LIBRO

---

ESTA OBRA ES PROPIEDAD DEL AUTOR

---

PRIMERA EDICION

ESTE LIBRO SE PUEDE ADQUIRIR EN LAS LIBRERIAS DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES  
Y EN LAS DE LAS PROVINCIAS DE LA REPUBLICA ARGENTINA

1950

## ADVERTENCIAS

### 1.<sup>a</sup>

*El presente Estudio no se desarrolla sobre la base de una ó de varias hipótesis ni sobre observaciones particulares ó poco conocidas, sino que constituye una verdadera demostración matemática de la existencia de la atmósfera lunar, así como de las principales condiciones de esta y de otras desconocidas de la atmósfera terrestre; deducidas todas ellas con todo el rigor científico deseable y necesario, de las leyes de Newton, de Boyle ó Mariotte <sup>(1)</sup> y demás conocimientos y observaciones unánimemente aceptadas sin discusión; cuyo Estudio termina explicando porqué nunca se hubiera podido reconocer la existencia de dicha atmósfera lunar por los procedimientos seguidos hasta el día y con la enumeración de varias importantes consecuencias que resultan relacionadas con el problema aquí resuelto.*

*No se trata, por consiguiente, de ninguna teoría improvisada, sino del resultado de estudios y de reflexiones proseguidos sin apriorismos, desde antes de 1900; es decir desde más de veintiocho años. Y aunque es una verdadera continuación y complemento de la Memoria relativa al eclipse total de Sol de 1905, en la que quedó afirmada y establecida la existencia de la atmósfera lunar en las condiciones que en el presente Estudio se demuestran (á cuya Memoria se hacen frecuentes alusiones en el presente Estudio) puede entenderse perfectamente este, aunque no se haya leído la mencionada Memoria de 1905.*

### 2.<sup>a</sup>

*Advertirá el lector que en este impreso se conservan los acentos diacríticos y no periódicos, sobre las palabras univocales á-é-ó-ú, en contra de la costumbre y consejo, condicional, de la Academia Española, tan generalizada como improcedente.*

*Madrid 2 de enero de 1929.*

*H. B. y U.*

---

*(1) La ley generalmente conocida con el nombre de Mariotte, formulada por este sabio en 1676, fué descubierta por el físico inglés Roberto Boyle en 1650.*





## Demostración de la existencia y condiciones de la atmósfera lunar

---

### ANTECEDENTES

Desde que al empezar á extender con posterioridad al año 1892, mis escasos conocimientos astronómicos anteriores á dicha fecha, hube de enterarme de las opiniones corrientes respecto á la supuesta falta de atmósfera en la Luna, no dejó de extrañarme que nuestro satélite fuese, precisamente, una excepción respecto á los demas astros de nuestro sistema planetario, cuyo centro y mayor cuerpo de él es el Sol, que principalmente nos alumbra, sin que la explicación de esta supuesta excepción, basada en la tambien supuesta absorción de la atmósfera lunar por la Tierra, lograrse convencerme; porque aunque en un principio no formulé la explicación de la imposibilidad de que la Luna hubiese sido despojada por la Tierra, de la totalidad de la masa gaseosa que hubiese podido rodear á nuestro satélite, en alguna remota época, que inserto en la página 36 del extenso folleto que publiqué en 1905 con motivo del eclipse total de Sol ocurrido en aquel año, la supuesta absorción total, no me satisfacía.

Segun el cálculo inserto en la aludida página y siguiente, del folleto en cuestión, la Luna no ha podido ser despojada por la Tierra, por lo menos, de la parte de su atmósfera situada por bajo de una distancia igual á seis radios del globo terráqueo, medida esta distancia á partir del centro de la Luna; pero á su tiempo se verá que esta medida de la atmósfera lunar se extiende mucho mas que lo entonces dicho, con los cálculos y consideraciones que me permitieron desde hace mas de veintitres años adquirir, no la

oponión, sino el convencimiento y *la certeza* de que la Luna tiene una extensa atmósfera en las condiciones que en el citado folleto y Memoria explico, como demostraré en la presente monografía.

Desarrollando, pues, la exposición de los antecedentes que me han conducido á la publicación del resultado del presente Estudio, diré que al ir ampliando mis escasos conocimientos astronómicos anteriores al año 1892, me fui enterando á la vez de los muchos puntos dudosos y de los varios particulares desconocidos, que en la hermosa ciencia astronómica se encuentran; entre los cuales destaca especialmente la ignorancia en que se está de la causa misteriosa del fenómeno llamado *atracción universal* (ya sea que se trate de verdadera atracción ó de algo que produce efectos al parecer atractivos, segun cierta esplicación hipotética original que me propongo publicar algun día); la falta de explicación de varios fenómenos y anomalías observados durante y con ocasión de los eclipses totales de Sol, y entre ellos la producción de las llamadas *sombras ondulantes*; la reducción de la duración efectiva de los mismos, respecto al tiempo previamente calculado, y el estrechamiento de la zona de ocultación total del astro del día, en dichos eclipses.

Estas y otras varias interrogaciones que surgían de mis estudios astronómicos, me hicieron entrar en deseos de hacer observaciones propias en el primer eclipse total de Sol que ocurriese á partir de cuando llegué á interesarme y á llenarme de verdadera curiosidad respecto á los aludidos problemas astronómicos, con la esperanza de descubrir algo que descorriese el velo que oculta la explicación de tales hechos, como en efecto ha sucedido con motivo de los eclipses de Sol de 1900 y 1905, especialmente observados por mí; el primero en la villa de Orgaz de la provincia de Toledo y el segundo en el monte llamado *Meseta de San Just*, de la provincia de Teruel.

Los que me conocen un poco no tendran dificultad en creer que desde muchos años antes á 1900 (desde toda mi vida, puede decirse) venía haciendo observaciones de todo género, *en vivo*, en la Naturaleza y en las personas y hasta en las acciones de los animales que en cada momento hallé á mi alcance; así como en las explicaciones de los libros tratantes de diversas materias; observaciones que entre otros resultados dieron lugar á la publicación de mis diversas obras originales anteriores á la presente; que me han permitido formular varias teorías originales inéditas sobre la luz, las mareas marinas, la gravitación universal y otras; (que darán lugar á la publicación del *Ensayo Experimental de Filosofía* que tengo en confección desde hace muchos años); á las especiales sobre el régimen hidrológico de la península ibérica que en 1900 me permitieron publicar el libro *Las Aguas de España y Portugal*, en la Introducción de cuya 2.<sup>a</sup> edición de la misma y página XXX y siguientes, hago constar el convencimiento que en-

tonces ya había adquirido y que he reforzado despues, *de que estamos imbuidos y recargados de prejuicios y de errores*, desde la cuna; cuyos prejuicios muchas veces erróneos, (muy difíciles de desterrar) intervienen é influyen en todo.

Y porque influyen é intervienen en todo estos prejuicios, han intervenido y siguen interviniendo en 1929 en la preparación de las observaciones astronómicas de los eclipses totales de Sol; fenómenos que dan ocasión á observaciones muy interesantes debidas á la posibilidad de comparar las observaciones ordinarias, con las obtenidas durante dichos eclipses en condiciones diferentes; de donde pueden deducirse, y efectivamente se deducen, consecuencias muy importantes para el conocimiento de los hechos astronómicos.

Por eso me hice yo, antes del eclipse de 1900, la pregunta de: ¿No será un prejuicio el suponer que nada hay que observar con motivo y en relación á los eclipses totales de Sol con anterioridad al primer contacto, exterior, de los discos visibles del Sol y de la Luna: es decir, antes de la hora anunciada para el eclipse?

Y como consecuencia de esta pregunta, las siguientes:

¿No convendrá observar antes y despues de la ocultación del Sol por la Luna?

¿Qué se pierde con observar tanto antes como despues de la referida ocultación?

¿Pero desde cuando hasta cuando habrá que observar?

Y sobre todo;

¿Qué es lo que se debe observar? etc. etc .

En la imposibilidad de contestarme á estas preguntas, puesto que nada se sabía de esto por los señores astrónomos ni yo tenía los suficientes indicios para responder á ellas, decidí en 1900 poner la mayor atención á cuanto fuese posible observar, antes, despues y durante el eclipse de mayo, sin determinar (esto es claro) qué era lo que debía observar porque ningun antecedente tenía para orientarme en esto sino el convencimiento de que *era un prejuicio* (y continua siendolo como digo en 1929) *el prescindir de toda observación anterior ó posterior á la ocultación del Sol*; porque *esto equivale á la afirmación prévia y enteramente gratuita* de que nada hay que observar en el Cielo, en la atmosfera y en general en la Naturaleza, antes ni despues de la ocultación, relacionado con dichos eclipses.

Así, pues, en 1900 y despues de preparar en Orgaz los pocos elementos de observación de que podía disponer, sali al campo al amanecer del día del eclipse, en compañía de un amigo, huyendo de los curiosos indiscretos, y aprovechando el tener que hacer en el próximo pueblo de Mora, sin olvidar ni descuidar mi propósito de *prestar atención á cuanto ocurrir pudiera y ver ó sentir de algun modo*, que puse en práctica desde el día anterior

al del aludido eclipse; como digo en la página 11 y siguientes del folleto relativo al eclipse de 1900. <sup>(1)</sup>

No sabía si habría algo que observar; pero estaba atentento y preparado á observar todo y cualquier cosa. Fuese lo que fuese.

En este estado de ánimo y con esta atenta curiosidad me fijé en lo que indico en la pág. 11 del citado folleto, observación que fué plenamente confirmada por mi amigo tan pronto como le hice notar la leve sombra que estaba á la vista y se desarrollaba en el Cielo. Pero como me sorprendió y es claro que nada podía orientarme por el momento en cuanto al *imprevisto* fenómeno (imprevisto hasta cierto punto, puesto que estaba preparado ó en *previsión* de lo que ocurrir pudiera) y no tenía ningun aparato de observación á la mano, me limité á apuntar con lápiz y en una tarjeta, las horas exactas de producción de lo que observaba y notas breves sobre la índole de lo que veía; obedeciendo á mi antigua costumbre y convencimiento, del interés que en todo hay, de recordar horas y fechas, así como los gastos é ingresos, porque todo se hace y sucede en ocasión determinada en tiempo y lugar, y casi todo (especialmente lo relativo á la propia vida) causando gastos ó ingresos.

Hechas las observaciones durante la ocultación y entre estas la de producción de las sombras ondulantes y de luminosidad, lo mejor que pude, en el eclipse del 28 de mayo de 1900, guardé entre mis notas la apuntación del fenómeno observado en el Cielo al amanecer de aquel día (fenómeno que como digo, por entonces no supe interpretar) en previsión de que mas tarde pudiese ser útil; como he guardado una multitud de notas que han dado lugar á mis obras publicadas, unas, y las que todavía esperan que les llegue su turno para ser utilizadas en las que tengo en preparación, así como las que desde 1905 he venido acumulando sobre el tema del presente Estudio que hoy ordeno y recopilo en demostración de la desconocida y negada atmósfera lunar.

Pasaron días y años, y como estaba dispuesto en 1905 á abservar el eclipse total de Sol anunciado para el 30 de agosto del mismo, proponiendome publicar antes de aquel en la prensa científica, una nota llamando la atención de los astrónomos y aficionados, sobre la presentación en 1900, de la sombra en el Cielo, de que queda hecha mención, busqué entre mis papeles, en los primeros días del mes de febrero de 1905, la nota que á aquella sombra se refería. Y meditando en cual pudiese ser la causa de aquel extraño y desconocido fenómeno—pues yo no tenía entonces noticia de que alguien hubiera observado algo parecido relacionado probablen-

---

(1) *Preparación é Instrucciones para observar con aprovechamiento EL ECLIPSE TOTAL DE SOL de 30 de agosto de 1905, estableciendo la existencia y condiciones de la atmósfera lunar.* Madrid 1905.

te y á mi parecer, con el eclipse producido pocas horas despues <sup>(1)</sup> —fijé mi atención en que segun los datos astronómicos conocidos, se deducía que en el novilunio del 4 de dicho mes y año de 1905, aunque sin llegar la Luna á ocultar el disco del Sol en ninguna parte de la Tierra (condición necesaria para la producción del eclipse) debían encontrarse la Luna, el Sol y la Tierra, en dicho día, en situaciones relativas muy próximas á las necesarias para la producción del eclipse y á las que tenían dichos astros en las primeras horas de la mañana del 28 de mayo de 1900, en que yo vi la antes citada sombra en el Cielo, detalladamente descrita en mi folleto del eclipse de 1905.

Puesto, por esto, en observación entonces tanto en las primeras horas de la mañana antes de la salida del Sol, como en las últimas de la tarde, despues de la ocultación del mismo, tuve ocasión de observar que «el día 6, poco despues de puesto el Sol y con el Cielo completamente despejado se divisaba sobre la Luna, apenas visible, una ligera sombra por encima de su estrecho creciente, del lado opuesto al Sol; sombra que era de la especie de la que yo ví en 1900...» <sup>(2)</sup>

Reiterada é intensificada, desde entonces, mi atención, hice en los siguientes días de febrero de 1905 las nuevas observaciones y las gestiones que menciono en la página 24 del folleto de dicho año, concluyendo por formularme las siguientes preguntas relativas á la atmósfera tenuísima pero de gran diámetro que de mis observaciones y consideraciones deducía yo para la Luna.

¿Es posible que la Luna tenga tal atmósfera sin haber sido reconocida hasta el presente?

Y en caso de tener la Luna una atmósfera de estas condiciones;

¿Es verosímil que habiendo de ser muy ligera (dicha atmósfera) pueda proyectar una sombra perceptible?

Tales fueron, como digo, las preguntas que en febrero de 1905 me hice y á cuya contestación me dediqué reuniendo los numeros datos que discuto en el folleto de 1905; los que con motivo del eclipse del 30 de agosto de aquel año, observado por mi en la meseta de San Just de la provincia de Teruel, obtuve, y los posteriores de que haré mención en este Estudio. Re-

---

(1) Con posterioridad á la publicación de la Memoria del eclipse de 1905 y cuando repasando el libro *El Sol* (Gauthier, Villars-París-1875) del P. A. Secchi, me fijé en la figura 114 inserta en la página 328 del tomo 1.º, pensé que dicha figura que representa cierta sombra observada en el Cielo el día de un eclipse de Sol, debe referirse á algo parecido á lo que yo ví en 1900.

Pero ni la explicación del que la observó ni la del P. A. Secchi, autor del libro, son satisfactorias, así como tampoco lo es la de los cambios de coloración del ambiente que se lee en la siguiente página 329 de dicho tomo 1.º.

(2) Véase la pagina 23 del folleto de 1905, antes citado.

sultando que «no solamente todos los hechos conocidos son compatibles con la hipótesis (hoy afirmación que demostraré) de la atmósfera que atribuyo á la Luna, sino que (todos) los fenómenos observados se explican con ella y dejan de explicarse si nos empeñamos en desconocer la existencia de la atmósfera lunar; y que habiendo visto la sombra proyectada por la atmósfera lunar en 1900 á través de un espesor de mas de 300.000 kilómetros, no hay inconveniente en admitir que pudo ser visible á pesar de su extrema tenuidad». <sup>(1)</sup>

Deducidas las consecuencias que en el folleto de 1905 explico y mientras redactaba y preparaba su publicación, di en el Ateneo de Madrid, en 27 de marzo de aquel año, una conferencia pública sobre el tema y con el título de LA ATMÓSFERA LUNAR, de cuya conferencia dieron cuenta el periódico *El Globo* del 5 de abril siguiente y la revista *La Evolución* del 6 (núm 29); dedicando esta á la crónica de dicha conferencia el artículo copiado en las páginas 7 y 8 del folleto tantas veces citado de 1905 que fué expresamente dedicado y remitido á la Academia de Ciencias de Madrid, por la importancia del asunto principal del mismo.

Impreso el folleto en junio de aquel año (Imprenta de Tello) repartidos ejemplares no solo á la Academia sino á varios observatorios y centros científicos; publicada una extensa noticia é indice de su contenido en el número 31 de la revista *La Evolución*, de Madrid, correspondiente al 13 de julio de 1905, y preparado un modesto y especial instrumental de observación entre el cual merece ser mencionado el sencillo fotómetro de mi invención que me ha dado excelentes resultados de importancia, pronuncié tres conferencias en Burgos en los días 15, 16 y 17 de agosto y una en Zaragoza el 19 sobre el tema del entonces próximo eclipse; y desde Zaragoza me diriji á la Meseta de San Just, en cuya *casa de socorro* me instalé en condiciones molestísimas; empezando mis observaciones de temperatura, estado del Cielo, dirección del viento, intensidad luminosa del Sol y demas meteorológicas, desde el 22 de agosto (ocho días antes del eclipse) y continuandolas hasta el 7 de septiembre (ocho días despues del eclipse); haciendo mis observaciones desde antes de amanecer hasta después de oscurecido el Cielo, por la tarde; para la cual distribuí el sueño y los descansos de modo que no entorpeciesen las observaciones que, como digo, hice á las horas de mayor interes.

El día del eclipse, 30 de agosto de 1905, hice ademas de las observaciones dichas, las especiales de ocultación del Sol, las demas acostumbradas que yo podía realizar, y las de fuerza é intensidad luminosa del Sol, en intervalos estos muy próximos antes y despues del mismo eclipse; regis-

---

(1) Lo entrecorado excepto los paréntesis, es copia literal de la pág. 25 del aludido folleto de 1905.

trando y conservando las observaciones hechas y no publicadas, aun, por falta material de tiempo, embargado como he estado y sigo constantemente por continuas y apremiantes ocupaciones. <sup>(1)</sup>

Entre estas observaciones ofrecen un particular interes las fotométricas que continué despues por varios años, que me propongo publicar algun día, con exposición de las consecuencias que de acuerdo con lo que diré en este Estudio, de ellas se deducen.

Pasado el eclipse y vuelto á Madrid, puse gran interes en rebuscar y examinar las objeciones hechas á la existencia de la atmósfera lunar, ya que mis últimas observaciones confirmaban, á mi parecer, plenamente, la existencia y condiciones de la atmósfera en cuestión, precisamente en las que fueron expuestas en el folleto que acababa de hacer imprimir y que, á pesar de ser mas caro que todos los publicados por entonces, por ser mucho mas extenso, se había vendido muy bien, habiendo continuado vendiéndose despues, especialmente con motivo de la publicación en 1925 de mi conferencia contra la famosa Relatividad del profesor Einstein, en la que me refiero á dicho folleto.

Fuí examinando libros y acumulando notas, como digo, sobre este asunto y muy pronto llegué á encontrar rebatidas todas las aparentes razones contrarias á la existencia de la atmósfera lunar, incluso la mas fuerte de ellas, fundada en que la duración de la ocultación de las estrellas por la Luna resulta ser, en la observación, la misma previamente calculada para cada caso particular.

De modo que hace mas de veinte años que tengo resueltas, como se verá, todas las objeciones contradictorias á la existencia de atmósfera en la Luna, reforzada la afirmación de esta con propias y extrañas observaciones y con argumentos irrefutables.

Siendo esto así y teniendo este bagaje científico en asunto del interes del que motiva esta monografía, parece natural que me hubiese apresurado á dar á conocer el resultado de mis estudios.

Pero como se ve por el retraso con que se publica esta demostración no ha sido así y he permanecido tranquilo y callado hasta el momento presente por varias razones, entre las cuales son las mas importantes las siguientes:

En primer lugar se encuentra una cuestión de temperamento, pues estaba y sigo estando convencido de que despues de demostrada por mí la exis-

---

(1) Vale la pena de hacer constar aquí, que estando designado candidato oficial para la elección de diputados á Cortes que debía celebrarse y se celebró en 7 de septiembre, por el distrito de Almadén, abandoné la elección para dedicarme á la observación del eclipse; lo que ¡naturalmente! fué comentado por algunos de modo desfavorable para mí...

tencia de la atmósfera lunar, todo ha de continuar lo mismo por mucho tiempo, en el mismo estado.

Los técnicos—que no me han de agradecer que les ayude á resolver sus problemas y menos que venga á rectificar ideas demasiado arraigadas—sin darse por convencidos y tal vez ni siquiera por enterados de este Estudio y demostración. Si no es que alguno tal vez presenta esta solución del problema en cuestión en algun artículo ó libro sin dar antecedentes de ella y como cosa propia, con lo que sus clientes entenderan aunque el presentador no lo diga, que es descubrimiento, del descuidado ó despreocupado expositor, como con demasiada frecuencia ocurre y á mí me acaeció con la demostración, por medio del giro de una recta, del valor de la suma de los ángulos en los triángulos rectilíneos, presentada sin mención alguna en la edición de 1921 del Manual de Geometría de E. Borel; cuya demostración fué explicada por mí en lección pública á que asistieron ingenieros, catedráticos, académicos y profesores del Instituto francés, de Madrid, en el Ateneo de Madrid en 25 de abril de 1916 y comunicada á la Academia de Ciencias de Madrid en aquellos días.

De esta demostración, dada en la primera de cinco conferencias de un cursillo que titulé de *Filosofía Matemática*, dió cuenta la *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, domiciliada en Barcelona, en la 2.ª columna de la página 80 de su número 49, correspondiente á los meses de julio y agosto de 1916; habiéndola publicado íntegramente el *Boletín de O Instituto* de Coimbra (Portugal) en noviembre de 1918. <sup>(1)</sup>

En cuanto á los profanos á las cosas de Astronomía, unos seguirán sin preocuparse de esta cuestión y otros sin saber qué opinar y mirando la cara y los gestos de los técnicos de su devoción, para formar juicio.

Hasta que, como tantas veces ha sucedido, pasado algun tiempo y cuando la novedad deje de serlo y resulte difícil averiguar cuando, cómo y por quien se hizo el descubrimiento y la demostración, se dé por sabida la cosa sin necesidad de tener que agradecer, premiar ni pagar de ningun modo el ímprobo trabajo no remunerado y el gasto que supone esta publicación, de utilidad general, en cuanto que combatiendo errores y aumentando el caudal de los conocimientos humanos contribuye al progreso y al bienestar general, por la aplicación que los conocimientos tienen, *siempre*, á las cosas de la vida ordinaria.

Tal es la historia de la mayor parte de los descubrimientos é inventos científicos é industriales; porque el mas desgraciado oficio es el de descubridor ó inventor.

Unos descubren é inventan, trabajan y se arruinan ó pierden la salud al tratar de desarrollar sus empresas, y otros recojen los laureles y los fru-

---

(1) Véase el apéndice 1.º.

tos, á veces lucrativos en dinero, cuando el tiempo y las circunstancias les favorecen, como es frecuente en las minas; en cuya industria sucede muchas veces, que, mientras el descubridor de una de ellas agota sus recursos para poner á la vista el filón, los que vienen detras, con poco gasto y sin ningun riesgo, se enriquecen allí donde el primero empobreció.

Y algo de esto ha ocurrido con mi hipótesis y *teoría sobre el origen y formación de las manchas y protuberancias solares*,<sup>(1)</sup> sobre cuyo tema dí una extensa y detallada conferencia el 10 de febrero de 1906, en el Centro del Ejército y Armada, de Madrid, reproducida en extracto en otra pronunciada ante la Sociedad Astronómica de España y América, en 22 de diciembre de 1911 en el Ateneo de Barcelona y con los artículos que sobre el mismo asunto y con la misma explicación, publicaron, la revista de Madrid *La Evolución* de 21 de marzo de 1906 y la revista de la mencionada sociedad astronómica en su número 25, correspondiente al mes de febrero de 1913. En cuyas conferencias y artículos dije que las manchas solares son debidas á la caída de cuerpos sobre el Sol, explicando sobre esta base y por razonamientos que es claro no puedo reproducir aquí, *todas* las circunstancias y particularidades que ofrecen dichas manchas.

Esta conferencia fué impresa por el aludido Centro, agotándose la edición en pocos días; siendo digno de hacer notar que habiendo dicho yo en ella que debía existir una corona de asteroides entre Júpiter y Saturno, de la cual no se tenía noticia alguna en la fecha de mi conferencia, fué descubierto el primero de estos asteroides *doce dias despues* por el astrónomo de Heidelberg Max Wolf, segun hago constar por nota en la página 52 de la aludida conferencia.

Igualmente expliqué en otra conferencia pronunciada ante la *Real Sociedad Geografica* de Madrid en 12 de abril de 1910, la causa y apariencias de las *colas cometarias*, con ocasión del paso por su perihelio del cometa de Halley; diciendo, contra la opinión manifestada por muchos sabios, que el paso de la Tierra á través de la cola del referido cometa ni era peligroso ni siquiera sería percibido (como en efecto sucedió) porque se trata simplemente en este caso, de un fenómeno óptico.

Tanto el folleto relativo al eclipse de 1905 como el explicativo de las manchas solares de 1906, y el referente á los *Cometas y Colas cometarias* de 1910, y la conferencia dada en 13 de marzo de 1923 en el Ateneo de Madrid contra la famosa Relatividad del profesor Einstein, fueron remitidas á cierta revista científica española que no solamente no los ha comentado

---

(1) *Cuestiones astronómicas*. Teoría sobre la constitución física del Sol; sobre el origen y formación de las manchas y protuberancias solares y sobre las causas de sus diversas influencias en los meteoros y en la Climatología terrestre.---Imprenta de Velasco, Madrid 1906.

sino que ni siquiera ha dado cuenta á sus lectores de haberlas recibido. Siendo de notar que con posterioridad y segun referencias imprecisas, algun astrónomo extranjero ha dado á conocer una opinión semejante á la mía, aunque muy incompleta, sobre la formación de las manchas solares.

Véase si tengo razón al lamentarme de la falta de estímulo, en todas partes y especialmente en España, para el estudio y publicación de los trabajos é investigaciones exclusivamente científicos, y del secuestro y monopolio que en asuntos científicos, *como en todo*, suelen hacer los que tienen medios para ello; *los poderosos y los aprovechados*.

Ademas de esto y aunque hubiera tenido impaciencia—que no la tuve— para dar á conocer esta investigación, dificultó la ordenación y publicación de mis estudios referentes á la atmósfera lunar, el agobio de mis constantes ocupaciones particulares y oficiales, entre ellas la publicación del periódico revista *La Evolución* y la propaganda del programa de la sociedad del mismo título, <sup>(1)</sup> así como la variedad de los asuntos y problemas científicos que, como antes dije, tengo anotados y en preparación que continúo desde ha muchos años, esperando turno para ser terminados y publicados; entre los que se encuentran repito: un estudio original sobre las máquinas simples que son en mucho mayor número de las consideradas como tales, en Mecánica; una teoría original de la gravitación universal explicando la causa de su conocida ley; una teoría original de las mareas marinas explicando las *varias* causas que concurren á su producción, *ninguna de las cuales es la atracción lunar ni solar á que hasta el día se atribuyen*; una nueva teoría de la luz, pues ni las teorías emisivas ni la ondulatoria, hasta hoy conocidas, son completamente satisfactorias; varias notas sobre Astronomía, Meteorología y Climatología etc. Y sobre todo y como trabajo de mayor empeño, alcance y dificultad; las observaciones previas *en vivo* y no solo en los libros ni en las lecciones de los maestros; la reunión de datos de toda especie; las interminables lecturas (extractando detalladamente las obras leídas) indispensables para no desconocer lo dicho ó hecho hasta el día, la meditación sobre todo esto y la resolución de dudas y problemas que de todo ello se derivan, formulando las consecuencias que se deducen, y por fin la redacción de la parte que hasta hoy me ha sido posible, del *Ensayo Experimental de Filosofía* que preparo y en el que vengo trabajando desde mas de treinta y ocho años; cuyo enorme trabajo exigirá aun varios de labor, para quedar terminado y publicado.

Todo esto es lo que ha retrasado tanto tiempo, como digo, la preparación del presente extenso y difícil Estudio cuya redacción me ha entreteni-

---

(1) Varias de cuyas ideas han pasado á las reformas políticas y á las legislativas, especialmente al flamante Código Penal, etc.

do (con varias y prolongadas interrupciones) desde el 9 de octubre de 1926 hasta el 22 de agosto de 1928.

Pero una vez dada en 1923, en el Ateneo de Madrid, mi conferencia contra la Relatividad, en ocasión y con motivo de la venida á España del profesor Einstein y publicada esta conferencia con las alusiones á la Memoria dada por mí á la imprenta en 1905, que dediqué á la Academia de Ciencias de Madrid, con relación del eclipse total de Sol de aquel año, en cuyas páginas 19, 40, 78 y 79 de esta (especialmente en la 40) se prevee la desviación de los rayos luminosos procedentes de las estrellas que aparecen próximas al Sol en los momentos del eclipse, que yo atribuyo á la influencia de la atmósfera lunar (y tal vez también en parte, á la de la solar) contra el supuesto gravitatorio de Einstein que combato con argumentos incontrastables en la página 63 y siguientes de mi conferencia antirelativista; la necesidad de cumplir mi ofrecimiento—insinuado en la página 40 de la mencionada Memoria del eclipse y reiterado en las páginas 4 y 5 de la última antirelativista, confirmado en la comunicación dirigida por mí con fecha 18 de mayo de 1925 al Excmo. Sr. Presidente de la Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de Madrid, al remitirle el primer ejemplar repartido de la tantas veces aludida conferencia antirelativista—de demostrar la existencia de la atmósfera lunar. Al llegar á este momento, digo, se ha hecho ineludible el que, interrumpiendo y aplazando los demás trabajos en preparación antes citados, dé á conocer las razones en que me fundo para afirmar la existencia de la atmósfera lunar en las condiciones dichas en el extenso folleto de 1905.

\* \* \*

Expuestos los antecedentes aquí relatados que era indispensable mencionar para explicar y justificar la publicación del presente Estudio, así como la demora sufrida por la demostración que ha largo tiempo prometí, paso á revisar las opiniones y argumentos favorables y contrarios á la existencia de la atmósfera lunar; á la impugnación de estos últimos; al examen de los hechos sin explicación, y por último á la demostración de la existencia de dicha atmósfera en las condiciones dichas en mi folleto de 1905, con los demás particulares desarrollos y consecuencias que se verán. Haciendo constar antes de entrar en materia, que la cuestión debatida no es asunto de mera curiosidad sino de importancia insospechada aun para la mayor parte de los profesionales de la Astronomía, por las conclusiones, que, como al final se dirá, se deducen de las cuestiones tratadas y resueltas en el presente Estudio; difíciles de preveer no teniendo la previa seguridad de la existencia de la atmósfera lunar, ni mucho menos idea de sus condiciones ni de la necesidad de existencia de esta y de otras atmósferas.

## PRÓLOGO

### Planteamiento del problema: ¿tiene atmósfera la Luna? y presunción de existencia de la misma.

1. Aunque en la Memoria que en 1905 publicó el autor del presente Estudio, con referencia al eclipse total de Sol de aquel año, quedó plenamente demostrada la existencia de la atmósfera lunar á partir de la observación de cierta sombra vista en el Cielo en las primeras horas de la mañana del día del eclipse—como esta sombra solo es observable con ocasión de los eclipses y no en todos ellos ni en todos los parajes, por las razones expuestas en las páginas 75 á 77 de dicha Memoria; como esta *observación es única* (pues nadie la ha conseguido mas que el que esto escribe); como en todo caso en aquella Memoria solo se aspiró á *afirmar* la existencia de la atmósfera lunar sin intentar una demostración convincente para todos cuantos no han hecho la aludida observación, y como ademas he podido llegar á obtener datos numéricos de la mayor importancia referentes al aludido problema—desarrollo en este estudio una demostración completamente independiente de las observaciones hechas en 1900, y de lo dicho en la Memoria de 1905, por mas que las frecuentes referencias á la misma prueben hasta la saciedad, como digo, que en 1905, y con muchos menos datos que al presente, quedó reconocida y establecida la existencia de la atmósfera lunar en condiciones que apenas han sufrido despues ligerísimas rectificaciones.

Entremos, por tanto, ya en materia, con independencía de la observación de la aludida sombra y de la argumentación desarrollada en la Memoria del eclipse de 1905, diciendo:

2. Desde que quedaron conocidas las principales características de la atmósfera terrestre surgieron en la imaginación de sabios é indoctos las preguntas de:

¿Tendrán atmósferas, también, los demás planetas?

¿Tendrán atmósferas, especialmente, el Sol y la Luna?

3. Que el Sol tiene una amplia atmósfera hoy nadie lo discute. Es un hecho comprobado y aunque nada se sabe de su límite exterior, *si es que lo tiene*, ningún astrónomo, que yo sepa, se ha preocupado de esto ni de indagar ó imaginar las consecuencias de varias especies que se puedan deducir de la existencia y de las condiciones hasta hoy conocidas de la atmósfera solar; de la que solo se tienen algunos datos relativos á su composición química, á diferentes alturas.

En un artículo de J. E. Yewell, de la comisión naval norteamericana que observó los eclipses de 1900 y 1901, publicado en el *Additional Report on Spectrographic Work*, se dice que el análisis espectral de la atmósfera solar demuestra que el Hidrógeno se observa á 8000 kilómetros de altura sobre la piroesfera en mezcla con Helio, Neon y Argon. Pero los gases luminosos que se supone sean estos mismos por ser los menos densos, pueden ser reconocidos á distancia de cinco y seis veces el diámetro de la piroesfera solar.

En la zona mas baja, hasta mil cien kilómetros del disco solar, ha podido comprobarse la existencia del Nitrógeno y del Carbono, y aun tal vez, aunque *dudosamente*, la del Cianógeno. Y, cosa extraña; los vapores de Calcio se han podido apreciar á mayor altura que el Hidrógeno. <sup>(1)</sup>

Es claro que no voy á extenderme en este Estudio en consideraciones relativas á la atmósfera solar; y que solo cito estos datos, bastante recientes, en demostración de que la existencia de la atmósfera solar está reconocida sin oposición, en la Ciencia, y de que su diámetro es seguramente, varias veces superior al aparente del Sol.

4. En cuanto á la existencia de las atmósferas planetarias solo voy á citar, también, muy pocos datos, pero indiscutidos.

Segun una nota contenida en la página 195 del tomo de 1909 del Boletín de la Sociedad Astronómica de Francia, tanto por la observación de la ocultación del tercer satélite de Júpiter como por la de la ocultación de estrellas por este gran planeta, se deduce que Júpiter tiene una atmósfera de gran altura que produce un efecto de refracción apreciable, hasta de 8'.

En el mismo Boletín y año y al final del artículo titulado *Los espectros de los grandes planetas*, inserto en las páginas 225 á 229, dice su autor Percival Lowell, Director del Observatorio de Flagstaff, que los espectros de dichos planetas indican que los gases mas ligeros existen en tanta mayor proporción en las atmósferas planetarias, cuanto los planetas están mas

---

(1) Véase el artículo del Ingeniero D. José Pérez Salado, sobre la formación de la hulla, inserto en la pag.ª 406 del n.º 2840 de la Revista Minera, correspondiente á la fecha de Madrid 16 julio de 1922.

lejos del Sol. Y en el capítulo dedicado al planeta Venus en la *Historia de los Cielos* debida al sabio R. Stawell y página 121 de la traducción española <sup>(1)</sup>, se dice que de las últimas observaciones (anteriores á 1885 en que fué escrito el libro) hechas, del paso de este pequeño planeta por delante del Sol, se deduce de “una manera concluyente la existencia de una atmósfera alrededor de Venus”; pues en estos pasos y tanto á la entrada como á la salida del planeta sobre el disco solar, se observa una aureola brillante ó anillo circular luminoso, rodeando el lugar preciso que entonces ocupa el cuerpo del planeta, invisible (como opaco y oscuro que es) en aquellos momentos; aureola ó anillo circular luminoso solo explicable como resultado del paso de la luz solar refractada á través de la atmósfera de Venus.

Del espesor de este anillo luminoso se deduce que debe ser grande la altura de la atmósfera de Venus; siendo digno de notarse que los mismos resultados se deducen de las observaciones de los pasos del pequeño planeta Mercurio por delante del Sol. <sup>(2)</sup>

En cuanto á la existencia de atmósfera en Marte está fuera de duda; y los pequeños planetas ó asteroides que circulan entre las órbitas de Marte y Jupiter las tienen, pues Ceres cuyo diámetro excede poco de 900 kilómetros posee una atmósfera de 1000 de altura ó sea de un diámetro exterior, reconocido, poco menor de 3000 kilómetros; y Palas, con 400 kilómetros de diámetro en su parte sólida tiene una atmósfera de 700 de altura ó sea un diámetro exterior de unos 1800 kilómetros, esto es, mas de cuatro veces el diámetro del cuerpo sólido del asteroide. <sup>(3)</sup>

De modo que puesto que tanto el Sol como los planetas y asteroides poseen atmósferas reconocidas, se impone siempre la pregunta:

¿Porqué no ha de tener atmósfera la Luna?

---

(1) Barcelona-Ramón Molinas. Editor.

(2) Revista *Cosmos*. Marzo y abril de 1905.

(3) Datos del párrafo 7, página 19 del folleto del Ingeniero geógrafo D. Alfonso de Cisneros titulado *Atmósfera lunar; Una hipótesis* — Madrid 1923.

## PRIMERA PARTE

### Prejuicios, opiniones contrarias y hechos sin explicación conocida.

5. En el problema de la investigación de la atmósfera lunar y contra el intento de hacer observaciones con este objeto y de formular razonamientos encaminados á tal intento, se atraviesan los *prejuicios y los argumentos de autoridad* antes recordados al hablar en los *Antecedentes* del presente Estudio, de mis observaciones de 1900, en Orgaz; porque tanto la Ciencia como la Política, el Derecho y los actos de la vida ordinaria, estan llenos de los tales prejuicios, verídicos unas veces pero falsos otras, que impiden ó al menos dificultan grandemente la libertad de pensamiento en la Ciencia, tanto ó mas que en otra esfera cualquiera de actividad, de opinión, ó de conocimiento, asi como la libertad de acción; ambas necesarias para poder ir recorriendo el velo que oculta y entorpece la adquisición de toda clase de conocimientos ciertos, indispensables, para avanzar en el progreso, en general.

Argumentos de autoridad y prejuicios que han impedido hasta ahora el descubrimiento de la atmósfera lunar por causa de los supuestos previos ó *prejuicios*, que siguen:

1.º Que es necesario ser astrónomo de profesión ó contar con el material científico de algun observatorio para hacer observaciones útiles y descubrimientos de importancia, en cuestiones astronómicas.

2.º Que estas observaciones se han de hacer por los investigadores profesionales y que han de ser especialmente ópticas.

3.º Suponer que puede y debe buscarse y reconocerse la existencia de la atmósfera lunar por medio de los efectos de refracción, y por tanto;

4.º Que la refracción á través de la atmósfera lunar se ha de reconocer precisamente por observaciones directas.

5.º Que los coeficientes y constantes á que la refracción puede obedecer en una atmósfera cuya composición fisico-química puede ser muy diferente de la de los niveles mas bajos de la atmósfera terrestre, han de ser comparables á los de nuestra atmósfera.

6.º Insistiendo en estos prejuicios y supuestos—no comprobados y que pueden ser en gran parte falsos—suponer que en los casos de observación de la luz procedente de puntos luminosos posteriores á la Luna, tales como las estrellas aparentemente próximos al disco lunar, la refracción ha de producir los mismos efectos de desviación que se observan mirando la ocultación de un astro bajo el horizonte terrestre, ó la que se observaría si fuese posible mirar la estrella á través de su prisma de vidrio tangente al disco lunar:

7.º Que dicha refracción ha de ser bastante fuerte y fácil de reconocer por medio de los instrumentos y procedimientos usuales y conforme á los supuestos anteriores. Segun cuyo criterio Newcomb en la página 323 de su libro *Astronomia Popular* <sup>(1)</sup> dice que si la Luna tuviese atmósfera, las estrellas situadas junto al borde lunar deberían *aparecer desviadas de su posición* en virtud de la refracción de los rayos luminosos procedentes de ellas, tanto á la entrada como á la salida de los mismos, al atravesar la atmósfera lunar. Desviación que no han revelado las mas delicadas observaciones, á pesar de que esta desviación hubiese sido reconocida si llegase á valer medio segundo de arco; insistiendo por nota de esta página en que tampoco fué reconocida la desviación en la ocultación de Saturno que tuvo lugar en 6 de agosto de 1876.

8.º Pero el argumento de mas importancia contra la existencia de atmósfera en la Luna (derivado de las consideraciones sobre la refracción que se niega ó cuyos efectos se desconocen) es el fundado en la coincidencia de la duración calculada para la ocultación de alguna estrella, con el que resulta de la observación.

Mas para que se comprenda el fundamento de esta objeción hay necesidad de explicar aunque sea brevemente á los poco enterados de estas cuestiones, lo que esto significa, que es como sigue:

Al pasar la Luna por delante de las estrellas las oculta ó eclipsa durante un tiempo bastante largo que se puede calcular previamente con gran exactitud conociendo la posición de la estrella, el curso y velocidad de traslación de la Luna sobre el Cielo y el *diametro lunar*. <sup>(2)</sup>

---

(1) Londres—2.ª edición 1883.

(2) Entre otros autores, pueden consultarse sobre este asunto las páginas 258 y siguientes del libro *An Introduction to Practical Astronomy* por Elias Loomis—5.ª edición New York 1863.

Esto sabido, se dice: Si la Luna tuviese atmósfera esta produciría cierta refracción ó desviación de los rayos luminosos procedentes de la estrella E que va á ocultar, tanto antes como despues de la ocultación en el sentido de encorvar el rayo luminoso hacia la Luna; de modo que retrasándose el momento de la ocultación y adelantándose el de la reaparición, de la estrella, quedaría por esto acortada la duración efectiva de la ocultación con respecto á la calculada previamente.

Pero como se sabe, por el resultado de muchas observaciones. que no hay diferencia apreciable en la duración calculada, con la observada, segun hace notar el famoso astrónomo Arago en la pág. 436 del 3<sup>er</sup> tomo de su *Astronomía Popular*, diciendo que la duración de la ocultación, observada ha coincidido siempre con la deducida por el cálculo basado en el supuesto de falta de atmósfera lunar, y el *tambien supuesto*, del exacto conocimiento del diámetro lunar, se deduce, *al parecer muy fundadamente*, que la Luna carece de atmósfera.

Como el método en cuestión permitiría, segun el mismo Arago, acusar una refracción de 2" (es decir, la que podría producir una atmósfera comparable á la que queda en las campanas de las mejores máquinas neumáticas) es necesario deducir, dice, que la Luna carece de atmósfera.

Cita despues en la página siguiente elhecho de que, de una observación debida a Euler en 1748, en Berlín, con motivo de un eclipse de Sol, este sabio matemático creyó poder inferir que los rayos solares habian experimentado una refracción de 20 á 25 segundos de ángulo al tocar el borde obscuro de la Luna al disco solar; agregando Arago como comentario: «De donde se deduce legitimamente que se puede ser el mas ilustre analista del siglo y al mismo tiempo un mediano observador astronómico».

Pasando por alto esta calificación sin prueba suficiente, resulta digno de hacerse notar que el mismo Arago agrega á su comentario de la página 436: «Este método no tiene mas que un inconveniente (*defecto*, debería decir); que es el de suponer que el diámetro angular de la Luna es conocido con una gran precisión.»

Pero tanto el conocimiento exacto del diámetro lunar como la falta de refracción reveladora de atmósfera en la Luna, no son mas que esto: *supuestos*, y *supuestos falsos*, como en este Estudio quedará demostrado.

Porque, efectivamente, ya se verá al impugnar estas objeciones á la existencia de la atmósfera lunar, que tanto este argumento referente á la ocultación de las estrellas como los demas anteriormente expuestos, no tienen la fuerza que se les atribuye; y que, debidamente interpretados los hechos de observación, demuestran lo contrario de lo que se pretende probar con ellos.

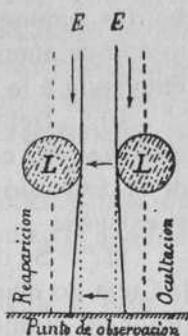


Fig.<sup>a</sup> 1.<sup>a</sup> Ocultación de estrellas por la Luna.

9.º También se atribuye la falta de sombras desvanecidas entre los bordes iluminados y la parte oscura de la Luna, á la de refracción y con esto á la de atmósfera, diciendo que si esta existiese, la transición de la parte iluminada á la sombría no sería tan recortada como se observa.

10.º Del mismo género es la objeción de que en dichos bordes no se observan los cambios de coloración que parece deberían producirse á causa de la dispersión de la luz que produciría la refracción en la atmósfera lunar, si existiese.

11.º Se dice, además, que el análisis espectral de la luz reflejada por la Luna no acusa las absorciones que los gases y vapores lunares deberían producir, si allí los hubiese.

Todas estas objeciones quedarán contestadas en el presente Estudio, así como las siguientes:

#### 6. *Hipótesis sin fundamento.*

12.º Se supone, igualmente, que en caso de que tuviese atmósfera la Luna, esta atmósfera no habría de sobrepasar *la altura de sus montañas* porque se dice que siendo la Luna un astro muy pequeño su atmósfera (si la tiene) ha de ser de muy escasa altura; por lo cual solo se han hecho observaciones en busca de los efectos de refracción procedentes de dicha atmósfera en los mismos contornos del disco lunar; que es donde, precisamente como luego demostraré, menos perceptibles pueden ser los referidos ó buscados efectos. Por esto y estando el contorno del disco lunar formado por el recorte de sus montañas, se ha solido buscar la cuestionada atmósfera en las depresiones de ese contorno, *suponiendo* como digo, que solo puede haber atmósfera en la Luna en el fondo de sus valles.

13.º En las páginas 62 y 63 de la citada obra de Staweeł, se dice que *faltan vapores* y aire en la Luna; pero el experto astrónomo se olvidó decir «*visibles*», pues bien pudiera ser que hubiese atmósfera y en esta vapores *hasta ahora invisibles*, ó mejor dicho *no vistos*, que no es lo mismo.

Idéntica observación de la carencia de nubes en la Luna hace al sabio astrónomo Arago en la página 434 del tercer tomo de su *Astronomía Popular* (París y Leipzig-1856).

14. Arago dice con respecto al problema de la cuestionada atmósfera lunar, que «*espíritus sistemáticos han pretendido que durante los quince días consecutivos que, sin intermitencias, dura la acción del Sol sobre el hemisferio de la Luna visible desde la Tierra, la atmósfera de este hemisferio pasa en su totalidad al hemisferio opuesto, dando en él nacimiento á fenómenos análogos á los que se producen en la atmósfera terrestre*» (1) Opinión que el sabio Arago se toma la molestia de impugnar diciendo que en tal caso se

---

(1) Página 435 del tercer tomo de la obra antes citada.

observarían estos fenómenos atmosféricos en la Luna durante el novilunio; puesto que en estos días habría pasado toda la atmósfera lunar del lado fronterero á la Tierra; lo que en manera alguna se observa á pesar de que entonces el hemisferio lunar, sombrío, es perfectamente visible merced á la llamada *luz cenicienta* que en aquellas noches lo ilumina; resultando, por tanto, dice, esta hipótesis inadmisible.»

15. Todavía corre ha tiempo, entre los astrónomos y aficionados, otra hipótesis muy generalizada aunque no sea facil encontrar quien la apadrine; pues siempre se la presenta con el *marchamo*... «se dice»...

Pues bien; *se dice* que puesto que la Luna es tan pequeña y está tan próxima á la Tierra esta *ha debido absorber* toda la atmósfera que en alguna época hubiera podido rodear á la Luna.

16. Y en el periódico *El Sol*—(Madrid 12 de abril de 1923), sección de Revista de libros y bajo el rótulo de «*Atmósfera lunar. Una hipótesis por Alfonso de Cisneros*», se lee:

«Este breve estudio se compone de tres partes.»

«En la primera se traza a grandes rasgos una descripción del Universo visible con interesantes aclaraciones sobre puntos algo oscuros e incomprendibles para los no versados en astronomía.»

«En la segunda se dota hipotéticamente a la Luna de una atmósfera de dimensiones proporcionales a la que posee la Tierra para estudiar los efectos de las fuerzas que sobre ella actuarían »

«En la tercera se sintetiza este análisis y se saca la consecuencia de que todo astro que gire alrededor de otro presentándole siempre la misma cara o semiesfera, ha de perder forzosamente su atmósfera y, recíprocamente, que si carece de atmósfera, es porque se han identificado sus movimientos de rotación y traslación.»

«Los razonamientos y los cálculos los desarrolla el autor sin entrar en el terreno de las matemáticas superiores, ceñido a sus propósitos de realizar una vulgarización científica, lo que realiza con indudable acierto.»<sup>(1)</sup>

17. Y puestos los imaginativos fantaseadores á lanzar hipótesis admirables, aunque nada recomendables, encontramos gran caudal de ellas entre las que solo y como muestra, agregaré á la anterior la siguiente.

En el periódico *Heraldo de Madrid* del 6 de agosto de 1905 se dice:

«El profesor Haushofer se inclina á creer que la Luna está todavía habitada por seres capaces de sentir y pensar; criaturas cuyo parecido al hombre no se ha extinguido aún. Partiendo de la idea, hoy casi generalmente admitida, de que la Luna se desprendió de la Tierra en una época determinada, el profesor afirma que no parece improbable que el torso muerto de

---

(1) Aquí se conserva la ortografía del original porque lo traserito es copia literal.

la Luna retenga en sus pliegues más profundos una cierta cantidad de aire húmedo y de agua adheridos á sus cavernas, pozos y barrancos.»

«Estas fuentes y puntos de concentración de la vida, aunque ocultos al ojo mortal del astrónomo, es probable hayan sido el asiento de un pequeño mundo especial desde la época más remota. Tales concepciones, por extraordinarias que aparezcan, se encuentran hasta cierto punto confirmadas por los descubrimientos del profesor Pickering y de otros distinguidos astrónomos.»

A cuyo *bonito* suelto hay que agregar el comentario que luego se verá.

### 7. *Impugnación de las opiniones é hipótesis anteriores.*

Examinando las opiniones é hipótesis antes expuestas, por el orden en que han sido presentadas, hay necesidad de decir:

A las 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup> que hay muchas clases de observaciones además de las físicas. Las hay psicológicas, matemáticas, etc. y entre estas las que se deducen de los más sólidos conocimientos y de las observaciones físico-químicas ó materiales, hechas por buenos observadores.

Estas observaciones *que no se hacen con los ojos de la cara*, son las que permitieron demostrar á Copérnico y á Galileo el movimiento de rotación terrestre, á Kepler formular la ley de las áreas y á Newton la ley á que obedece la gravitación. Ninguno de los cuales era astrónomo de profesión ni disponía de observatorio alguno.

Tampoco lo era el que llegó á ser famoso astrónomo, sino músico de iglesia, el gran Herschel, cuando empezó sus primeras observaciones ópticas á la puerta de su casa, situada en una calle de Londres.

El descubrimiento de Neptuno fué anunciado y previsto por Leverrier y Adams, aplicando las fórmulas matemáticas y razonamientos de Lagrange, á las perturbaciones del movimiento de Urano.

La cohorte de asteroides entre Marte y Júpiter fué prevista antes de haber descubierto el telescopio el primero de ellos.

En cuanto á otra zona de asteroides entre Júpiter y Saturno, anunciada por el autor de este Estudio en la conferencia pronunciada en la noche del 10 de febrero de 1906, en el Centro del Ejército y de la Armada de Madrid, para explicar el origen de las manchas solares, prevista por el mismo antes de que fuese reconocido por observación directa el primero de estos asteroides, resultó comprobada en 22 de febrero de 1906, por el astrónomo Max Wolf de Heidelberg; es decir *doce días después* de mi afirmación, hecha cuando nadie había visto tales asteroides, <sup>(1)</sup>

Cristóbal Colón llegó á persuadirse con suficientes razones de que na-

---

(1) Véase la nota de la página 52 de dicha conferencia, publicada por el Centro del Ejército y Armada. Madrid 1906.

vegando hacia Occidente encontraría tierra, cuando no había noticia de que se hubiese hecho tal viaje por nadie.

Y por fin; las leyes de la Física y de la Química no fueron vistas por alguien escritas en antiguas ni en modernas lápidas, ni oídas por nadie, sino deducidas y descubiertas *intelectualmente*, como consecuencia de los hechos conocidos de todos, mucho antes de que dichas leyes fuesen formuladas.

A las 3.<sup>a</sup> á 10.<sup>a</sup> opiniones referentes á la refracción, hay que replicar, que, desconociéndose no solo la existencia de la atmósfera lunar sino su densidad á diversas alturas, su limitación ó diámetro (si es limitada) y desconociéndose en todo caso la composición fisico-química de ella, mal se puede argumentar sobre efectos de refracción ni hacer depender de estos la negación ni la afirmación de la atmósfera lunar, entre otras razones porque la refracción puede ser tan pequeña que no sea perceptible por los medios ordinarios, es decir por visión directa.

Por ejemplo; si en la atmósfera lunar abundasen el Hidrógeno ó el Helio, como es probable, la refracción sería extraordinariamente pequeña puesto que estos gases tienen coeficientes de refracción mínimos; siendo el del Helio el menor (0'12) de los conocidos. Y si la refracción máxima en la densa atmósfera terrestre, excede poco de medio grado en el horizonte ¿cual podrá ser el valor de la refracción producida en una atmósfera mil ó diez mil veces mas ligera que la terrestre y formada por gases de muy escaso poder refringente?

Pero todavía pudiera suceder que la refracción, aunque fuese muy sensible, estuviera compensada de diversos modos, ó que (como luego demostraré que sucede) produjese efectos *equivalentes á la supuesta falta de ella*, tan fáciles de comprender despues de lo que diré, como inadvertidos, inexplicados y desconocidos, hasta el día.

Por lo cual, todo cuanto se refiere á la refracción lunar y especialmente las objeciones 6.<sup>a</sup>, 7.<sup>a</sup> y 8.<sup>a</sup> relativas á la falta de desviación de la posición de las estrellas próximas al disco lunar y á la concordancia del tiempo calculado con el observado en los casos de ocultación de estrellas por la Luna, asi como la 11.<sup>a</sup>, carece de la importancia que se le atribuye; como quedará debidamente demostrado mas adelante.

En cuanto á las fantásticas hipótesis anteriores hay que decir:

N.º 12. La opinión de que por ser la Luna un astro de poca masa su atmósfera tiene que ser muy baja, está en contra de la ley de atracción; pues precisamente al disminuir la intensidad gravitatoria de cualquier centro atractivo rodeado de atmósfera, esta se extenderá por causa de la fuerza expansiva de los gases al disminuir el peso de la unidad volumétrica de los mismos. De modo que á igualdad de masa gaseosa, esta será tanto mas

voluminosa cuanto menor sea el astro; como efectivamente se observa en las extensas atmósferas de ciertos pequeños asteroides, ya citados.

13. La falta de nubes y de vapores visibles en la Luna nada significa porque tampoco hay nubes ni vapores visibles en las altas regiones de la atmósfera terrestre; y no muy altas, por cierto.

14. A la número 14 hay que decir que no se sabe ni se explica porqué ha de estar manteniéndose constantemente la atmósfera lunar del lado opuesto al Sol sin extenderse á la parte iluminada, como necesariamente sucede á toda masa gaseosa no encerrada en una envoltura cerrada. ¿Que muro ó pared impedirá á aquella atmósfera rodear á la Luna?

15. Y en cuanto á la peregrina idea de que la Tierra haya podido absorber la atmósfera de la Luna, resulta incompatible con la atracción lunar (por pequeña que se la suponga) sobre la masa gaseosa que se dice haber sido totalmente sustraída por la Tierra; como dije en la página 36 del folleto de 1905 y mas adelante quedará demostrado.

16. La afirmación del autor del anuncio en *El Sol*, del folleto del señor de Cisneros, de que «todo astro que gire alrededor de otro presentándole siempre la misma cara ó semiesfera, ha de perder forzosamente su atmósfera, y recíprocamente...» no deja de ser una afirmación hecha por el autor del suelto, que no parece haberse enterado bien del contenido del aludido folleto. De la lectura del mismo, que no llegó á mis manos hasta junio de 1928, no he podido deducir tal cosa ni darme tampoco cabal cuenta (tal vez por torpeza mía) de todo lo que afirma ni de lo que niega el Sr. de Cisneros con respecto á la atmósfera lunar; ni á otros particulares. Pero en todo caso no parece dar en él gran importancia al hecho inexplicable é inexplicable, hoy, de porqué presenta la Luna siempre y exactamente la misma faz frente á la Tierra; *hecho importantísimo, muy significativo* y justificado, como luego se verá, admitiendo la existencia de la atmósfera lunar en las condiciones que quedarán expuestas en el presente Estudio.

17. Y en cuanto á la hipótesis atribuida al profesor Haushofer, hay que decir que suponiendo que exista dicho profesor y no sea creación de algun redactor bien humorado del «Heraldo» todo lo que se atribuye al supuesto profesor, que tanto sabe, es tan fantástico y falto de sentido que no vale la pena de perder el tiempo en rebatirlo. Estas noticias y sueltos suelen aparecer en los periódicos durante los meses de verano, en que falta materia para llenar las planas, y el aludido suelto fué publicado el 6 de agosto de 1905.

Pero en todo caso las anteriores hipótesis son de las que causan admiración y demuestran cuan facilmente pueden incurrir en evidentes errores aquellas personas que por sus estudios tienen motivo y obligación de razonar con arreglo á las mas elementales nociones de la Física que estudiaron y que no aplican.

Como resumen de esta impugnación á las opiniones, hipótesis y argumentos anteriores puede decirse que; efectivamente, la producción de efectos de refracción bien caracterizados causados por la interposición de la Luna en los rayos luminosos que pasen próximos al contorno lunar; la observación de nubes y vapores en la Luna y una notable discrepancia entre la duración calculada para la ocultación de estrellas y la observada al producirse la ocultación, serían pruebas indudables de la existencia de atmósfera en la Luna; pero la falta de estos efectos no prueba nada, como veremos.

Siendo tambien necesario recordar y decir, como al final del presente Estudio haré especialmente notar, que á pesar de lo mucho que se sabe de Óptica no es poco ni de escasa importancia lo que se ignora en esta importantísima ciencia; empezando por el origen de la luz que aun se discute si es emisoro ú ondulatorio, y en este segundo caso cual puede ser la causa de las ondulaciones *precisamente transversales*; el *porqué la luz camina en líneas rectas* y porqué se forman las imágenes de los objetos conforme á trazados geométricos en los que los rayos luminosos están sustituidos por *líneas rectas ó quebrados* cuando atraviesan medios *homogéneos*, *únicos casos* estos en los que se han estudiado debidamente los efectos de refracción.

Y en cuanto á la causa ó causas de la refracción y de los efectos de polarización de la luz, especialmente de la llamada *rotatoria*, variable en los diversos líquidos, unas veces á la derecha y otras á la izquierda, se sabe... poco menos de nada.

Mas como la atmósfera terrestre no es de densidad ni de composición homogénea como lo son sensiblemente los prismas y las lentes de vidrio sobre los cuales se ha experimentado para deducir las leyes conocidas sobre los efectos de refracción (puesto que la densidad atmosférica decrece rápidamente con la altura al mismo tiempo que la distribución de gases y vapores tambien sufre gran variación en relación con dicha altura); como es evidente que si la Luna tiene la atmósfera que me propongo demostrar, es inevitable que tambien sufran gran variación tanto la densidad como la naturaleza fisico-química de sus componentes á diversas alturas, y como no hay datos suficientes de observación ni menos leyes especialmente aplicables á los efectos de refracción producidos ó *producibles, en masas gaseosas de las condiciones posibles para la atmósfera lunar*, es claro que faltan elementos de conocimiento para discurrir con acierto sobre si efectivamente se produce ó debiera producirse alguna refracción hasta hoy desconocida; sobre la importancia que esta pueda tener en las observaciones lunares ó relacionadas con la Luna, y sobre el porqué de ciertos efectos de que á su debido tiempo me ocuparé, explicando algo que hasta aquí no ha sido posible explicar y puede ser de gran interés para interpretar la aparente falta de refracción de los rayos luminosos que pasan cerca del contorno lunar.

Por todo lo cual hay que decir con respecto á la desconocida refracción de la atmósfera lunar, que *la pretendida prueba negativa no es tal prueba* porque en este caso puede suceder como en muchos teoremas matemáticos que *no siempre es cierta la proposición contraria ó reciproca*; pues faltando, como he dicho, los necesarios datos sobre la posible refracción atmosférica lunar, muy bien pudiera ocurrir que la Luna tuviese atmósfera y que esta produjese una refracción mensurable, á pesar de no haberse comprobado, hasta ahora, algun efecto bien definido atribuible á la refracción luminosa. O que á pesar de producirse efectos sensibles de refracción, estos no causen ni desviación en la posición de las estrellas próximas al borde del disco lunar ni alteración en la duración calculada para la ocultación de estrellas por la Luna (objeciones 6.<sup>a</sup>, 7.<sup>a</sup> y 8.<sup>a</sup>).

O dicho en pocas palabras: *la falta de refracción reconocida en la Luna, nada prueba y hay necesidad de buscar la solución á este problema por otros caminos y procedimientos.*

Pero antes de emprender el que ha de conducir á la demostración de la existencia de atmósfera en la Luna, con independencia de los efectos de refracción que esta pueda producir, es conveniente terminar esta exposición y serie de interrogaciones, que luego será completamente contestada, exponiendo algunos de los hechos observados que hoy no tienen explicación, y que la tendrán admitiendo la existencia de la atmósfera lunar en las condiciones que aquí diré y demostraré.

### 8. Hechos sin explicación conocida.

1.<sup>o</sup> Uno de los fenómenos observados con ocasión de los eclipses de Sol es la disminución de luz, *antes de producirse el primer contacto* entre los discos del Sol y la Luna. Es decir, la producción, en pleno día, de una especie de crepúsculo, al aproximarse la Luna al Sol y antes de que la sombra proyectada por la masa sólida de la Luna haya llegado al lugar de observación.

Esta disminución observada y *medida* por mi en el eclipse de 1905, será tenida en cuenta mas adelante como uno de los comprobantes de la existencia de la atmósfera lunar. <sup>(1)</sup>

2.<sup>o</sup> Tambien se observa una notable depresión de la temperatura atmosférica en los días anteriores á los eclipses de Sol que va aumentando hasta el día y hora del eclipse en que la temperatura llega á un mínimo durante el mismo; elevándose nueva y gradualmente, despues, como yo hice notar especialmente en mis artículos del 8 de septiembre de 1905 publicados en el *Heraldo de Madrid* y en la *Correspondencia de España*, así como anteriormente se ha hecho constar por otros observadores. <sup>(1)</sup>

3.<sup>o</sup> Otro de los fenómenos que no tienen hasta ahora explicación y

---

(1) Véase el apéndice 2.<sup>o</sup>

que despues explicaré mediante la intervención é influencia de la atmósfera lunar, es el extraño y perfectamente comprobado en multitud de observaciones, producido con ocasión de la ocultación de estrellas por la Luna, consistente en que, con frecuencia y tanto al principio de la ocultación como al final de ella, se *divisan las estrellas ocultadas, dentro, detras y cerca del borde de la Luna, tal como si esta fuese trasparente.*

4.º Es igualmente un hecho comprobado y no explicado la notable discrepancia en el sentido de reducción del ancho de la zona de totalidad, respecto al que se pronostica ó anuncia por el cálculo.

5.º Tambien se ha comprobado en todos los eclipses de Sol, que la duración observada difiere y es menor, en cantidad muy apreciable, á la préviamente calculada, sin que esta discrepancia en la duración del tiempo de totalidad, tenga hasta ahora explicación.

6.º Otro hecho verdaderamente extraordinario y misterioso, mas extraño, si cabe, que los anteriores, con serlo tanto cuanto á nuestro satélite se refiere, es la exacta coincidencia de la duración en tiempo de su traslación alrededor de la Tierra, con el de rotación de la Luna sobre su eje, de tal modo que siempre presenta la misma faz á nuestra vista; sin que en lo que se tiene noticia, resulte la mas mínima discrepancia entre la duración de ambos movimientos, en el trascurso de los siglos; cuyo hecho es claro que no puede ser casual.

7.º Es igualmente inexplicable conforme á las opiniones corrientes aunque perfecta y claramente explicada en la página 46 y siguientes de mi folleto del eclipse de 1905, la formación de las llamadas *sombras ondulantes*; y mas inexplicable, aun, el *serpenteo* de las mismas, observadas con esta particularidad en determinados lugares al empezar y al terminar la totalidad de la ocultación del disco solar, si no se admite la existencia é intervención de la atmósfera lunar en la forma expuesta en las páginas dichas, de mi folleto de 1905, y perfectamente comprensible en caso afirmativo.

8.º Un fenómeno importantísimo que se explica muy bien admitiendo la existencia de la atmósfera lunar, pero que no tiene explicación sobre la base de los conocimientos relativos á la Luna hasta hoy corrientes, es la extraña y muy perceptible sombra en el Cielo vista por mí al amanecer del 28 de mayo de 1900 y menos marcada en las tardes del 6 y 7 de febrero de 1905; descrita en las páginas 11, 23 y 24 del folleto y Memoria del eclipse de Sol de 1905, tantas veces aludido en este Estudio.

\* \* \*

Una vez expuestos los argumentos que se oponen á la existencia de atmósfera en la Luna y presentados los hechos y fenómenos cuya explicación se desconoce, paso á la parte segunda del presente Estudio, demostrativa de la existencia de la atmosfera lunar.

## SEGUNDA PARTE

### **Demostración de la necesaria existencia de la atmósfera lunar y deducción de algunas condiciones y características de la atmósfera terrestre, hasta ahora desconocidas.**

#### **9. PRIMERA SECCIÓN. Cómo se ha de resolver el problema.**

Para resolver el problema de la discutida y mas que discutida, negada, atmósfera lunar, hay necesidad de desentenderse de toda clase de prejuicios, como ya hice notar desde el principio en la primera parte de este Estudio. Sobre todo de aquellos prejuicios totalmente desprovistos de fundamento, por lo cual insistí, anteriormente, en la falta de solidez de las opiniones y de las hipótesis contrarias, dejando consignado al final de dicha primera parte, que hay varios hechos de observación perfectamente comprobados, que son inexplicables si nos empeñamos en negar la existencia de la atmósfera lunar.

Así, y entre estos, resulta una verdadera obcecación el empeño de buscar la atmósfera lunar por solo los efectos de refracción en la parte baja de la discutida atmósfera, en contacto con el núcleo lunar; otra obcecación mas, el prejuicio de que la presupuesta refracción ha de tener un valor perceptible para los instrumentos y procedimientos ordinarios de observación. Y por último, la no pequeña equivocación de suponer bien conocidos los fenómenos ópticos y entre estos el modo de formarse las imágenes ópticas en la retina ocular, con ó sin interposición de los instrumentos llamados lentes y anteojos; porque si como en este Estudio quedará demostrado, la Luna tiene atmósfera de gran diámetro pero de escasisima densidad, las cosas, *los hechos*, han de producirse de muy distinto modo de como previa y gratuitamente, se suponen; sobre todo en caso de que sus gases tuviesen muy débil poder refringente para la luz.

Es necesario, pues, desprenderse totalmente de toda clase de prejuicios. De los muchos prejuicios que mas ó menos, tenemos todos sin darnos cuenta de ello. De los prejuicios que nos impiden ver lo que está á la vista y de reconocer lo que siendo claro, evidente y manifiesto, buscamos por caminos extraños y complicados, atribuyendo muchas veces al misterio lo que no tiene nada de misterioso.

Y así porque la observación de los astros está afectada de una refracción atmosférica que tiene un valor perceptible de algo mas de medio grado en las visuales *próximas al horizonte*, nos empeñamos en suponer que si la Luna tuviese atmósfera esta habría de producir una refracción comparable á la de las observaciones bajas, terrestres, sin cuidarnos de recordar que aun en nuestra atmósfera, á pesar de su gran densidad, la refracción resulta despreciable en las observaciones de gran altura; en las zenitales ó próximas á la vertical de cada lugar, *así como desconociendo otra observación muy importante relativa á la formación de las imágenes ópticas*, que al final se dirá.

Estos prejuicios y esta falta de conocimientos y de discernimiento (dicho sin ánimo de ofender á nadie) hace que en unas observaciones lunares se suponga que no interviene la acción de la atmósfera lunar (es decir, que se despoja hipotética é *inconscientemente* á la Luna de atmósfera) mientras que se busca en otras la atmósfera por procedimientos y *con datos obtenidos bajo el supuesto inconsciente, repito, de la falta de atmósfera en la Luna*. Datos que, naturalmente, hay necesidad de rectificar porque contienen las consecuencias del *supuesto implícito é inconsciente*, vuelvo á decir, de la ausencia de atmósfera en la Luna, desde el momento en que quede demostrada la existencia de la atmósfera en cuestión; obtenidos y deducidos los actuales ó antiguos datos bajo el *prejuicio inconsciente* de tal supuesto, olvidándose, todos, de advertir que si la Luna tiene atmósfera, todo lo que vemos y creemos que sabemos, respecto á la Luna, lo vemos y sabemos, (ó creemos saber) á través y con la intervención de su atmósfera.

Ó dicho con toda claridad aunque peque de excesiva repetición: que no vemos la Luna unas veces á través de su atmósfera y otras directamente y sin atmósfera; y que si no vemos la atmósfera lunar no hay que olvidar que tampoco vemos la atmósfera terrestre cuyas características principales no han sido conocidas por la Humanidad hasta mediados del siglo XVII. Porque hay necesidad de decirlo una vez mas: lo mas difícil de ver es lo que estando á la vista no se nos manifiesta de un modo poderoso é inevitable.

Por ejemplo: arróllese una hoja de papel blanco de cartas á una de las velas de estearina de un piano y propóngase á cualquiera, que no esté enterado de esto, que busque un papel blanco en la habitación en que el piano se encuentre.

De cien veces las noventa y nueve el buscador del papel dará mil vueltas, levantará objetos, mirará en los rincones, etcétera, y al fin se dará por vencido de no encontrar la hoja de papel que tiene constantemente á la vista.

Pues del mismo modo ¿cómo hemos de ver la atmósfera lunar que tenemos constantemente á la vista, si es directamente invisible? ¿Y cómo y porqué los señores astrónomos creen observar la Luna directamente y sin atmósfera cuando no se acuerdan de ella, para buscarla despues, cuando bien les parece, por los mismos procedimientos que antes emplearon cuando inconscientemente presuponían gratuitamente, al operar, que no intervenía en sus observaciones la tal atmósfera?

Hay en esto una inatención y una inconsecuencia tan manifiesta y radical como la de aquel que escribía á un su amigo, que buscase y le enviase la pluma estilográfica que creía haber dejado olvidada en casa del amigo á quien escribía, sin enterarse de que estaba escribiendo con la misma pluma que echaba de menos.

El experimento del papel, antes mencionado, puede variarse de diversas maneras, quedando siempre demostrado por este y por una multitud de casos prácticos que, á veces, lo que está mas á la vista, lo que llevamos encima y lo que nos acompaña desde la cuna al sepulcro, es lo mas difícil de percibir, si no se destaca de ún modo notable de cuanto nos rodea.

Muchos de los juegos de manos de los prestigidores ó *ilusionistas*, consisten precisamente en esto; en hacer invisibles por sugestión engañosa ó por rapidez, lo que está á la vista de todos los espectadores.

Por esto lo mismo en las cosas de la vida ordinaria que en las ciencias ha costado tanto trabajo y tanto tiempo averiguar cosas que no han sido reveladas sino en el trascurso de muchos siglos.

Así, el magnetismo que traspasa nuestros cuerpos, no lo percibimos, y aunque conocida la atracción de la piedra iman sobre el hierro, desde una gran antigüedad, su importante aplicación á la brújula se hizo esperar hasta el siglo XIII, por lo menos.

La rotación de la Tierra alrededor de su eje y la traslación de la misma por su órbita en torno del Sol, tampoco fué percibida y demostrada definitivamente hasta Copérnico en 1543. Y aun hay sabio (H. Poincaré) que nos dice hoy que es indiferente decir que la Tierra *gira ó que gira el firmamento en torno de la Tierra...* (1)

La circulación de la sangre que, impulsada por el corazón, por nuestros miembros corre, con ser la principal ó por lo menos una de las principales funciones de nuestro organismo y de una multitud de especies animales, no fué descubierta y demostrada hasta mediados del siglo XVI.

Toda la vida ha estado sometida la Humanidad y cuanto sobre la su-

---

(1) Página 141 de *La Science et l' Hypothèse*.

perficie terrestre se encuentra, á la presión atmosférica, al peso del aire, y sin embargo hasta 1646 no quedó probado el hecho de que nuestra atmósfera ejerce una presión considerable, sobre todo cuanto conocemos.

Y ¡que mas! La electricidad, esa modalidad de energía universal cuyas aplicaciones hoy lo invaden todo y cuyo nombre mismo procede del que en griego tiene el ambar amarillo, cuya propiedad electrónica de atraer los cuerpos ligeros despues de frotado, era conocida desde toda antigüedad (propiedad que sirvió de indicio ó hilo conductor para el descubrimiento de tantas otras propiedades y fenómenos como ofrece la electricidad) no empezó á ser reconocida y estudiada hasta 1653 por Guericke; reanudada su investigación en 1725 por Gray, por Franklin en 1750 y despues por Galvani y Volta en 1790 y 1800.

Por último; esas misteriosas ondas hertzianas que hoy nos permiten el empleo del telégrafo eléctrico y la telefonía, *inalámbricos*,<sup>(1)</sup> no fueron descubiertas hasta 1876 por S. Thompson y en 1888 por H. Hertz, á pesar de que no solamente traspasan nuestros débiles organismos sino hasta los muros mas gruesos, de los edificios.

¿Que tiene, pues, de extraño que á pesar de llevar la Humanidad millares de años mirando á la Luna no haya visto nadie hasta 1900 y 1905, su magnífica atmósfera?

Pretender, pues, resolver el problema de si la Luna tiene ó no tiene atmósfera basándose en la falta de observacion de un efecto fisico cuya intensidad y condiciones de producción en la Luna y á veces aun en nuestros hogares, como luego se verá, se desconocen, no es más que continuar el procedimiento pseudo-lógico y pseudo-razonador, que entretuvo durante siglos la escolástica.

Es perpetuar y llevar á la Ciencia el afan y la costumbre de argumentar sin bases suficientes de información, tan generalizado en la vida ordinaria por los espíritus ligeros é impacientes, que creen posible acertar partiéndolo de hipótesis, de supuestos y de *apariencias*, por no tomarse el trabajo de enterarse bien de lo que importa, para formar juicios acertados.

Es decir ó hacer las cosas sin base suficiente de conocimiento y sin saber porqué y para qué; como lo es la generalizada costumbre moderna de suprimir los acentos sobre las *palabras univocales á-é-ó-ú*, en mala hora autorizada *condicionalmente* y no de un modo absoluto, por la Academia Española sin saber porqué se acentuaban dichas *modestas palabras* en el siglo XIX ni porqué no se han de acentuar en el siglo XX.

Los que tal hacen creen haber progresado, cuando en realidad han

---

(1) No *sin hilos*, lo que es una mala traducción del francés *sans fils*; porque como el idioma francés carece de la palabra *alambre*, se dice en francés, *fil de fer*, *fil de cuivre*, etc., en vez de alambre de hierro, de cobre, etc.

retrocedido al siglo XVIII, en el que, en las imprentas de Madrid, no se acentuaban <sup>(1)</sup> estas diminutas palabras.

No es, por tanto, partiendo de hipótesis ni sobre la falta de datos de observación respecto á la desconocida refracción que pueda producir ó no la atmósfera lunar, ni sobre ninguna otra especie de hipótesis ó falta de datos, como se ha de resolver el problema en cuestión; sino partiendo de datos los mas seguros y conocidos, posibles, y razonando con igual seguridad, sin dejarse extraviar por hipótesis mas ó menos disfrazadas. Y esto es lo que he procurado hacer al seguir el método de investigación que expongo á continuación, que empieza exponiendo los argumentos favorables á la existencia de la atmósfera lunar y termina, segun mi criterio, con una verdadera demostración.

## 10. SEGUNDA SECCIÓN. Observaciones y argumentos favorables á la existencia de la atmósfera lunar

1.º *Nadie ha puesto en duda la existencia de numerosos y grandes volcanes en la Luna, hoy apagados é inactivos; pero no todos los que reconocen en la superficie lunar la topografía propia de los volcanes extinguidos, paran mientes en que estos numerosos y enormes volcanes suponen una inmensa cantidad de gases y vapores arrojados por ellos.*

Sentada esta afirmación—en la que no parece posible que haya contradicción por parte de los espíritus mas reacios á admitir la existencia de la atmósfera lunar—examinemos y discutamos lo que ha podido ser de esa inmensa masa flúida salida de las entrañas del núcleo sólido de la luna.<sup>(2)</sup>

2.º *¿Se habrán desvanecido esos gases difundiendo en el espacio interplanetario?*

Dentro del cuadro de nuestros conocimientos experimentales sabemos: por una parte que todos los gases se extienden ó espandan ilimitadamente

---

(1) Véase el libro *Compendio Geográfico e Histórico del Orbe Antiguo, I Descripción de el Sitio de la Tierra, Escrita por Pomponio Meta, etc. etc. En Madrid, por Don Antonio de Sancha. Año de M.DCC.LXXX (1780).*

(2) Recientemente publicó el diario de Madrid *El Liberal* de 30 de agosto de 1928, un artículo suponiendo que los cráteres de los volcanes lunares no lo son, sino las impresiones producidas por la caída de cuerpos sobre la Luna, en fusión; absurda hipótesis que no vale la pena de perder tiempo en refutar.

á medida que disminuye la presión á que están sometidos, y por otra, que todos ellos, hasta el Hidrógeno, que es el mas ligero, *tienen peso*; es decir, que están sometidos á la ley de la gravitación universal.

Conocemos tambien las leyes matemáticas que regulan tanto la variación de presión en los gases por aumento ó disminución de su volumen, como la ley de gravitación de estos y de cualquier cuerpo sólido ó líquido, *pesado*, á medida que cambia la distancia mutua de los cuerpos.

Por la primera ley sabemos que en los gases perfectos (así llamados los mas enrarecidos) la presión interna y externa de una masa gaseosa cuya temperatura permanece constante, varía en razón inversa de su volumen; y por tanto, que, el volumen de cualquier masa gaseosa esférica (siempre proporcional á la tercera potencia del radio de la esfera,) cambia con la presión de tal modo que el producto de esta presión por el cubo del radio de la supuesta esfera flúida, se conserva constante entre amplios límites, segun la llamada ley de Mariotte <sup>(1)</sup>, siempre que, como digo, permanezca invariable, tambien, la temperatura. Siendo aquí conveniente insistir en que esta ley no sufre corrección sensible mas que para las grandes compresiones; *pero no en la dilatación* de los gases suficientemente enrarecidos.

Sabido esto y llamando *e* á una cantidad constante, dependiente de la clase de gas, de la temperatura del mismo y de la presión en un estado inicial determinado, se expresa dicha ley para una masa esférica de radio cualquiera *r*, por medio de la igualdad

$$p \cdot r^3 = \text{constante} = e$$

de donde se deduce para la presión

$$p = \frac{e}{r^3}$$

lo mismo para el interior de la masa gaseosa que para su periferia esférica; puesto que la presión del gas es la misma en todos los puntos de su masa flúida, si no hay causa que se oponga á esto; es decir, en estado, de equilibrio y con abstracción del peso del gas.

Pero tambien sabemos, por la segunda ley, que la atracción producida entre dos masas materiales es proporcional al producto de estas masas é inversamente proporcional al cuadrado de su distancia mutua; de modo que, llamando *M* á la masa de un cierto núcleo atractivo, *a* á la unidad de masa gaseosa situada á la distancia *r* de *M*, y *k* á un cierto coeficiente constante que para el caso y como veremos, no interesa conocer, siempre se verificará que el producto *M.a.k* dividido por el cuadrado de *r* (distancia entre *M* y *m*) dará el valor de dicha atracción.

---

(1) Mas juntamente atribuible á Boyle, segun se hizo notar por nota al pié de la 1.<sup>a</sup> Advertencia, página 5, del presente Estudio.

O sea; que llamando  $G$  al producto  $M.a.k$  que es constante cuando  $M$  y  $a$  se conservan invariables, el valor de la atracción producida entre las masas  $M$  y  $a$ , y  $P$  al peso de  $a$ , este tiene por expresión

$$P = \frac{G}{r^2}$$

De modo que en cada punto de la periferia de una masa esférica gaseosa rodeando á un núcleo atractivo, y situado á la distancia  $r$  del centro del mismo, se verificará que el *peso que tienda á acercar* una parte de la masa (un litro por ejemplo) valdrá  $\frac{G}{r^2}$ , mientras que la *presión* en el mismo punto, *que tienda á alejar la porción exterior del gas, del centro atractivo*, valdrá  $\frac{e}{r^3}$

Por tanto, cualquier masa gaseosa sometida á la acción atractiva de un núcleo interior, se dilatará si la presión que actúa sobre la unidad de masa  $a$ , es mayor que la supuesta acción gravitatoria actuante sobre la parte exterior de dicha masa, hasta que decreciendo el peso  $P$  de la unidad de masa en proporción al cuadrado de  $r$  y decreciendo también la presión interna de la masa, aunque más rápidamente esta que el peso, por ser la presión inversamente proporcional al cubo de  $r$ , se igualen  $P$  y  $p$ .

Si, por lo contrario, la presión de la masa gaseosa fuese menor que la acción de la gravedad actuante sobre el elemento gaseoso  $a$ , la masa gaseosa se reducirá bajo la acción gravitatoria hasta tanto que, á la inversa de lo dicho en el supuesto caso anterior, creciendo la presión al contraerse el volumen, se iguale dicha presión con el peso de la unidad de masa.

De modo y manera que ni podrá dilatarse indefinidamente una masa gaseosa sometida á la atracción de un cierto núcleo interior, ni tampoco comprimirse sin limitación; sino que en todo caso se vendrá á producir equilibrio entre la presión y la gravedad actuante en la parte más alejada del centro atractivo, en el que se verificará que el peso  $P$  en cierto punto de la masa  $a$ , se iguale con la presión interna  $p$ , de esta masa; ó sea

cuando 
$$\frac{G}{r^2} = \frac{e}{r^3}$$

de cuya igualdad se deduce, multiplicando los dos miembros por  $r^3$  y despejando el valor de  $r$  que

$$r = \frac{e}{G} = \text{constante} \dots \dots \dots (1)$$

O sea: que  $r$  tiene en todos los casos, un valor finito y determinado puesto que  $e$  y  $G$  son cantidades finitas y constantes para cada sistema de masas atractivas, de las cuales una sea gaseosa de temperatura determinada, cualesquiera que ellas sean y entre límites amplísimos.

Pero como ni se ha fijado la cuantía ni la presión de los gases supues-

tos en las fórmulas anteriores ni para el problema en cuestión interesa fijarlas, antes por lo contrario conviene dejar indeterminada la presión y el volumen para obtener de las fórmulas resultados completamente generales, la formula (1.<sup>a</sup>) prueba que  $r$  será siempre *finito y determinado*; que es lo que para el caso interesa.

O lo que es lo mismo: que en los casos y en las condiciones dichas, la masa gaseosa circundante á un núcleo atractivo (llámese este Luna, Tierra ó de otra manera) no puede difundirse en el espacio interplanetario, porque *el radio de dicha masa esférica, resulta ser finito y determinado*, para toda pareja de valores de la presión y volumen primitivos, y cualesquiera que estas sean.

Pero se objetará, como es cierto, que una masa gaseosa sometida á la atracción de un núcleo interior, no puede ser de densidad uniforme por dos causas; 1.<sup>a</sup> porque la fuerza gravitatoria aumenta á medida que disminuye la distancia al centro de atracción, y con esto el peso de la unidad de masa en las capas mas bajas y 2.<sup>a</sup> porque al aumento de peso de la unidad *volumétrica* contribuye la compresión producida por el peso de las capas superiores á partir y por bajo, estas, de la superficie de nivel en que se igualan la gravedad y la fuerza expansiva de los gases.

Pero esta rectificación solo nos dice que el valor de  $r$  dado por la formula (1.<sup>a</sup>) sufrirá reducción por dos conceptos, reforzando la conclusión anterior.

Y en efecto es indudable que la igualdad antecedente no corresponde al verdadero valor de  $r$  en cada caso, *pero dice mas de lo necesario* para probar la limitación del volumen de cualquier masa gaseosa pesada y circundante á un núcleo atractivo, *puesto que da para  $r$  un valor seguramente mayor* del que efectivamente resultará en las condiciones dichas, por causa de la compresión de la parte inferior ó interior de la masa gaseosa en cuestión, con la consiguiente reducción de volumen respecto al valor límite superior que se ha calculado para  $r$ ; y por tanto, la imposibilidad de que la supuesta masa gaseosa cualquiera que fuese su volumen y presión primitivos, así como la importancia del núcleo atractivo, se difunda en el espacio interplanetario, en virtud de la fuerza expansiva de sus gases y vapores.

O dicho de otro modo mas claro y mas expresivo y terminante: que la formula anterior (1.<sup>a</sup>) *demuestra mas de lo indispensable para probar la imposibilidad de la difusión en el Espacio* de una masa gaseosa, pesada, rodeante á un núcleo atractivo interior, porque da un límite superior del volumen que puede tomar dicha masa gaseosa á presión inicial determinada. O sea, aunque resulta pesada repetición que hace mucha falta; que *una masa gaseosa cualquiera atraída por un núcleo interior, quedará siempre encerrada dentro de una esfera de radio finito y determinado, si no inter-*

*vienen en el sistema mas elementos que la atracción y la fuerza expansiva de los gases y vapores.*

Y aun dice algo muy importante la fórmula anterior para el problema en estudio; porque como se advirtió en la página 24 y al revés de lo que piensan los que atribuyen á la Luna una atmósfera muy baja porque el astro es pequeño, demuestra dicha fórmula que á medida que la masa del núcleo atractivo disminuye, el diámetro y el volumen de la masa gaseosa, constante, aumentan; de lo que son ejemplos las voluminosas atmósferas reconocidas en los asteroides Ceres y Pallas (página 20).

Resultado y consecuencia que, como digo, se deduce de dicha fórmula, puesto que siendo menor la fuerza atractiva de la Luna que la de la Tierra, será menor para la Luna que para la Tierra, el valor de  $G$  que entra en el denominador del de  $r$ , dado por la aludida fórmula; por lo cual y *para la misma cantidad de gases*,  $r$  sería mucho mayor en la Luna que en la atmósfera terrestre.

En las consideraciones anteriores no se ha tenido en cuenta la reacción centrífuga de inercia que debe sumarse á la fuerza expansiva de los gases en el sentido de separarlos del núcleo atractivo, porque siendo la velocidad de rotación de la Luna insignificante puesto que tarda nuestro satélite algo mas de veintisiete días en dar una sola vuelta alrededor de su eje, no vale la pena de tomar en consideración dicha reacción centrífuga de inercia; al contrario de lo que pronto se verá al tratar de la velocidad de la atmósfera terrestre, que denomino centrífugo-expansiva.

Pero á la misma conclusión de imposibilidad de la difusión de la atmósfera lunar, llegaremos por el procedimiento *analógico* mas breve y expedito que el anterior, consistente en observar que si la masa gaseosa terrestre que constituye nuestra atmósfera, no se ha difundido en el espacio interplanetario, por estar retenida por la gravedad ó peso de los gases que la constituyen—y como al final de este Estudio se verá, por la presión exterior del medio en que la Tierra se mueve—*á pesar de que en la Tierra se suma la reacción centrífuga de inercia no despreciable en nuestro planeta, á la fuerza expansiva de los gases*, nada justifica el supuesto de que la Luna haya podido perder su atmósfera, tan solo porque su núcleo sólido sea mucho menor que el de la Tierra; pues lo único que de esto puede deducirse, como tan repetidamente vengo diciendo, es que la atmósfera lunar será menos densa que la terrestre. O lo que es igual; que para la misma cantidad de gases, resultaría la atmósfera lunar con mayor volumen que la terrestre.

Luego: *ni la masa gaseosa procedente de los volcanes de la Luna, ni la que sin proceder de estos hubiese tenido anteriormente nuestro satélite ó podido adquirir despues, han podido difundirse libremente en el espacio interplanetario, porque el diámetro total de ella no ha podido ex-*

*ceder de, ni aun llegar á, ese valor finito y determinado para cada cantidad y presión inicial de la masa gaseosa, dado por la fórmula anterior.*

Queda así contestada de un modo negativo la 2.<sup>a</sup> pregunta formulada, tanto por un procedimiento analógico y directo como por el matemático especulativo fundado en la aplicación de las leyes de Newton y de Mariotte.

Examinemos, ahora, otros dos supuestos relativos á si han podido desaparecer, ó no, los gases y vapores arrojados por los volcanes de la Luna en tanta mayor cantidad y con tanta mayor violencia, cuanto menor haya sido la presión atmosférica en la misma.

3.<sup>o</sup> *¿Habrá podido ser absorbida la atmósfera lunar por la Tierra?*

Esta hipótesis que muchos formulan afirmativamente pero de la que nadie quiere hacerse responsable, anteriormente mencionada con la *anteriormente* "se dice" es perfectamente absurda con arreglo á cuanto de mas positivamente sabemos; á pesar de lo cual es en realidad la que domina como digo, *sin ser confesada*, entre los que de estas cuestiones se ocupan.

En mi folleto del eclipse de 1905, dedicado á la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid, (á pesar de lo cual ha hecho tan poco camino entre los científicos aquel estudio original de investigación) ya me ocupé de este inadmisibile supuesto, consignando en la página 36, que necesariamente hay un punto intermedio entre la Tierra y la Luna en el cual las atracciones terrestre y lunar habrán de ser iguales pero dirigidas en sentido contrario, y que á partir de dicho punto todos los cuerpos materiales y entre estos los gases y vapores que esten mas próximos que dicho punto á la Luna, serán atraídos con mayor fuerza por la Luna, que por la Tierra y caerán sobre la Luna ó formarán, por esto, parte de la atmósfera lunar calculada sobre esta base en la página 37 del citado folleto, con un diámetro igual á *doce y medio* radios terrestres, próximamente. Por mas que, siendo variable la distancia entre la Tierra y la Luna, los diámetros de las atmósferas terrestre y lunar, calculados sobre esta base, variarán constante y periodicamente con la oscilación de dicha mutua distancia.

Segun esto, todo gas ó vapor existente por fuera del diámetro calculado por mí en 1905 para la atmósfera lunar, ha podido ser absorbido por la Tierra y ser incorporado á la atmósfera terrestre. Pero la masa gaseosa encerrada dentro de una esfera cuyo diámetro sea de doce y medio radios terrestres, no ha podido salir fuera de la predominante acción atractiva de la Luna y formará su atmósfera propia á no ser que, haya sido totalmente reabsorbida por el mismo núcleo sólido lunar.

Examinemos, pues, este último supuesto.

4.<sup>o</sup> *¿Habrá sido absorbida la masa gaseosa lunar por el núcleo sólido de la misma Luna?*

Nada absurdo es el supuesto de que el núcleo sólido lunar pueda ab-

sorber gases, y vapores porque conocidos son en Química diversos cuerpos sólidos ó líquidos, capaces de absorber grandes volúmenes de gases.

Por ejemplo: ciertos cuerpos porosos tales como el carbon vegetal en polvo ó la esponja de Platino son capaces de absorber, sin alterarse, grandes cantidades de gases.

Concediendo todo lo concedible á esta hipótesis, supongamos que los gases y vapores arrojados por los volcanes de la Luna, estando esta á temperatura elevada, fuesen absorbidas despues del enfriamiento, y admitamos interinamente, para llegar á mi demostración de la existencia de la atmósfera lunar, el caso mas desfavorable. El caso en que el núcleo sólido de la Luna haya podido condensar y absorber toda la masa de gases y vapores que salió de sus volcanes; la masa de vapores y de gases que primitivamente hubiera podido tener la Luna con independencia de los procedentes de las erupciones volcánicas y aun todavia mas gases y vapores que hubiera podido recoger del exterior.

Pues á pesar de esta extremada hipótesis no podría dejar de tener atmósfera la Luna, como se deduce de las consideraciones siguientes:

Todos los cuerpos líquidos ó sólidos capaces de disolver ó de condensar gases y vapores, tienen un *limite de saturación*; es decir, que la facultad de absorción de que aquí se trata no es ilimitada sino que cada volumen ó peso del cuerpo absorbente no puede condensar mas que un volumen ó peso determinado de cada uno de los cuerpos que es suceptible de asimilar; por mas que este límite nos sea desconocido en el supuesto caso de la absorción que admito, como posible, para la Luna. Capacidad de absorción cuyo conocimiento no nos interesa precisamente, ahora, porque no afecta á la eficacia de la demostración que estoy desarrollando.

Y no nos interesa este conocimiento porque suponiendo que la parte sólida de la Luna haya sido capaz de absorber una gran cantidad de gases y vapores, todos estos y un considerable volumen mas, suficiente para dotar á la Luna de una atmósfera tan enrarecida como voluminosa, los ha podido tomar de la atmósfera terrestre, *puesto que esta alcanza seguramente hasta la Luna y aun pasa mas allá de nuestro satélite.*

Afirmación (esta) que dejé consignada en la 2.<sup>a</sup> hipótesis de mi Memoria relativa al eclipse total de Sol de 1905, página 38 de la misma, cuya veracidad y certeza voy inmediatamente á demostrar de un modo riguroso utilizando tan solo los datos conocidos por todos los astrónomos y aficionados á la Astronomía; de la que se deduce que llegando la atmósfera terrestre por lo menos hasta la Luna esta ha podido recobrar, á costa de nuestra atmósfera, la parte que hubiese podido perder de la suya por absorción de ella dentro del cuerpo sólido lunar, mediante la condensación y asimilación de la parte de atmósfera terráquea *que sucesivamente* haya podido ir entrando dentro de la esfera de preponderancia de la atracción lunar sobre la

atracción terrestre, á medida que faltando gases á la atmósfera de la Luna hayan ido traspasando los terrestres el punto y superficie de *igual atracción* por parte de la Tierra y de la Luna, de que hablo en las páginas 36 y 37 de la citada Memoria, como consecuencia del consiguiente descenso de presión de estos en la atmósfera lunar producida por la absorción de sus propios gases; puesto que siendo dicho punto de igual atracción y también punto de *igual presión* por parte de las atmósferas terrestre y lunar, cualquier cambio de presión en una ú otra, producirá el paso de gases de la mas á la menos comprimida.

Pero como dicha absorción por grande que haya podido ser ha tenido que ser como dije, limitada, ha debido finalizar con la saturación ú *oclusión* del núcleo lunar, sin mas consecuencia que un posible descenso de presión en la atmósfera terrestre.

Insisto, pues, al cabo de veinticuatro años (por grande que pueda ser el asombro que cause esta afirmación, entre las personas mas competentes) en lo dicho en las páginas 38 á 40 de la citada Memoria sobre este particular.

Estando la Luna, como digo, rodeada por las altas capas de la atmósfera terrestre, repito que ha podido tomar á espensas de esta todos los gases y vapores que el núcleo sólido lunar haya sido capaz de absorber, hasta su saturación, y además la cantidad de gases necesaria para constituir su propia atmósfera hasta llegar á un cierto estado de equilibrio entre las presiones de ambas en las partes mas elevadas de las atmósferas terrestre y lunar, constantemente comunicadas entre si; porque si tal absorción se ha producido efectivamente alguna vez, el total de la atmósfera común á dichos cuerpos— con dos núcleos de condensación gaseosa que llamo *atmósfera terrestre*, al uno, y *atmósfera lunar* al otro—ha sido suficiente para ello; como lo demuestra el hecho de que no nos ha privado á los habitantes de la Tierra, del aire que respiramos.

Ni la supuesta absorción de gases por la Luna hubiera sido capaz de privar completamente de atmósfera á la Tierra, porque distribuída la masa total de ellos entre la Tierra y su satélite, solo habría podido producir la reducción de densidad en la atmósfera terrestre en tanta mayor proporción cuanto mas considerable hubiera sido la hipotética absorción lunar, sin llegar á quedar absorbida totalmente la atmósfera terrestre, en ningun caso.

Pero como la eficacia de esta explicación requiere no solo probar la *posibilidad* de que la atmósfera terrestre, aunque muy enrarecida á grandes alturas, pueda llegar á alcanzar á la Luna, sino que *exige demostrar* que efectivamente así sucede, el problema de la existencia de atmósfera en la Luna, queda referido de este modo á examinar y resolver previamente el acabado de enunciar, que reproducido y formulado mas sencilla y concretamente se reduce á la pregunta.

¿Está limitada la atmósfera terrestre á alguna altura?

Indispensable, pues, resulta la contestación categórica á esta pregunta puesto que de ella depende la demostración de la existencia de la atmósfera lunar, y á ella paso; por mas que la contestación á la misma interrumpa con una larga digresión y paréntesis indispensable, las consideraciones que directamente se refieren á la existencia de la atmósfera lunar.

### TERCERA SECCIÓN. Digresión demostrativa de que la atmósfera terrestre llega hasta la Luna y pasa aun más allá de nuestro satélite.

11. ¿Cual es la altura de la atmósfera terrestre en el plano del ecuador?

¿CUAL ES LA ALTURA DE LA ATMÓSFERA TERRESTRE?

En la presente digresión solo voy á estudiar determinadas condiciones de nuestra atmósfera en sentido perpendicular al eje de rotación terrestre, puesto que en este plano es en el que se mueve la Luna con relación á la Tierra, dejando para mas adelante completar lo que aquí omito respecto su altura sobre los polos.

En las páginas 30 y 31 de mi citada Memoria del eclipse de 1905, y afirmando que la atmósfera terrestre llega hasta la Luna y se penetra con la de la de nuestro satélite, digo; «La altura exacta de la atmósfera terrestre es desconocida y solo se encuentran conjeturas respecto á esta importante cuestión en los autores científicos, siendo opinión corriente que no pasa de 50 á 60 kilómetros.»

«El ilustre Director que fué del Observatorio Astronómico de Madrid, don Antonio Aguilar, dice en el *Anuario* del mismo, correspondiente á 1865 (pag.<sup>a</sup> 347), que á 50 kilómetros de altura la densidad del aire será inapreciable por los procedimientos corrientes, y admite que la altura de la atmósfera no pasa de 60 kilómetros. En el *Anuario* de 1872 (pag.<sup>a</sup> 226), se supone de 60 kilómetros dicha altura, ó sea la centésima parte del radio terrestre; y lo mismo se lee en la mayor parte de los libros.»

«Hay autores, sin embargo, que admiten una altura mucho mayor para la atmósfera terrestre, como, por ejemplo, la de 320 á 480 kilómetros supuesta en el tratado de Astronomía de Roberto Stawell, titulado *Historia de los Cielos*, pues le asigna 200 á 300 millas inglesas (siendo la milla = 1'6 kilómetros).»

Bravais estima la altura de la atmósfera sobre la cima de Faulhorn en 113 kilómetros; el mismo, en Augsburge, en 160, y en 200 con relación á las auroras boreales; mientras que Liais le atribuye 330 kilómetros de altura, en Riojaneiro,

Segun Laplace es de forma lenticular y mucho mas achatada que el globo terrestre, en la proporción de 2 á 3.

La inflamación de las estrellas fugaces que penetran en nuestra atmósfera y los rastros de materias nubosas que las mismas dejan pasando á grandes alturas sobre la superficie terrestre, prueban que la altura de nuestra atmósfera no es tan escasa como generalmente se cree, ni su densidad en elevados niveles tan pequeña como parece deducirse de las observaciones barométricas realizadas en las capas inferiores de la misma.

Luego me ocuparé en el examen de las densidades probables en las altas regiones atmosféricas, limitándome en este momento á afirmar que por escasa que sea la densidad y la presión atmosférica á grandes alturas, llega nuestra atmósfera hasta la Luna y aun pasa mucho mas allá; para cuya afirmación me fundo, como anteriormente al hablar de la atmósfera lunar, en el hecho científico perfectamente demostrado é indiscutido, de que la dilatación ó enrarecimiento de los gases no tiene límite asignable, y lo dicho sobre la acción gravitatoria.

De donde se deduce que, si algo que desconocemos no se opone á ello es inasignable por excesivamente dilatada, la altura de nuestra atmósfera, como lo es segun quedó dicho la de la Luna ó la de *cualquier otro astro*.

Pero ¿qué se puede oponer á esta ilimitada altura de la atmósfera terrestre?

Ni á mi ni á ninguno de los que en este problema han fijado su atención se nos alcanza que si existe esta limitación, pueda ser debida mas que á alguna de las causas siguientes:

- 1.<sup>a</sup> Difusión de los gases por efecto de su fuerza expansiva, al llegar á cierta altura.
- 2.<sup>a</sup> Retención de los mismos á determinada altura por causa de la gravedad.
- 3.<sup>a</sup> La misma limitación debida á alguna presión exterior.
- 4.<sup>a</sup> La reacción centrífuga debida á la inercia desarrollada por la rotación terrestre, que, á cierta altura, pudiera desligar los gases que de esa altura excediesen, produciendo una especie de *recorte* de la atmósfera á determinado nivel,
- y 5.<sup>a</sup> La suma de estas causas y acciones.

Discutamos, pues, estos cinco casos supuestos.

En cuanto á los dos primeros han quedado resueltos al discutir con

¿CUAL ES LA ALTURA DE LA ATMOSFERA TERRESTRE?  
| relación á la atmósfera de la Luna la 2.<sup>a</sup> hipótesis hecha entonces (idéntica á las dos primeras de ahora) que me condujo á la fórmula  $r=e:G$  (pag.<sup>a</sup> 38), limitativa y determinativa del radio de la esfera formada por cualquier masa gaseosa en cada estado de dilatación ó de densidad de la misma, en el sentido de que para cada densidad gaseosa la gravedad ó peso de los gases impide la difusión de los mismos; sin que sea esto obstáculo á que á pesar de la gravedad se extiendan los gases indefinidamente en altura; pues lo único que resulta del antagonismo entre la gravedad y la fuerza expansión de los gases expresado por la citada fórmula, es que quedando siempre estos retenidos por la gravedad, corresponde á cada altura de la atmósfera una densidad definida y determinada de los gases; densidad que va decreciendo á medida que la altura aumenta.

De modo que ni la gravedad ni la fuerza expansiva de los gases, ni la combinación de ambas contradice, sino que confirma el supuesto de la extensión ilimitada de la atmósfera en altura, con densidad y presión siempre decrecientes, pero determinadas, en cada nivel.

El tercer supuesto es mecánicamente equivalente al segundo pues una presión exterior y la acción de la gravedad son para el caso iguales y dirigidos en el mismo sentido (de afuera hacia dentro de la masa gaseosa) y solo podría una determinada presión, diferir de la gravedad, en la ley de variación de esta con la distancia al centro de la Tierra.

Pero en todo caso, como esa presión exterior distinta de la gravedad, no podría provenir mas que de un medio material— es decir, de una masa gaseosa cuya presión se igualaría con la atmosférica en la superficie de contacto entre la atmósfera y el supuesto medio— *este resultaría ser continuación en altura y sin discontinuidad, de la atmósfera retenida*. Lo que para el problema en cuestión quiere decir que la atmósfera continuaría indefinidamente en altura, sin mas diferencia con respecto á los dos casos antes discutidos, que la posible distinta composición química de los gases con la altura; cosa que ni afecta á los problemas aquí planteados ni tiene nada de improbable ni de inverosímil.

En cuanto al supuesto cuarto, *exige examinar y discutir cual puede ser la velocidad capaz de hacer desligar la atmósfera*, á determinada altura, por efecto de la reacción centrífuga de inercia, en relación con la velocidad de *traslación efectiva* que la atmósfera terrestre puede tener en cada capa ó nivel atmosférico. Velocidad de traslación, esta, estimada en el sentido de la rotación terrestre, que es la causante de la reacción de inercia ahora considerada.

Examinemos, pues, estas velocidades que son: 1.<sup>a</sup> velocidad que la atmósfera tomaría á diversas alturas, si estuviese invariable y rigi-

damente unida al núcleo sólido terrestre; á cuya velocidad denominaré *radial*; 2.<sup>a</sup> valores de las velocidades que á distintos niveles y en el sentido de la rotación terrestre, producirían la compensación de la acción de la gravedad con la reacción centrífuga de inercia, á cuya velocidad denominaré *velocidad centrífuga*; 3.<sup>a</sup> velocidad capaz de producir la separación de la atmósfera terrestre al llegar á determinada altura, por causa de la *suma* de la reacción centrífuga de inercia con la fuerza expansiva de los gases atmosféricos; velocidad que llamaré *centrifugo-expansiva* y 4.<sup>a</sup> velocidades que efectivamente tomará la atmósfera terrestre á diversas alturas; á cuya cuarta especie de velocidad denominaré *velocidad efectiva de traslación*, y veamos si estas velocidades son iguales, mayores ó menores que la velocidad centrifugo-expansiva.

Dicho esto y antes de continuar, observemos que solo en el caso de que la velocidad efectiva de traslación resulte mayor que la velocidad centrifugo-expansiva á alguna determinada altura, se podrá producir desligamiento de los gases á esa altura.

Examinemos, pues, y discutamos estas velocidades, y calculemos, luego y si es posible, sus diferentes valores.

12. Examen de las diferentes velocidades relacionadas con la rotación terrestre, que pueden influir en la estabilidad ó en la dispersión de la atmósfera de la Tierra. <sup>(1)</sup>

1.<sup>o</sup> *La velocidad efectiva de traslación de la atmósfera terrestre es igual ó inferior á todas las alturas á las velocidad radial.*

Como la velocidad desarrollada por la rotación terrestre sobre el ecuador es de 465 metros por segundo, y en la parte inferior de la atmósfera, esta sigue y acompaña, sensiblemente, al núcleo sólido, dicha velocidad de 465 metros por segundo es indudablemente la de conjunto de la atmósfera terrestre á la distancia de *un radio* del centro de la Tierra, en la banda inmediatamente situada sobre el ecuador.

Si la atmósfera terrestre estuviese invariable y rígidamente unida al cuerpo ó núcleo de nuestro planeta, las velocidades lineales de las diferentes capas atmosférica irían creciendo con la altura proporcionalmente á su distancia al centro de la Tierra; como ocurre, por ejemplo en un ventilador de paletas de los que espulsan el aire por efecto de la reacción centrífuga desarrolla por su rotación.

Esta es la velocidad que como antes dije llamaré *radial* en adelante. <sup>(2)</sup>

(1) Véase poco mas adelante, la figura 2.<sup>a</sup>

(2) Locución nueva.

Pero es claro que las cosas no pueden ocurrir de este modo en el aire atmosférico, porque el arrastre que pueden producir las capas inferiores de la atmósfera terrestre sobre las superiores, hará indudablemente que dichas velocidades crezcan con la altura, pero no tanto como la velocidad radial porque no dependiendo dicho arrastre mas que de la adherencia, viscosidad ó rozamiento interno de unas capas atmosféricas con otras en un fluido tan movil como lo es el aire—adherencia y arrastre que no es, ni remotamente, comparable á la rigidez con que se enlazan las diferentes partes de un cuerpo sólido—las velocidades de las capas atmosféricas sufrirán retraso considerable con respecto á las velocidades radiales correspondientes á las diferentes alturas, puesto que á la de la Luna y cualquiera que sea la densidad de la atmósfera terrestre á tal altura—y ya veremos que hasta allí llega—la velocidad de traslación de las capas atmosféricas estará limitada por la de la Luna, *igualándose allí con ella*; pues en otro caso la Luna sería empujada ó detenida en su marcha, por la atmósfera terrestre. Como seguramente habrá sucedido en el transcurso de los siglos hasta tanto que ambos movimientos (el lunar y el aéreo) hayan llegado á un acomodo y acoplamiento perfectos. <sup>(1)</sup>

Pero ademas, aunque no existiese la Luna la velocidad de traslación de la atmósfera terrestre, á la altura de nuestro satélite, sería la que este tiene, como inmediatamente quedará desmostrado (en 13—2.º) al examinar los valores de la velocidad centrífuga.

De modo que las velocidades efectivas de traslación de Oeste á Este de las diferentes capas atmosféricas, aunque crecientes con la altura (por lo menos en los niveles inferiores) serán siempre menores que las velocidades radiales correspondientes á dichas diversas alturas.

Es decir que: 1.º aunque en la parte inferior de la atmósfera terrestre aumentará con la altura la velocidad de las capas atmosféricas, este aumento y esta velocidad tienen que ser mucho menores que los que corresponderían á una atmósfera, por decirlo así, solidificada, que alcanzaría á la altura de la Luna la velocidad de 27.900 á 28.000 metros por segundo en vez de los 1023 á 1025 metros, en dicho tiempo, con que la Luna recorre su órbita, y 2.º A la altura de la Luna las velocidades de esta y del aire—si hasta allí llega—tienen que ser iguales. <sup>(2)</sup>

Segun esto tenemos dos velocidades registrables para la efectiva de la atmósfera terrestre: la deducida de la dimensión terrestre que es de 465 metros por segundo á nivel del mar, sobre el ecuador, y la, mas

(1) Esto quedó afirmado en la hipótesis 5.ª pag.ª 39 de la Memoria del eclipse de 1905.

(2) Los valores de las velocidades se encontrarán mas adelante.

que hipotética, segura, de 1025 metros en igual unidad de tiempo, á la altura de la Luna, puesto que efectivamente llega hasta allí la atmósfera terrestre.

2.º *La velocidad efectiva de traslación de la atmósfera terrestre tampoco excede de la velocidad centrífuga.*

Establecido lo anterior y antes de pasar adelante, repetiré que llamo *velocidad centrífuga* (\*) correspondiente á determinada altura sobre la superficie terrestre, á aquella velocidad de cualquier elemento material sólido, líquido ó gaseoso, en la trayectoria curvilínea del movimiento del mismo debida al de rotación al rededor del eje de la Tierra, para la cual la *reacción centrífuga de inercia* (\*) (ordinaria é incorrectamente llamada fuerza centrífuga) se iguala con la *intensidad de la gravedad* en dicha altura. Cuya velocidad es precisamente la de la Luna, porque dependiendo dicha velocidad solo de la distancia de cualquier cuerpo móvil al eje de rotación, es idéntica para todos los cuerpos que permanezcan en aquella órbita.

A esta altura y para la velocidad dicha, habrá *equilibrio dinámico* (\*) entre la gravedad y la reacción centrífuga de inercia, de tal modo que aumentando ligeramente la velocidad del supuesto punto se produciría alejamiento del mismo ó dilatación y dispersión de la masa fluida; y disminuyendo la velocidad, se produciría cierta aproximación ó contracción y comprensión.

Y dicho esto, hay que notar que las velocidades efectivas de traslación de las capas atmosféricas además de mantenerse siempre inferiores como acabo de demostrar, á las velocidades radiales, habrán de ser también menores ó á lo mas iguales, á las velocidades centrífugas correspondientes á las diversas alturas; pues en caso contrario habria un cierto nivel atmosférico ó altura de la masa gaseosa, en el que esta se desligaría de la parte inferior á ella.

Mas como en tal caso, la capa inmediatamente inferior á la fugada empujada por la presión interior, reemplazaría á esta con la consiguiente expansión de toda la masa gaseosa atmosférica inferior, y esta nueva capa sería á su vez dispersada y reemplazada por otra y otras, indefinidamente, hasta difundirse y perderse totalmente la atmósfera en el Espacio (lo que no ha sucedido en la Tierra ni en los planetas cuyas atmósferas han sido comprobadas) es claro que, como digo, las velocidades efectivas de las diferentes capas atmosféricas han debido quedar siempre á todas las alturas, iguales ó menores que las velocidades centrífugas.

Pero al llegar á la altura de la Luna indudablemente se igualan

(\*) Locución nueva

¿CUAL ES LA ALTURA DE LA ATMÓSFERA TERRESTRE?  
| como dije, en la pag.<sup>a</sup> 48 dichas velocidades, puesto que, 1.<sup>o</sup> á dicha altura la velocidad de la Luna en su órbita tiene que ser precisamente la de la velocidad centrífuga correspondiente á su distancia á la Tierra, ya que nuestro satélite ni cae sobre la Tierra ni se aleja tangencialmente de ella, indefinidamente, y 2.<sup>o</sup> porque, como antes quedó dicho, por extraordinariamente debil que se suponga la densidad atmosférica á alturas tales como la de la Luna, y por tanto por mínimas que fuesen las presiones aceleratrices ó retardatrices que la atmósfera produjese en el movimiento de la Luna, estas discrepancias de velocidad no podrían subsistir interminablemente, porque acumulandose su acción á perpetuidad, además de los efectos dichos de dilatación ó de contracción, vendrían á la larga á producir, repito, la acomodación de velocidades de la Luna y de la masa gaseosa que la pueda rodear, por enrarecida que esta sea; que es lo que indudablemente ha sucedido.

O dicho de otro modo aunque peque de pesadez: que la velocidad de traslación de una y otra á la altura en que desde época incalculable planea nuestro satélite, han tenido que venir á un acomodo y acoplamiento perfecto en el trascurso del Tiempo, con las velocidades centrífugas de la Luna y de la atmósfera terrestre asi como la de cualquier otro cuerpo, como consecuencia de la acción recíproca y mutua entre la atmósfera terrestre y la Luna; porque es la propia á la intensidad gravitatoria de la masa terrestre y porque por lo menos hasta dicha altura llega nuestra atmósfera, ya que *la velocidad de traslación de la atmósfera terrestre no puede exceder de la velocidad centrífuga que en dicha altura la equilibra exactamente, sin permitir su difusión.*

Mas allá de la Luna la velocidad de traslación de la atmósfera terrestre tiene que mantenerse sensiblemente igual á la velocidad centrífuga, siempre decrecientes ambas con la altura; puesto que no puede ser superior á esta porque en tal caso se habría producido la dispersión antes explicada; ni puede ser inferior puesto que el retraso de dicha velocidad respecto á la velocidad centrífuga, á cualquier altura, implicaría otro en las velocidades de las capas inferiores y por tanto á nivel de la Luna, y con esto un retraso en el movimiento lunar hasta llegar á la concordancia de velocidades, inevitable, dicha, y á la velocidad con que la Luna efectivamente se traslada.

3.<sup>a</sup> *La velocidad efectiva tampoco puede ser superior á la velocidad centrifugo-expansiva.*

Como antes dije denomino así á la velocidad en que, á cada altura, se iguala en intensidad la gravedad con la *suma* de la reacción centrífuga de inercia y la fuerza expansiva de los gases atmosféricos; velocidad que necesariamente es, á cada altura, inferior ó á lo mas igual que la velocidad centrífuga á dicha altura puesto que á la reacción de

inercia correspondiente á esta, se ha de sumar la fuerza expansiva de los gases para igualar á la acción de la gravedad, invariable esta para cada altura; como así mismo es invariable para cada altura, la velocidad centrífuga.

Esta velocidad centrífugo-expansiva que es inferior entre la Tierra y la Luna á la velocidad centrífuga por las mismas razones dichas al hablar de esta (pág.<sup>a</sup> 49) se iguala á la velocidad centrífuga y á la efectiva al llegar á la altura de la Luna porque como á todas las alturas ha de tener un valor intermedio entre la velocidad centrífuga y la velocidad efectiva de la atmósfera y estas dos últimas se igualan al llegar á nivel de la Luna (pág.<sup>a</sup> 50), la velocidad centrífuga-expansiva resulta, como digo, igual á las aquí nombradas, al llegar á la distancia á que la Luna describe su órbita.

4.<sup>a</sup> *Velocidad efectiva*—Esta (es decir, la que realmente corresponde á cada altura de la atmósfera terrestre, necesariamente, por lo dicho, inferior á las tres anteriormente consideradas, á todos los niveles por bajo de la Luna) se iguala como digo, con las dos (2.<sup>a</sup> y 3.<sup>a</sup>, anteriores, á la altura lunar, puesto que conservándose inferior á estas por bajo de la Luna, se ha de acomodar como ellas á la de nuestro satélite sobre la trayectoria de este; por no ser posible, como quedó probado, desacuerdo alguno de velocidades á dicha altura ó nivel.

Pero como para completar la discusión de lo que estoy tratando importa mucho precisar los valores que las velocidades *radial*, *centrífuga*, *centrífugo-expansiva* y *de traslación efectiva* de nuestra atmósfera, alcanzan á diversas alturas, conviene conocer numéricamente y representar gráficamente, dichas velocidades, que pueden calcularse *grosso modo* de la manera siguiente, comparando además entre sí las curvas representativas de las mismas, dibujadas con arreglo á los principios de la Geometría Analítica en la figura 2.<sup>a</sup> trazada en escala de dos milímetros por cada radio terrestre de altura, medidos estos en dirección vertical, y un centímetro por cada mil metros de velocidad, medidas las velocidades en dirección horizontal.

### 13. Cálculo de las susodichas velocidades. (Fig.<sup>a</sup> 2.<sup>a</sup> pág.<sup>a</sup> 56).

#### 1.<sup>o</sup> *Cálculo de las velocidades radiales.*

Siendo las velocidades radiales proporcionales á las distancias al eje de rotación podrán representarse gráficamente por medio de la recta OR que partiendo del centro de rotación terrestre, correspondiente sobre la figura, al origen O, de coordenadas, se separe 465 metros del eje vertical OY de la figura, á la altura sobre O, de un radio terrestre, ó 6975 metros á la altura de 15 radios,

¿ CUAL ES LA ALTURA DE LA ATMOSFERA TERRESTRE? —

¿CUAL ES LA ALTURA DE LA ATMÓSFERA TERRESTRE?

Estas velocidades, calculables por la fórmula

$$465 \times R$$

en la que R se estima en *radios terrestres* contados desde el eje de rotación, estan por consiguiente dadas sobre la figura por las distancias de los puntos de la recta OR al eje vertical OY á las diversas alturas, y resultan ser:

De 465 metros por segundo á nivel del mar, sobre el ecuador.

De 488 metros á 320 kilómetros de altura sobre el mar ó sea un vigésimo del radio terrestre.

De 1023 metros á 2'2 radios del eje terrestre ó lo que es lo mismo á 7644 metros de altura sobre el nivel del mar en el plano del ecuador. Es decir que á esta altura, la velocidad radial correspondiente á la rotación terrestre, es igual á la velocidad media de traslación de la Luna sobre su órbita, que luego calcularé.

A cinco radios 2325 metros.

A seis radios terrestres del eje de rotación de la Tierra ó sean 31850 kilómetros sobre el nivel del mar, en el ecuador, la velocidad radial es de 2790 metros por segundo.

A siete radios ó sean 38220 kilómetros sobre el mar, la velocidad radial es de 3255 metros.

Y á la altura de la Luna (60 radios) la velocidad radial alcanza el valor de 27900 metros por segundo.

### 2.º Cálculo de las velocidades centrífugas.

Recordaré que denomino *velocidad centrífuga* de un punto material sometido á la acción gravitatoria de la Tierra, á aquella velocidad para la cual la *reacción centrífuga de inercia* (1) se iguala con la fuerza de la gravedad.

Para determinar los valores de estas velocidades es necesario acudir al empleo de algunas fórmulas nuevas, planteando el problema de la manera siguiente.

Como la cuestion enunciada significa que hay que deducir una fórmula que enlace ó relacione las alturas, con las velocidades de traslación de una supuesta masa atmosférica (ó de otra especie) sobre la base de que la *atracción terrestre* y la *reacción centrífuga de enercia*, aunque variables ambas con la altura sean iguales entre si en cada una de estas alturas, puede hallarse esta fórmula del siguiente modo.

Representando por *D* la distancia entre el eje de rotación terrestre y la masa móvil *a*; por *v* la velocidad tangencial de esta masa, por *M* la masa de la Tierra y por *k* un cierto coeficiente constante cuyo valor,

(1) Páginas 47 y 49.

como se verá, no interesa conocer, inmediatamente notaremos que según las leyes y fórmulas conocidas, se tiene para la

Acción de la gravedad entre  $M$  y  $a$ , el valor . . . . .  $k \cdot \frac{M \cdot a}{D^2}$

Y para la reacción centrífuga de inercia de la masa  $a$  . . . . .  $\frac{a \cdot v^2}{D}$

en cuyas fórmulas se observa que tanto la atracción como la reacción centrífuga de inercia debida á la rotación de la atmósfera terrestre, decrecen ambas ilimitada aunque desigualmente, con la distancia al eje de rotación de la Tierra.

La diferencia de estos valores dará el *peso efectivo* de la masa  $a$  que en adelante llamaré *masivo*; es decir, que se verificará

$$\text{Peso } P = k \cdot \frac{M \cdot a}{D^2} - \frac{a \cdot v^2}{D} \dots \dots \dots (2)$$

fórmula que utilizaré nuevamente mas lejos.

Y como la relación que buscamos ha de satisfacer á la condición de que las dos fuerzas aquí consideradas (gravedad y reacción de inercia) sean iguales á todas y en cada una de las distancias al eje de rotación, ó sea que la velocidad del aire sea suficiente en cada distancia para compensar la acción atractiva, quedando anulado el peso, llegaremos á la fórmula deseada haciendo  $P = 0$  en la ecuación anterior; ó lo que es lo mismo, igualando entre sí los valores de los dos términos que entran en ella; hecho lo cual y quitando denominadores, tendremos

$$k \cdot M = D \cdot v^2$$

con independencia de  $a$ ; ó sea para todo y cualquier valor de  $a$ , puesto que esta cantidad resulta ser un factor comun á los numeradores de los valores igualados.

Notemos, ademas, que el primer miembro de la anterior igualdad es constante para la Tierra por ser constantes sus dos factores, luego

$$k \cdot M = D \cdot v^2 = \text{constante} \dots \dots \dots (3)$$

es la relación buscada, que enlaza las velocidades centrífugas con las distancias al eje de rotación; faltando solo determinar el valor de esta constante que es igual, como vemos, al producto  $D \cdot v^2$ .

A esto queda reducido ahora el problema, que lograremos resolver si conseguimos determinar el valor de esa constante por una sola vez y para una cierta pareja, cualquiera, de los valores de  $v$  y  $D$  en que la condición de igualdad entre la atracción y la reacción centrífuga de inercia, seguramente se verifique; con lo cual tendremos establecida y firme la fórmula y relación que buscamos.

¿CUAL ES LA ALTURA DE LA ATMOSFERA TERRESTRE?

Hay que partir, pues, para esto de una

### BASE DEL CÁLCULO

¿CUAL ES LA ALTURA DE LA ATMÓSFERA TERRESTRE?

que puede ser la siguiente:

Puesto que á la altura en que la Luna se mueve, ó sea á la distancia á que el centro de esta se halla del eje de la Tierra, estas dos fuerzas (la atracción y la reacción centrífuga de inercia de la Luna, marchando sobre su órbita) es evidente que se igualan—pues en caso contrario ó caería la Luna hacia la Tierra, si la gravedad dominase, ó se alejaría la Luna de la Tierra, lanzándose al Espacio, si la reacción centrífuga de inercia de la Luna fuese mayor que la acción gravitatoria producida entre la Tierra y su satélite—puesto que á esta altura, digo, se igualan dichas fuerzas, tendremos la base de cálculo necesaria, ó sea un modo de determinar el valor de la constante de la ecuación,  $D \cdot v^2 = \text{constante}$ , reemplazando en ella los valores fácilmente determinables para este caso, de  $v$  y  $D$ ; cuyos valores se deducen de la manera siguiente:

El de  $D$ , distancia media entre la Tierra y la Luna, es poco variable alrededor de 60 radios del globo sólido terrestre, siendo este radio de 6370 kilómetros, próximamente.

En cuanto el valor de  $v$  se deduce del hecho de observación de que la Luna da una vuelta en su órbita en 27'3 días y de la distancia conocida entre la Tierra y la Luna, antedicha.

Segun esto, un punto del ecuador terrestre da 27'3 vueltas mientras la Luna solo da una en su órbita, de modo que la velocidad angular del movimiento lunar en su órbita es  $\frac{1}{27'3}$  del de la rotación terrestre.

En cuanto á la relación de velocidades entre la de traslación de la Luna y la de un punto del ecuador terrestre, se deduce de la velocidad angular multiplicando el valor de esta por la relación entre los radios de la órbita lunar y el radio terrestre; es decir, por 60.

De donde  $60 : 27'3 = 2'2$

resulta resulta ser la relación entre la velocidad de traslación de la Luna en su órbita y un punto del ecuador terrestre.

Y como este recorre 465 metros por segundo, la velocidad de traslación de la Luna será

$$v = 465 \times 2'2 = 1023 \text{ metros por segundo}$$

y por tanto

$$v^2 = 1.046529$$

Substituyendo, ahora, estos valores de  $v^2$  y  $D$ , hallados para el movimiento equilibrado de la Luna <sup>(1)</sup> en la ecuación (3) tendremos

$$k. M = D. v^2 = 60 \times 1046529 = 62791740$$

es decir, que la constante buscada es 62.791.740.

Nota.—Este es un número importante que volverá á ser utilizado en lo sucesivo con la inicial G.

Una vez encontrado el valor de la constante al que es igual el producto  $D. v^2$ , podemos calcular las velocidades centrifugas despejando en la fórmula anterior el valor de  $v$ , que resulta ser

$$v = \sqrt{\frac{62791740}{D}} \dots \dots \dots (4)$$

y para el cálculo de  $v$ , por logaritmos,

$$\log. v = \frac{1}{2} (\log. 62791740 - \log. D) = 3'898945 - \frac{1}{2} \log. D. \dots \dots (5)$$

por medio de cuya fórmula están calculados los valores siguientes para las velocidades centrifugas de masas materiales sólidas, líquidas ó gaseosas situados á diversas distancias del eje de rotación terrestre estimadas en radios de 6370 kilómetros, en que se igualan la atracción y la reacción centrifuga de inercia de dichas supuestas masas gaseosas ó de cualquiera otra especie, material.

Alturas en radios terrestres de 6370 kilómetros	Velocidades en metros por segundo	Alturas en radios terrestres de 6370 kilómetros	Velocidades en metros por segundo
1 nivel del mar . . . . .	7924	15 . . . . .	2046
2'2 . . . . .	5342	30 . . . . .	1447
5 . . . . .	3543	45 . . . . .	1181
6 . . . . .	3235	60 distancia de la Luna . .	1023
7 . . . . .	2995	75 . . . . .	915
10 . . . . .	2506	Creciente.....	Decreciente

Como comprobación de que el valor dado á la constante  $G = k.M$  es bueno, observemos que si en la conocida fórmula

$$C = \frac{P. v^2}{g. r}$$

(1) Con otras bases de cálculo obtendríamos 1025 metros por segundo para la velocidad de la Luna; pero estas pequeñas diferencias en números que no son mas que aproximados, no afectan á las consecuencias y conclusiones que voy á establecer.

¿CUAL ES LA ALTURA DE LA ATMÓSFERA TERRESTRE?



los niveles bajos, siendo despues cada vez menores las velocidades y el decrecimiento de la velocidad centrífuga, á medida que las distancias al eje de rotación, de las masas consideradas, aumentan; sin que llegue á anularse en ninguna distancia, el valor de la velocidad centrífuga de la masa (gaseosa ó no) sometida al movimiento de trans-rotación, porque para esto seria necesario hacer infinita á  $D$ , en la fórmula  $D.v^2 = \text{constante}$ .

O lo que es lo mismo; que el eje vertical OY de la figura resulta ser asíntota de la curva CPL indicadora de las velocidades centrifugas. Lo que significa, dicho en lenguaje vulgar, que por muy grande que sea la distancia de la masa atmosférica considerada, al eje de rotación, siempre habrá un valor de  $v$ , finito, para la velocidad centrífuga, por bajo del cual la atracción retendrá gravitatoriamente, á la masa gaseosa, cualquiera que sea la dilatación y enrarecimiento de esta.

Importa hacer constar, antes de terminar estas consideraciones relativas á la velocidad centrífuga, que, creciendo la velocidad radial y decreciendo la centrífuga á partir del eje de rotación, ambas pasan en el punto P, de intersección de las líneas representativas sobre la figura de dichas velocidades, por valores iguales (el uno al otro) de 3079,4 metros por segundo á poco mas de 6,62<sup>(1)</sup> radios de distancia á dicho eje. Lo que significa que aunque la atmósfera terrestre siguiese á todas alturas la velocidad de rotación de la Tierra (lo que seguramente no sucede) la reacción centrífuga desarrollada no sería suficiente, por si sola, para desligarla de su parte inferior, por bajo de la altura de  $6370 \times 5'6226 = 35816$  kilómetros, próximamente, sobre la superficie del mar y en el ecuador.

Demostrando esto cuan equivocados estan los que piensan que la fuerza centrífuga limitará la atmósfera terrestre á una altura muy inferior á esta de cerca de *treinta y seis mil* kilómetros, que coincide con la que, con relación al antiguo director del Observatorio Astronómico de Madrid, D. Antonio Aguilar, se consigna en la página 35 de mi Memoria del eclipse de 1905.

### 3.ª Cálculo de las velocidades centrifugo-expansivas.

Recordaré que denomino así á las velocidades de traslación en sentido rotatorio, necesarias para que sumada la presión ó fuerza expansiva de los gases con la reacción centrífuga de inercia, iguale esta suma á la acción, contraria á ellas, de la gravedad.

Se acaba de ver que la reacción centrífuga de inercia no puede por si sola desligar los gases atmosféricos del núcleo sólido terrestre á nin-

(1) A 6'6226 radios, según las fórmulas.

¿ CUAL ES LA ALTURA DE LA ATMÓSFERA TERRESTRE? —

¿CUAL ES LA ALTURA DE LA ATMÓSFERA TERRESTRE?  
| guna altura, con tal de que la velocidad de traslación de los mismos  
decrezca suficientemente con la distancia de la capa de ellos considera-  
da, al eje de rotación; y tambien que esta condición se cumple necesari-  
amente en la atmósfera terrestre, *por lo menos* hasta la altura de la  
Luna.

Mas como la reacción centrífuga de inercia no actua sola para con-  
trarrestar la acción de la gravedad, estamos en el caso de examinar el  
5.º supuesto del num.º 11 relativo á las causas que pudieran dar lugar  
al desligamiento de los gases al llegar á determinada altura (si efectiva-  
mente tal desligamiento se produjese) formulando la siguiente pre-  
gunta:

¿Pueden la reacción centrífuga de inercia y la fuerza expansiva de  
los gases, sumadas, vencer á la gravedad á distancia suficientemente  
grande de la Tierra?

La esperiencia demuestra que, por lo menos á las mayores distan-  
cias á que han podido estenderse las observaciones y las experimenta-  
ciones por medio de cometas y de globos-sondas, estas fuerzas, con-  
trarias á la acción gravitatoria, no han sido capaces de producir la dis-  
persión de nuestra atmósfera.

Pero como es opinión general que la atmósfera terrestre tiene una  
altura limitada,  $X$ , por encima de la cual reina el vacío, ó á lo menos la  
total carencia de gases materiales, y esta cuestión es de interes capital  
para resolver el problema de la existencia de atmósfera en la Luna, se  
hace indispensable examinar previamente el acabado de enunciar que  
exije el establecimiento de una relación entre la altura y la velocidad de  
traslación de la atmósfera terrestre, sobre la base de que á cualquier al-  
tura haya igualdad entre la intensidad de la gravedad y la suma de la  
reacción centrífuga de inercia con la fuerza expansiva de los gases á  
dicha altura.

Calculemos, pues, en función de la altura, ó distancia  $D$  al eje de  
rotación y en el caso mas desfavorable, que corresponde á las masas  
de aire situadas en el plano del ecuador terrestre, los valores de la ac-  
ción de la gravedad, la presión de los gases y la reacción centrífuga de  
inercia; recordando que la acción de la gravedad es, como se sabe y  
tantas veces ha quedado dicho aquí, proporcional á la cantidad de aire  
contenida en la unidad de volumen de este é inversamene proporcional  
al cuadrado de la distancia de cada capa atmosférica al centro de la  
Tierra é igual á una cantidad  $P=G:D^2$  (pag.ª 38), en cuya igualdad  $G$   
es constante por ser únicamente dependiente de la masa de la Tierra, de  
la unidad de masa  $m=a$ , del aire y de un coeficiente invariable.

En cuanto á la presión de los gases á determinada altura depende  
de una cierta presión inicial y coeficiente  $e$  y varia en proporción inver-

sa á la supuesta dilatación y volumen de la masa gaseosa esférica, cuyo volumen depende del cubo del radio de esa esfera, radio que es precisamente la distancia  $D$  de las fórmulas anteriores, de tal modo que (como quedó dicho en el num.º 10, página 57) el producto  $p.r^3$  ó  $p.D^3$ , en el que  $p$  representa la presión gaseosa, se conserva constante é igual á  $e$ . (\*)

La relación de la intensidad de la reacción centrífuga de inercia, con la altura, ha quedado repetidamente consignada en las páginas anteriores; por consiguiente tenemos todos los elementos necesarios para plantear y resolver el problema actual.

Llamemos, pues:

$M$  = masa de la Tierra

$m = a = 1$  = unidad de masa de la atmósfera.

$D = r$ , distancia de la masa  $m$  al eje de la Tierra.

$\frac{G}{D^2}$  = Fuerza ó acción de la gravedad =  $P$ .

$\frac{e}{D^3}$  = Fuerza expansiva de los gases atmosféricos =  $p$ .

$\frac{c.v^2}{D}$  } Fuerza efectiva de la reacción centrífuga de inercia de los gases, en este caso menor que en el anteriormente considerado, en lo que vale la fuerza expansiva; ó á lo mas igual á la correspondiente á la velocidad centrífuga antes calculada (núm. 13, ecuación 3), si la presión de los gases llega á quedar equilibrada por alguna fuerza exterior.

Con estos datos calculemos la distancia á que se equilibrarian la suma de la fuerza expansiva de los gases y la reacción centrífuga, con la fuerza de la gravedad, mediante la igualdad

$$\frac{e}{D^3} + \frac{c.v^2}{D} = \frac{G}{D^2}$$

que se transforma en

$$c.v^2.D^2 - G.D + e = 0 \dots\dots\dots (6)$$

ecuación de 2.º grado, tanto con respecto á  $v$  como á  $D$ , en la que se ve en el supuesto presente (en el que se hace intervenir la fuerza expansiva de los gases y la reacción centrífuga de inercia contra la gravedad) que la velocidad centrífuga-espansiva resulta decreciente á medida que la altura aumenta, como en el caso anterior en que no se hizo intervenir la fuerza expansiva de los gases; pero menos rápidamente, porque en aquel caso se tenia, ecuación (3) página (53).

$$v^2 = \frac{1}{D} . G$$

(\*) Véase aquí la necesidad de acentuar la conjunción ó.

¿CUAL ES LA ALTURA DE LA ATMÓSFERA TERRESTRE?

siendo G la constante k.M, y ahora se tiene

$$v^2 = \frac{1}{D} \cdot \frac{1}{e} \left( G - \frac{e}{D} \right) \dots \dots \dots (7)$$

en cuya fórmula el factor  $\frac{1}{e} \left( G - \frac{e}{D} \right)$  no es constante, sino que aumenta con la altura (por disminuir el término sustrativo  $\frac{e}{D}$  á medida que D crece) pero proporcionalmente menos el crecimiento de este que el decrecimiento del otro factor  $\frac{1}{D}$ .

De manera que en el presente caso, y contra lo que parece que debia esperarse, la velocidad centrifuga expansiva decrece menos rápidamente con la altura, que en el anteriormente considerado, en el que no se hizo intervenir la presión de los gases.

Es decir; que esta presión se hace sentir mas en los bajos niveles de la atmósfera, lo que esplica los resultados á que vamos á llegar.

Esta consecuencia, á primera vista sorprendente, se justifica sin embargo, observando que si bien la fuerza expansiva de los gases se suma á la centrifuga en el caso de ahora, esta fuerza expansiva que es fuerte para los diámetros y niveles pequeños, no decrece en relación inversa de la distancia como la reacción centrifuga, ni del cuadrado de esta como la gravedad, sino mas rápidamente y segun la inversa del cubo de la distancia ó radio de la esfera formada por la masa gaseosa que constituye la atmósfera.

Y como á la altura de la Luna la velocidad en uno y en otro caso tiene que ser idéntica á la de este cuerpo por las razones tantas veces dichas, resulta que la velocidad de difusión es, en el presente caso, menor á todas las alturas inferiores á los 60 radios terrestres á que se encuentra la Luna; lo que sobre la figura 2.<sup>a</sup> se significa por medio de la curva FNE interior á la de las velocidades centrifugas simples, ó sea sin intervención, estas, de la fuerza expansiva de los gases.

Resolviendo la ecuación (6) con respecto á D, se obtiene

$$D = \frac{G \pm \sqrt{G^2 - 4.e.c.v^2}}{2.e.v^2} \dots \dots \dots (8)$$

cuya fórmula da *dos series* de valores para D para cada uno de los valores de v, siempre que la cantidad subradical no sea cero; y uno solo y único, cuando dicha cantidad subradical es cero; es decir, cuando

$$G^2 = 4.e.c.v^2$$

de donde

$$v^2 = \frac{G^2}{4.e.c} \quad \text{ó bien} \quad v = \frac{G}{2\sqrt{e.c}} \dots \dots \dots (9)$$

quedando el valor único de  $D$  reducido en este caso á

$$D = \frac{G}{2 \cdot c \cdot v^2}$$

en el que sustituido el valor de  $v^2$  correspondiente (9) se obtiene

$$D = \frac{G}{2 \cdot c} \cdot \frac{4 \cdot e \cdot c}{G^2} = \frac{2 \cdot e}{G} \dots \dots \dots (10)$$

Las fórmulas (9) y (10) nos dan, pues, el par de valores de  $v$ , y  $D$ , correspondientes al mayor valor de  $v$  y al menor de  $D$ , en la serie de los de  $D$ , resultante de tomar con el signo + el radical del numerador en la fórmula (8).

Los demás valores de  $D$  en esta serie, corresponden á los valores menores de  $v$  que el dado por la fórmula (9) y crecen indefinidamente á medida que  $v$  decrece; llegando á la espresión

$$D = \frac{G + \sqrt{G^2 - 0}}{2 \cdot c \cdot v^2} = \frac{2 \cdot G}{0} = \text{infinito}$$

cuando  $v = 0$ . Lo que quiere decir en language vulgar, que siempre habrá una altura suficientemente grande, *pero determinada*, en la que la fuerza de la gravedad retenga los gases á pesar de sumarse la acción centrífuga á la fuerza expansiva de los gases, con tal de que la velocidad de traslación de estos, decreciendo á medida que la altura crece, se mantenga inferior ó á lo mas igual al valor dado por la fórmula (7).

Y como la tantas veces considerada velocidad tiende á decrecer ilimitadamente, primero hasta acomodarse á la velocidad de la Luna y despues para ir aproximándose á la relativa quietud del medio interplanetario, cualquiera que él sea, como la misma fórmula (7) indica, jamas se producirá la dispersión ni la limitación de la atmósfera terrestre, por causa de la reacción centrífuga de inercia ni por esta sumada con la presión de los gases; que es lo que en el Estudio presente interesa.

O dicho muy clara y terminantemente: Las ecuaciones y los razonamientos anteriores, basados en las leyes y fórmulas astronómicas y físicas conocidas, prueban sin género alguno de duda, que la atmósfera terrestre llega á la Luna y excede de su altura, por muy enrarecida y dilatada que en tales regiones puede estar.

Esto es lo previsto por mí en la hipótesis 2.<sup>a</sup> de la página 58 de la Memoria publicada con motivo del eclipse de Sol de 1905 y dedicada á la Real Academia de Ciencias de Madrid. Y como no puede negarse ni aun se puede olvidar que sin perjuicio de lo que en regiones espaciales extraordinariamente alejadas de la Tierra pueda ocurrir, rigen en nuestro sistema planetario las leyes de Newton y de Mariotte, asi como la expresada por la

¿CUAL ES LA ALTURA DE LA ATMOSFERA TERRESTRE?

ecuación que da los valores de las reacciones centrífugas de inercia, sobre cuyos elementos de cálculo y por los procedimientos y desarrollos perfectamente correctos, he llegado á la anterior conclusión como resultado de la larga digresión que empezó en el núm.º 11, página 44, es evidente, que

1.º Ni los gases atmosféricos pueden difundirse en el Espacio por mucho que se extienda la atmósfera terrestre, ni la gravedad limita tampoco la atmósfera á ninguna altura, pues solo produce el efecto de determinar y mantener un estado de densidad gaseosa particular para cada altura, tambien determinada.

2.º Es completamente inadmisibile el supuesto de que el movimiento de traslación de la atmósfera, debido á la rotación terrestre, siga á todas alturas con la misma velocidad angular que el núcleo sólido de la Tierra: pues lo que seguramente ocurre por las razones tantas veces repetidas, y de acuerdo con la hipótesis 5.ª de la página 39 de la citada Memoria del eclipse de 1905, es que dicha velocidad angular va decreciendo con la altura hasta acomodarse con la de la Luna á la altura en que esta se mueve en derredor de la Tierra.

y 3.º Entre un estado cualquiera de densidad atmosférica y el vacío absoluto que pudiera suponerse á partir de determinada altura sobre la Tierra, no puede pasarse de un modo brusco y por salto. De donde se deduce que el decrecimiento de la densidad y presión atmosférica con el consiguiente aumento en la altura, no tiene mas limitación que el encuentro de un estado de presión determinada de esta con uno igual procedente de otra atmósfera (en este caso con la presión de la atmósfera de la Luna, la existencia de cuya atmósfera queda aquí probada) *á con la del medio ó fluido material que llene el espacio interplanetario.*

#### 14 Luego la Luna tiene atmósfera.

Consecuencia resultante de la anterior larga digresión y de las consideraciones y cálculos anteriores que nos han conducido á tal afirmación en esta Segunda Parte, cuyo resumen es el siguiente:

1.º Los volcanes de la Luna han arrojado, seguramente una inmensa cantidad de gases y vapores.

2.º Estos gases y vapores no han podido desvanecerse en el Espacio.

3.º Ni han podido ser totalmente absorbidos por la Tierra.

4.º Si hubieran sido absorbidos por el cuerpo sólido de la Luna hubiesen sido reemplazados por parte de los gases de la atmósfera terrestre que llega y pasa mas allá de nuestro satélite.

y 5.º Luego la Luna tiene una dilatada atmósfera cuyo diámetro, constantemente variable (como tambien es variable el de la atmósfera terrestre) no es menor de doce y medio radios del núcleo sólido de la Tierra, calculado

como un mínimo correspondiente á una situación estática del par Tierra-Luna en la página 37 de mi Memoria del eclipse de 1905.

Pero ya se verá que es notablemente mayor, dicho diámetro, que la cifra aquí consignada.

Sentada esta última conclusión, que es el objeto principal de esta Segunda Parte, terminaré el estudio de las velocidades centrífugo-espansivas de la atmósfera terrestre, calculando los valores de las correspondientes á diferentes alturas, que nos darán la curva representativa de estos.

15 *Valores de las velocidades centrífugo-espansivas á diversas alturas.*

Hemos encontrado para expresión de la velocidad centrífugo-espansiva, en general, la fórmula (7), página 60

$$v^2 = \frac{1}{D} \cdot \frac{1}{c} \left( G - \frac{e}{D} \right) \dots \dots \dots (7)$$

que relaciona sus valores con los de  $D$ , mediante la intervención de la constante  $c$  para la fuerza centrífuga,  $G$  para la gravedad y  $e$  para la fuerza espansiva de los gases, y parece que sin conocer estas constantes para el caso de la Tierra y de la atmósfera terrestre, no podremos llegar á utilizar dicha fórmula.

No obstante y gracias á lo que podríamos denominar *maravillas del cálculo algebraico*, llegaremos á obtener cuantos valores particulares de  $v$  queramos, en función de la altura  $D$ , con tal de que *en un solo caso* tengamos modo de conocer los valores de  $v$  y  $D$  que se corresponden; lo que nos permitirá sustituir la intervención de las tres constantes por un solo coeficiente constante tambien,  $q$ , que vamos á determinar del modo siguiente.

Como las unidades de medida en que se pueden expresar las constantes  $c$ ,  $G$ ,  $e$ , son independientes y arbitrarias, supongamos espresadas estas constantes en unidades tales que aplicadas á la fórmula en cuestión sean las necesarias para que mediante la intervención del nuevo coeficiente único  $q$ , los valores de  $c$ ,  $G$ ,  $e$ , que entran en la fórmula (7) resulten dados por las igualdades  $c=1$ ;  $G=1$  y  $e=1$ ; con lo que la dicha fórmula se simplificará y reducirá á

$$v = q \cdot \sqrt{\frac{1}{D}} \cdot \sqrt{\frac{D-1}{D}} = q \cdot \frac{\sqrt{D-1}}{D} \dots \dots \dots (11)$$

en la que el coeficiente constante  $q$  se puede determinar por medio de esta otra fórmula, deducida de ella

$$q = \frac{D \cdot v}{\sqrt{D-1}} \dots \dots \dots (12)$$

si, como se hizo en el caso de la velocidad simplemente centrífuga, tenemos

modo de conocer para un solo caso particular. los valores de  $v$  y  $D$  que se corresponden en tal caso.

Pero como á la altura de la Luna  $v=1023$  m. y  $D=60$  radios terrestres no tenemos mas que sustituir estos valores en la fórmula (12) para conocer el de  $q$  que nos va á servir, en adelante para todos los demas casos y valores de  $v$ .

Calculado de este modo el valor de  $q$  por logaritmos, resulta ser =7992; cuyo valor aplicado á la fórmula general (11) y preparada para el cálculo logarítmico da

$$\log v = \log 7992 + \frac{1}{2} \log (D - 1) - \log D$$

$$\text{ó sea} \quad \log v = \frac{1}{2} \log (D - 1) + 3.902655 - \log D \dots \dots \dots (13)$$

por medio de la cual estan determinadas las siguientes

*Velocidades centrifugo-espansivas*

Alturas en radios de 6370 kiló-metros	Velocidades en metros por segundo	Alturas en radios de 6370 de kiló-metros	Velocidades en metros por segundo
2 . . . . .	4000 (*)	30. . . . .	1435 .
5 . . . . .	3196	45. . . . .	1178
6 . . . . .	2978	54. . . . .	1077
7 . . . . .	2794	60. . . . .	1023
10. . . . .	2397	75. . . . .	916
15. . . . .	1993	Creciente. . . . .	Descreciente

La curva FNE de la figura 2.<sup>a</sup> está trazada con arreglo á estos números, segun las escalas adoptadas en ella, con objeto de dar á la misma proporciones cómodas; pues si se hubiesen medido las alturas, en radios, con la misma escala que las velocidades, en kilometros, hubiera resultado dicha figura escesivamente alargada.

Comparando los números de la anterior tabla con los de la página 55 (13), así como las curvas LNE y LPC correlativas á ellas, se observa como ya estaba previsto en las páginas 50 y 51 (12) que las velocidades que á diferentes alturas serian capaces de hacer deslizar la atmósfera terrestre, lanzándola en el Espacio, son menores *por bajo de la Luna*, en el caso actual, en que se suma la fuerza expansiva de los gases á la reacción centrifuga de inercia, que en el de actuar sola esta última, únicamente aplicable al lanzamiento de sólidos y líquidos; pues mientras á la altura de dos radios la velocidad centrifuga es de 5603 metros por segundo, la velocidad centrifugo-espansiva es tan solo de 4000 metros á la misma altura, suficientes estas en uno y otro caso, para proyectar los gases atmosféricos, si pasasen de dichas velocidades.

(\*) Exactamente 3996.

Es claro que siendo esta velocidad de 4000 metros (ó mas exactamente 3996 metros por segundo) la máxima á dos radios de altura, y 1023 la correspondiente á sesenta radios, las demás velocidades correspondientes á alturas intermedias quedarán comprendidas entre estas, como se observa en la anterior tabla y se representa en la figura 2.<sup>a</sup>

En este caso, como en el de la velocidad exclusivamente centrífuga, decreciendo la centrífugo-expansiva y creciendo la radial, con la altura, se igualan ambas al nivel de 6'287 radios á partir del eje de rotación, en el punto N de la figura 2.<sup>a</sup> en que ambas velocidades pasan por el valor de 2923 metros por segundo, correspondiente á la intersección de la recta OR con la curva LNE.

Como comprobación de que el artificio que permitió el cálculo de estas velocidades centrífugo-expansivas (página 63) fué acertado, obsérvese que puesto que las velocidades centrífugo-expansivas decrecen menos rápidamente que las simplemente centrífugas por bajo del nivel de la Luna, es claro que pasada esta, las primeras han de exceder á las segundas, de las aquí nombradas; y que, por tanto, las curvas LNE y LPC deben cruzarse en L bajo un ángulo muy agudo si el artificio por el cual quedaron sustituidos los coeficientes  $c$ ,  $G$  y  $e$  por un solo coeficiente  $q$ , es válido. Y, en efecto, mientras que la velocidad centrífuga resultó de 915 metros á los 75 radios de distancia al eje de rotación terrestre, la velocidad centrífugo-expansiva á la misma altura, ha resultado ser 916 metros; es decir un poco mayor, como debe ser, puesto que la presión de los gases hacia afuera, allí, debe equilibrarse con la del medio interplanetario y el peso de este, hacia la Tierra.

Pero este ángulo es estremadamente aguda como se deduce de la figura 2.<sup>a</sup> y resulta del cálculo que da el siguiente valor para la tangente de dicho ángulo, que llamaré  $i$ , siendo 15 el número de radios terrestres que median entre la altura de 75 y el punto de cruce L, á la altura de 60 radios.

$$\text{Es decir: } \operatorname{tag} i = \frac{916-915}{15 \times 6370 \text{ km}} = \frac{1}{95\,550.000} = 0'00000001 \text{ próximamente}$$

#### 16. 4.<sup>a</sup> Valores de las velocidades atmosféricas de traslación efectiva.

Veamos ahora cuales pueden ser las velocidades de traslación, efectiva, de la atmósfera terrestre á diferentes alturas partiendo de dos números seguros: el de 465 metros por segundo á nivel del mar, sobre el ecuador, y el de 1023 metros á la altura de la Luna.

Por las razones tantas veces repetidas (12. pág.<sup>a</sup> 47) es evidente que las velocidades de traslación efectiva de la atmósfera no exceden, ni siquiera alcanzan en ninguna altura inferior á la de la Luna, á la velocidad centrífugo-expansiva acabada de calcular para cada nivel.

Pero es por otra parte indudable que la velocidad de traslación efectiva de la atmósfera terrestre es inferior á todas alturas á la centrifugo-expansiva, puesto que la densidad y presión atmosférica va en aumento de arriba abajo. En efecto: si dicha velocidad fuese mayor que la centrifugo-expansiva se habría producido cierto empuje de las capas inferiores hacia las superiores, aumentando la presión con la altura; y si la velocidad en cuestión fuese igual á la centrifugo-expansiva (en cada nivel) estando equilibrada la gravedad con la suma de la presión y la reacción centrifuga de inercia, la densidad atmosférica sería uniforme é igual á todas las alturas.

De modo que el mero hecho de la disminución de presión con el aumento en la altura prueba, suficientemente, que la velocidad de traslación efectiva de la atmósfera terrestre es inferior á la centrifugo-expansiva, á todas las alturas. *Observación, esta, de la mayor importancia.*

Y como no puede llegar la velocidad efectiva al valor de la radial en los niveles inferiores y ha de ser superior en los niveles altos (pero inferiores á la Luna) á la velocidad de esta en su órbita, deducimos como primera indicación de la curva representativa de las velocidades efectivas de la atmósfera terrestre á diversas alturas, que dicha curva se ha de desarrollar desde la altura lunar hacia abajo, dentro de la superficie rayada, sobre la figura, que queda comprendida en su mayor parte, entre la recta OR la curva LNE y la paralela FL al eje vertical de coordenadas, distante 1023 metros de esta; distancia correspondiente á la velocidad de la Luna.

Solo para las velocidades comprendidas entre 465 y 1023 metros y á escasa altura, la curva en cuestión se desarrolla por la izquierda de la paralela FL, saliendo tangencialmente de la recta OR á la altura de un radio terrestre; y doblando su dirección desde su origen, en sentido de aproximarse rápidamente á la paralela FL atraviesa á esta antes de los tres radios de altura y sigue encorvándose hacia la izquierda, en dirección ascendente.

Es decir, que—identificada al principio la velocidad efectiva con la velocidad radial que indudablemente tiene (en conjunto) la atmósfera terrestre en contacto con el globo sólido y líquido en que insiste—dicha velocidad crecerá rápidamente en los niveles inferiores, aunque desprendiéndose tangencialmente y sufriendo desde un principio cierto retraso con respecto á la velocidad radial, hasta alcanzar un valor máximo al llegar á determinada altura que inmediatamente calcularé. Retraso que irá en aumento en las capas atmosféricas mas y mas alejadas de la superficie terráquea, porque moviéndose toda la atmósfera terrestre entre la rotación de la Tierra y la relativa lentitud de la traslación lunar, la velocidad angular de rotación de nuestra atmósfera, una vez traspasada la velocidad lunar antes de los tres radios de altura y pasando mas lejos por su valor máximo, ha de decrecer constantemente, con la altura, desde el interior hacia el exterior, de un modo suave

y continuo, hasta acomodar, por fin, su velocidad á la de la Luna en su órbita; como ya dejé consignado en la hipótesis 5.<sup>a</sup> de la página 39 de mi Memoria relativa al eclipse total de Sol de 1905.

Mas como esta variación de velocidad, con la altura, supone el deslizamiento de unas capas con respecto á otras, y con este deslizamiento cierta resistencia á que la velocidad efectiva de la atmósfera se aparte mucho en ningun nivel, de las extremas antes consignadas (465 metros á nivel del mar y 1023 metros á la altura de la Luna) el trazado de la curva representativa de dicha velocidad efectiva ha de correr á todos los niveles muy próximo á la paralela FL, correspondiente á la velocidad lunar, como se representa en la figura y debe ser, para que dicha velocidad sufra la menor variación posible, entre su máximo y la velocidad de la traslación lunar.

Pero todo esto exige que, sin perjuicio de que la velocidad de traslación de la atmósfera se aproxime constantemente al valor centrifugo-expansivo (es decir, á la velocidad pasada la cual la atmósfera se desligaría de la Tierra) dicha velocidad de traslación se aparte constantemente desde su nivel inferior, mas y mas con la altura, de la velocidad radial, y pasando por cierto valor máximo decrezca, despues, lentamente hasta llegar, como digo, á la altura de la Luna á igualarse con la velocidad de ésta.

Y como la velocidad radial que en cierto modo arrastra á la atmósfera en los niveles bajos por causa de su adherencia á la superficie y relieve terrestre, se iguala con la centrifuga-expansiva al llegar á 6,287 radios de altura en que se cortan en N, la recta OR y la curva LNE y el desprendimiento atmosférico ni se ha producido ni puede producirse, como queda dicho, á ninguna altura, sin la total desaparición de la atmósfera, resulta no solo posible sino muy probable que el crecimiento de la velocidad de traslación efectiva de la atmósfera, continúe muy atenuado ya á la altura de seis radios y termine con un valor máximo (poco más arriba de los 6,287 radios) tan distante de la velocidad centrifuga como de la velocidad nula; cambiándose en decrecimiento á partir de este nivel de máxima velocidad, que, para que se cumplan estas condiciones, seguramente no pasará de los siete radios, como se representa en la figura.

O lo que es lo mismo: que á esta altura de siete radios, poco más ó menos, la velocidad de las capas atmosféricas debe alcanzar un valor máximo á partir del cual decrecerá la velocidad paulatinamente en los más altos niveles, hasta igualarse con la velocidad de la Luna; más allá de cuya distancia la velocidad de traslación efectiva de la atmósfera, y la centrifugo-expansiva, seguirán siendo iguales entre si y decreciendo á todas y á cualquier altura superior á la de la Luna, á medida que dichas velocidades vayan disminuyendo al aproximarse á la relativa quietud del medio en que la pareja Tierra-Luna, flota.

Esto es lo que se ha representado en la figura por medio de la curva

OFML, tangente á la recta OR á la altura de un radio terrestre y á la curva LNE, á la altura de la Luna; en cuya curva *se supone* que la velocidad máxima de traslación de la atmósfera terrestre llega, en M, á 1498 metros por segundo, á la distancia dicha de unos siete radios terrestres del eje de rotación de la Tierra; velocidad que resulta ser exactamente la mitad de la centrífuga á esta misma altura.

Los valores precisos de la velocidad efectiva de la atmósfera en las diferentes alturas comprendidas entre la superficie terrestre y la Luna, son no solo inciertas sino que serán constantemente cambiantes en fluidos tan extraordinariamente sutiles como lo son sin duda los gases que puedan constituirlos á tan grandes alturas; y, por tanto, más que difíciles imposibles de calcular exactamente.

Pero como esta exactitud no tiene interés para los niveles superiores á quince radios, separándose muy poco la curva representativa de estas velocidades, de una línea recta entre las alturas de 20 á 60 radios terrestres, podemos apreciarlas con suficiente aproximación por medio del trazado gráfico oportuno en cuya descripción no me entretengo y del que se deduce que á unos diez radios de altura la velocidad efectiva se reduce á 1490 metros, con aumento progresivo de esta reducción hasta los veinte radios, distancia al centro de la Tierra correspondiente á un punto de inflexión en la curva de las velocidades efectivas, en el cual la velocidad no pasará ya de 1385 metros, continuando despues la reducción de esta velocidad y su diferencia, en menos, con respecto á la velocidad centrífugo-expansiva á medida que crece la altura; hasta que pasando por la velocidad de 1140 metros á la altura de cuarenta y cinco radios, llegue á igualarse con la velocidad centrífugo-expansiva á la altura de la Luna. De modo que siendo 2397 metros la velocidad centrífugo-expansiva á los 10 radios y 1490 la efectiva á esta misma distancia, puede calcularse la reducción de esta velocidad efectiva con respecto á la centrífugo-expansiva, en un promedio de 21 metros por cada radio terrestre; pero no producida de un modo uniforme sino decreciendo con la altura, puesto que ambas curvas han de resultar tangentes á la altura de la Luna.

Calculando el aumento de la velocidad por cada radio terrestre de descenso á partir de la Luna, desde 8,5 metros entre la altura de 59 y 60 radios hasta 10,5 entre las alturas de 10 y 11 radios y tenidas en cuenta las consideraciones anteriores, puede admitirse que las velocidades efectivas de la atmósfera terrestre á diversas alturas son aproximadamente las del siguiente

*Cuadro de las velocidades efectivas, posibles, á diversas alturas*

A un radio. . . . .	465	7 radios . . . . .	1498	20. . . . .	1385	45. . . . .	1140
2. . . . .	900	10. . . . .	1490	30. . . . .	1270	50. . . . .	1050
5. . . . .	1400	15. . . . .	1440	40. . . . .	1200	60. . . . .	1023

Pasada la altura de la Luna, la velocidad efectiva del medio fluido que allí exista, seguirá la velocidad centrífuga-expansiva correspondiente á su distancia á la Tierra.

Esta discusión y minuciosa determinación de la velocidad efectiva de la atmósfera con arreglo á las cuales está trazada la figura 2.<sup>a</sup> es necesaria y está justificada por cuanto ha de servir de base para el cálculo de los pesos y de las presiones que mas adelante se encontrarán. Y en cuanto á los valores consignados son tan prudenciales, que como se observa al calcular los pesos y presiones atmosféricos á diversas alturas, el aumento de solo *dos metros* en la velocidad máxima supuesta (1498 m) bastaría para hacer que al nivel correspondiente de siete radios, la presión atmosférica á esta altura fuese inferior á la del nivel inmediatamente superior; lo que es claro que no puede suceder.

La afirmación tan repetida aquí de que la velocidad de traslación de Oeste á Este de la atmósfera terrestre es decreciente con la altura hasta acomodarse con la de la Luna á la distancia del satélite, que claramente hice en la hipótesis 5.<sup>a</sup> pag.<sup>a</sup> 39 de mi Memoria del eclipse de Sol de 1905, aunque presentada entonces como hipótesis puesto que en aquella Memoria no podía desarrollar los cálculos y razonamientos que empleo en el Estudio presente, no es propiamente una hipótesis, sino un hecho cuya certeza está garantizada por todas las leyes físicas y mecánicas (aunque otra cosa digan muy respetables autoridades) concordante con la progresiva lentitud de la tras-rotación de conjunto del sistema planetario á medida que aumentan las distancias de los diferentes planetas al Sol; con el retraso que se observa en el movimiento de la mancha roja de Júpiter que flota por encima del cuerpo del planeta <sup>(1)</sup> respecto á la rotación de este; con los retrasos que en sus revoluciones experimentan los satélites de Marte, Júpiter, Saturno y Urano en sus movimientos alrededor de estos planetas á medida que las distancias de los mismos á sus respectivos centros es mayor, y con lo que demuestra la forma de las llamadas nebulosas espirales, etc, etc.

Pero en todo caso y cualquiera que sea la altura en la que la velocidad de tras-rotación de la atmósfera terrestre llegue al máximo y el valor de este, he de repetir, porque es necesario afirmar las ideas, que lo que no admite duda es que la curva indicadora de la velocidad efectivas de la atmósfera terrestre á diversas alturas, tiene que quedar comprendida, como dije, dentro de la superficie rayada que aparece limitada en la figura 2.<sup>a</sup> por la recta OR que corresponde á las velocidades radicales; la curva LNE indicadora de las velocidades centrífugo-expansivas, y la recta FL paralela al eje coordenado OY, trazada á los 1023 metros de distancia horizontal á este

---

(1) Véase la pag.<sup>a</sup> 96 del núm.<sup>o</sup> 109 de la *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*. Barcelona 1926.

eje; distancia que es (como tantas veces queda dicho) la velocidad de la Luna en su órbita; excepto para las alturas inferiores á tres radios en que dicha curva pasará á la izquierda de FL.

Pero como la atracción no solo equilibra sino que domina á todas las alturas inferiores á la de la Luna, á la suma de la reacción centrífuga efectivamente debida á la inercia, mas la fuerza de los gases, para velocidades inferiores á las dadas por la ecuación (7) (que son las que puede tomar nuestra atmósfera y por esto precisamente se produce la fuerte compresión de sus capas inferiores) se deduce una vez mas, que esta queda retenida en todo caso y á todos los niveles, aunque no tenga limitación en altura.

Y, por tanto, que como consecuencia, repetición y resumen de todo lo hasta aquí dicho, y especialmente de lo consignado en letra egipcia en la página 62.

La Luna tiene una atmósfera de gran diámetro, en contacto y comunicación con la atmósfera terrestre, aunque, como á su tiempo se verá, de densidad menor que la terrestre; que es lo que me propuse demostrar.

Con lo deducido y sabido hasta aquí podría ya pasar á explicar todo lo inexplicado referente á los fenómenos lunares núm.º 8 (páginas 30 y 31) pero es preferible completar en una *Tercera Parte*, este estudio, con la investigación y determinación de otras características hasta hoy desconocidas, porque el conocimiento de estas no solo facilitará dicha explicación sino que nos proporcionará la adquisición de otros datos de la mayor utilidad.

17 Pero antes repitamos y notemos á la vista de la figura 2.ª.

1.º Que las velocidades radiales dadas por la recta OR correspondiente á la rotación terrestre, son muchos mayores que las que correspondieran á la traslación de la Luna, que estarían dadas por una recta OL, *no trazada* en la figura. 2.º Que estas velocidades radiales de la rotación terrestre dadas por la recta OR crecen ilimitadamente con la altura á partir del valor cero que tiene esta velocidad en el eje de rotación, correspondiente al puesto O de la figura. 3.º Que las velocidades centrífugas dadas por la curva LPC, muy fuertes en los niveles bajos, decrecen, por lo contrario, desde 7924 metros por segundo á nivel del mar y sobre el ecuador, hacia su anulación á medida que la altura crece indefinidamente, igualándose con la radial entre las alturas de seis y siete radios terrestres, en el punto P de cruce ó intersección de la recta OR con la curva LC, y pasando por el valor de 1023 metros, á la altura de la Luna. 4.º Que las velocidades centrífugo-expansivas dadas por la curva LNE, empezando por un valor máximo de 4000 metros á la altura de dos radios terrestres sobre el eje de rotación, se mantienen siempre inferiores á las centrífugas *por bajo* de la altura de la Luna. 5.º Que las velocidades efectivas de traslación de la atmósfera te-

restre, dadas por la curva OFML, manteniéndose inferiores á las tres velocidades anteriores entre la superficie terrestre y la Luna, pasan por la velocidad máxima de 1498 metros, próximamente, á la altura de unos siete radios terrestres, á partir del eje de rotación de la Tierra; y 6.º Que la igualación de la velocidad efectiva de la atmósfera terrestre con la centrífuga y con la centrífugo-expansiva necesaria á la altura de la Luna, demuestra que á tal altura cesa la *comprensión de los gases por efecto del peso* de las capas superiores; *pero de ello no se deduce que á esta ni á mayor altura, carezcan los gases de presión interior*, sino que esta (sea debil ó fuerte) se halla determinada y equilibrada por la del medio ó fluido existente en aquellos altos niveles, *sin intervención del peso anulado, como digo, desde la altura de la Luna en adelante.*

\* \* \*

Al final del primer párrafo de la página 56 quedó pendiente la explicación de la pequeña diferencia de 31 metros entre la velocidad de 7924 metros dada por la tabla de la página 55 y la de 7893 que se obtiene por la aplicación de la fórmula  $C = \frac{P \cdot v^2}{g \cdot r}$ ; cuya diferencia depende de que el valor de  $g$ , entonces aplicado, fué el correspondiente al radio ecuatorial, de 6378'4 kilómetros, y no al de 6370 que, en cifras redondas, se viene empleando en este Estudio.

\* \* \*

De las fórmulas (5) y (13), páginas 55 y 64, claramente se deduce que á partir del valor de  $D$  correspondiente á la distancia lunar, la velocidad centrífugo-expansiva es siempre mayor que la simplemente centrífuga, cuando esta distancia crece indefinidamente, porque desde dicho valor de  $D$ , el logaritmo de esta relación

$$\log \frac{v'}{v} = \log v' - \log v = 0'003656 - \frac{1}{2} \left( \log D - \log (D - 1) \right)$$

será positivo y menor que 0'003656, y por tanto la relación  $v':v$  mayor que 1 como expresamente hice notar en la página 65, aunque siempre menor que 1'0009; aumentando dicha relación á medida que  $D$  crece indefinidamente, hacia el límite 1'0009 de la misma.

—:—

Insisto tanto y tan minuciosamente en estas comprobaciones para marchar con la mayor seguridad posible por estos caminos nuevos.

## TERCERA PARTE

### Consecuencias y condiciones características de las atmósferas terrestre y lunar

#### Exámen retrospectivo

18 Antes de continuar adelante en el presente estudio de investigación, conviene hacer un resúmen brevísimo de lo hasta aquí dicho, con objeto de darnos cuenta de la situación en que el problema que nos preocupa se encuentra en el momento presente, recordando que: en el Prólogo me hice cargo de las presunciones que abonan la existencia de la atmósfera lunar; en la 1.<sup>a</sup> Parte pasé revista á los prejuicios y opiniones contrarias á la de dicha atmósfera y á las hipótesis sin fundamento; y despues de rebatir estas opiniones é hipótesis, presenté una lista de hechos sin explicación conocida si se niega la tal atmósfera y que, como se verá, son perfectamente explicables mediante la existencia é intervención de la atmósfera lunar. En la 2.<sup>a</sup> Parte hice observar que limitar la solución del problema de si la Luna tiene ó no tiene atmósfera á fenómenos de refracción, y hacerlo depender y derivar exclusivamente de estos, no solo es partir de un prejuicio injustificado sino sujetarse y encadenarse á él; porque es claro que solo podemos argumentar con probabilidades de acierto, partiendo de datos y de conocimientos seguros y exentos de dudosas interpretaciones, lo que con respecto á la discutida refracción de la atmósfera lunar no sucede, porque aunque conocemos los coeficientes y modos de producirse la refracción de la luz á traves de los cuerpos y en las condiciones en que se ha podido experimentar, en el caso presente casi todo lo que podría instruirnos sobre la refracción lunar, nos es desconocido.

Así, pretender resolver el problema de si la Luna tiene ó no tiene atmósfera y las condiciones de ésta, basándolo solo en fenómenos de refrac-

ción, es buscar lo desconocido á partir de supuestos y de datos tanto ó mas hipotéticos y desconocidos que la forma, la importancia y las condiciones de la atmósfera, en cuestión.

No es éste, pues, el procedimiento adecuado para llegar á ver lo que estando á la vista no se ve, y por esto pasé á desarrollar una demostración de la existencia de la atmósfera lunar basada en hechos conocidos y en observaciones y en cálculos libres de toda discusión, dividiendo esta demostración en dos secciones, correspondientes: una á la presentación de argumentos demostrativos de que la Luna ha tenido atmósfera que no ha podido difundirse en el espacio interplanetario, tales como son la existencia, en la Luna, de volcanes apagados, y lo demas que de este hecho indiscutido se deriva; y otra que consistió en una larga digresión relativa á la extensión de la atmósfera terrestre, indispensable para llegar á la conclusión que quedó pendiente al final de la anterior sección, demostrativa dicha digresión, de que la atmósfera terrestre (cualquiera que sea su densidad á diferentes alturas) llega hasta la Luna y aun pasa mas allá; sin que nos importe saber para la demostración de la existencia de la atmósfera lunar, cuales puedan ser las condiciones de la atmósfera terrestre á distancias de la Tierra mayores de aquella á la que gravita la Luna; quedando por fin rigurosamente probada la existencia de la atmósfera lunar asi como la ilimitada altura de la atmósfera terrestre y la de cualquier otro planeta

De modo que en la parte anterior de esta monografía, ha quedado resuelto el problema que fué formulado en cabeza de la 3.<sup>a</sup> sección de la misma, (pág.<sup>a</sup>. 44) con la pregunta, ¿cual es la altura de la atmósfera terrestre?, y el objeto principal de este Estudio, en el sentido de que llegando y aun pasando esta atmósfera mas allá de la Luna, nuestro satélite tiene una atmósfera formada por la parte de materias gaseosas comunes á ambos astros, que estan mas atraídas por este pequeño cuerpo que por la Tierra; puesto que la atmósfera terrestre habría suministrado, en todo caso, los gases que hubieran podido faltar á la Luna, si esta hubiese perdido los procedentes de sus volcanes.

Pero aun despues de haber llegado á esta conclusión y en todo el contenido de dicha 2.<sup>a</sup> Parte, no ha quedado afirmado con respecto á las atmósferas terrestre y lunar mas que la coexistencia de ambas y su mutua compenetración. Es decir, el hecho de que la atmósfera terrestre se extiende hasta llegar á la atmósfera lunar y aun pasa mas allá; ó lo que es lo mismo, y como afirmación idéntica aunque hecha desde un punto de vista distinto, que la atmósfera lunar, á su vez, se extiende hasta compenetrarse con la atmósfera terrestre.

Quedan, con esto planteados muchos nuevos problemas con relación á las atmósferas terrestre y lunar; algunos de cuyos principales problemas

paso á examinar á continuación de un modo sucinto y limitado al objeto que me propuse desarrollar en este estudio de investigación.

*Primera aproximación en el cálculo de los diámetros de las atmósfera terrestre y lunar.*

19. Combatiendo la opinión ligeramente formulada por algunos, de que la atmósfera lunar haya podido ser absorbida por la Tierra dije en la página 41 anterior, con referencia á lo afirmado por mí en el folleto del eclipse de Sol de 1905, que necesariamente hay entre la Tierra y la Luna un punto P para el cual las atracciones terrestre y lunar serán iguales aunque dirigidas en sentidos contrarios, á partir del cual lo que esté mas cerca de



la Tierra que dicho punto será atraído con mas fuerza por la Tierra que por la Luna; pero lo que esté comprendido entre ese punto y la Luna será atraído por la Luna con mas fuerza que por la Tierra, y no ha podido ser ni será jamás, absorbido por esta.

En las páginas 35 á 37 de mi folleto de 1905 se lee que llamando *D* á la distancia de dicho punto al centro de la Tierra, *M* la masa de esta, *d* la distancia del punto en cuestión al centro de la Luna, *m* á la masa lunar y *k* un coeficiente que, como se verá no interesa conocer porque desaparece en el sencillo cálculo siguiente, se tendrá:

Atracción de la Tierra á la distancia *D* . . . . .  $k \frac{M}{D^2}$

Atracción de la Luna á la distancia *d*. . . . .  $k \frac{m}{d^2}$

De cuyas expresiones se deduce igualandolas, suprimiendo el factor comun *k*, y estrayendo la raiz cuadrada, que la relación entre dichas distancias es

$$\frac{D}{d} = \sqrt{\frac{M}{m}}$$

Y como la relación entre las masas terrestre y lunar es próximamente 80 cuya raiz cuadrada aproximada es 9, resultará tambien aproximadamente

$$\frac{D}{d} = 9 \qquad \text{y} \qquad D+d = 10.d$$

La distancia entre la Tierra y la Luna es constantemente variable pero poco diferente de 60 radios terrestres. Tomando este número (como anteriormente vengo haciendo) para distancia media entre los centros de la Tierra y de la Luna, resultará ser *D*=54 radios terrestre y *d*=6 radios; ó el doble (doce radios terrestres) para el diámetro de la atmósfera lunar.

Pero hay otro punto P', exterior á la Luna, para el cual tambien las atracciones terrestre y lunar resultan ser iguales aunque dirigidas *en el mis-*

mo sentido y no en sentidos contrarios, como ocurre en el punto P; de cuyo punto P' que dista 7'5 radios terrestres del centro de la Luna y 67'5 radios

Tierra \_\_\_\_\_ P \_\_\_\_\_ Luna \_\_\_\_\_ P'

del centro de la Tierra, así como de la parte exterior de la atmósfera lunar no me ocuparé en este Estudio por no interesar al objeto del mismo.

Pero estas cifras no son más que un avance preliminar de las verdaderas, porque solo dan un diámetro máximo del diámetro de la atmósfera terrestre y otro mínimo del diámetro de la atmósfera lunar, que van á sufrir inmediatamente rectificación en el sentido de reducir el volumen de la atmósfera terrestre, aumentando el de la lunar.

Más para llegar al cálculo de dichos diámetros es indispensable resolver antes los problemas previos que van á continuación.

#### *Densidades y presiones de la atmósfera terrestre á grandes alturas.*

20. Tratemos de indagar cuales pueden ser las densidades y presiones de las capas atmosféricas á grandes alturas, marchando, como hasta aquí, de lo conocido hacia lo desconocido.

Sabido es que la presión atmosférica y la densidad del aire van disminuyendo con la altura sobre la superficie terrestre.

Esta variación en la presión y en la densidad atmosférica dependen del peso de las capas de aire superiores, por dos conceptos ó causas secundarias: *una* procedente de la simple acumulación de pesos superpuestos, análoga á la que se produce en el mar á medida que en él se profundiza; y *otra* debida á que siendo el aire compresible con la presión, aumenta su densidad y con esta el peso de la unidad de volumen progresivamente, de arriba hacia abajo, por la acumulación de materia en cada volumen; aunque la intensidad de la gravedad y el *peso de la unidad de masa*, no creciesen como crecen á medida que se trata de niveles más bajos.

De modo que en la progresión de la densidad atmosférica á medida que se desciende en altura, influyen tres causas: 1.<sup>a</sup> acumulación de los pesos de las capas superiores, 2.<sup>a</sup> compresión del aire por causa de la presión y 3.<sup>a</sup> aumento de peso de la unidad de masa tanto en razón inversa del cuadrado de la distancia al centro de la Tierra como por efecto de la reducción de la reacción centrífuga de inercia en los niveles inferiores; cuya tercer causa puede por esto considerarse, realmente, dividida en dos.

Las dos últimas de estas causas complican extraordinariamente el problema que acometeré, como hasta aquí, por partes, empezando por hacer constar que las fórmulas conocidas que relacionan las variaciones de presión atmosférica con las diferencias de nivel, no son aplicables á las muy grandes alturas atmosféricas, por las razones siguientes.

En estas fórmulas se toma en consideración las temperaturas del aire y las del barómetro correspondientes á cada punto de observación, así como la latitud de los lugares, por cuanto la latitud geográfica tiene relación con la intensidad local de la gravedad, variable con dicha latitud á causa del achamiento de la Tierra por los polos de esta. Pero como en dichas fórmulas se supone ser constante la intensidad de la gravedad para cada paralelo geográfico, sin consideración á la altura sobre el nivel del mar de los puntos de que se trate, solo son aplicables estas fórmulas (y esto con una mediana aproximación por lo que ahora diré) á pequeñas diferencias de nivel con relación á las dimensiones de la Tierra. Es decir; á diferencias de alturas menores de diez ó doce mil metros que, aunque no llegan á ser los dos milésimos del radio terrestre, no se han alcanzado jamás personalmente por el hombre y á las que ni siquiera llegan los puntos mas elevados de la superficie terrestre cuyas altitudes se han podido calcular geodésicamente,

Segun estas fórmulas—en las que se supone disminuir las presiones geoméricamente mientras las alturas crecen aritméticamente, es decir como  $p^n$  y  $an$ , respectivamente, siendo  $p$  la presión,  $a$  la unidad de altura en la escala de estas y  $n$  el numero de orden de los términos correspondientes en las progresiones respectivas—segun estas fórmulas, digo, las presiones á grandes alturas decrecen demasiado rápidamente con dicha altura á consecuencia del supuesto *implicito* de que el peso de la unidad de una masa invariable de aire, solo depende á todas las alturas de su distancia al centro de la Tierra.

Y como sobre estos supuestos se han calculado las densidades atmosféricas á diversos niveles, sin que sea posible la experimentación directa á grandes alturas porque ni las desigualdades del relieve llegan á alcanzar las anteriores cifras, ni es posible elevarse ni vivir á grandes alturas, se ha deducido un pequeño espesor para la atmósfera terrestre á consecuencia de que aun á la altura de 16 kilómetros la presión atmosférica se reduciría con arreglo á tales fórmulas, á unos 100 milímetros de la columna mercurial barométrica; y á 10 milímetros, no mas, á la altura de 34,5 kilómetros, que corresponde á la fracción de 0,0054 del radio terrestre. Siendo necesario notar, en todo caso, como digo, que mucho antes de llegar á estas alturas, la observación personal directa y la vida de los observadores se hace imposible á causa de la falta de presión, como se ha comprobado en varias ascensiones aereostáticas; por lo cual las últimas observaciones atmosféricas de esta especie se vienen haciendo por medio de aparatos registradores elevados é merced de cometas ó de globos-sondas.

Pero aun hay mas:

Ninguna de estas fórmulas en las que el peso (que no es lo mismo que la intensidad de la gravedad) se supone depender solo de las distancias de

la superficie terrestre al centro de la Tierra y ser constante para cada latitud sin consideración á la altura, (es decir, aplicables tan solo á niveles inferiores en una supuesta Tierra *sin rotación ni efectos centrifugos*) son aplicables á grandes diferencias de altura ni aun á niveles inferiores, mas que sobre los polos (es decir donde no se ha podido experimentar) porque en el resto de la atmósfera terrestre, cuyo *resto* forma en realidad casi la *totalidad* de la misma, y especialmente en la zona ecuatorial, las variaciones en la intensidad de la gravedad y en las reacciones centrifugas de energía, debidas á las diferencias en las distancias al eje de rotación de la Tierra, no tienen nada de despreciables. Como que anteriormente hemos visto (núm.º 13 página 54) que á la distancia de la Luna y sobre el plano del ecuador terrestre, el peso queda anulado porque la reacción centrifuga de inercia llega á igualar á la acción de la gravedad. De modo que á la altura de la Luna, aunque la atmósfera terrestre tuviese una gran densidad (tanta ó mas que el mismo cuerpo sólido de la Luna) no pesaría, ni la columna barométrica podría tampoco acusar esta densidad y presión si la atmósfera y el barómetro siguiesen el movimiento de traslación lunar, porque el mercurio del barómetro perdería, igualmente, el peso. Solo un manómetro ó barómetro de resorte acusaría, á tal nivel, la presión; observaciones estas importantes para no admitir, sin reservas, las variaciones de indicación del *barómetro de peso* ó de mercurio, relativas á observaciones en diferentes alturas y lugares.

Hay, pues, que introducir una

21 *Primera reforma en la noción de peso en sentido perpendicular al eje de rotación terrestre, debida á esta rotación* que generalmente no se toma en consideración porque este variaría poco dentro de las diferencias de las alturas y para las diversas latitudes (ambas geográficas) no teniendo en cuenta el efecto de reacción centrifuga debido á la rotación terrestre, cuyo efecto solo falta sobre la vertical de los polos; es decir, en prolongación del eje terrestre.

Esta reforma en la noción de peso de que hablo, consiste en tener presente que *el peso*, es decir, la fuerza con que un cuerpo es atraído hacia la Tierra *no es simplemente dependiente de la masa del cuerpo y de la intensidad de la gravedad* (como ordinariamente se cree, no solo por el vulgo sino como se dice y se formula en los tratados científicos) *sino dependiente tambien de la reacción centrifuga de inercia, cuando el cuerpo en cuestión gira* alrededor de la Tierra; en cuyo caso se encuentra precisamente nuestra atmósfera.

*El peso, pues, de toda masa que gira alrededor de la Tierra, es la diferencia entre la acción de la gravedad sobre ella y la intensidad de la reacción centrifuga de inercia, debida á dicha rotación.*

De esto resulta que no solo la atmósfera terrestre, *sino cualquier cuerpo aunque sea de mayor densidad que el aire*, va perdiendo peso no solamente á medida que es mayor su distancia del centro de la Tierra sino á medida que gira alrededor del eje terrestre con mayor velocidad: hasta tal punto que no ya la Luna al trasladarse con la velocidad 1023 metros por segundo en su órbita, pierde totalmente el peso (es decir, *no pesa*) sino que una masa de plomo girando en torno de la Tierra á la misma velocidad que la Luna y á igual distancia que esta, tampoco pesaría.

Insisto especialmente en esto porque como la variación de la densidad atmosférica con la altura depende del peso de las capas de aire superiores á cada nivel, es claro que cuando este peso va disminuyendo para la misma unidad de masa no solo con la reducción de la intensidad de la gravedad á consecuencia del aumento de la altura, sino tambien por efecto de la reacción centrífuga de inercia que puede llegar á anular la gravedad en cualquier nivel—como hemos visto al estudiar la velocidad que llamé centrífuga (página 47)—el decrecimiento de la presión y con este el de la densidad atmosférica, á medida que se trata de niveles más elevados, es menor.

O dicho de otro modo: que un mismo decrecimiento de presión y de densidad en el aire, corresponde á mayor diferencia de nivel sobre el plano del ecuador por efecto de la reacción centrífuga de inercia, que sobre los polos, en la vertical de los cuales no se produce reacción centrífuga.

De aquí se deduce que aunque á las grandes alturas de la atmósfera terrestre (de varios y hasta de sesenta radios terrestres de elevación) la presión interna y la densidad atmosférica han de ser muy pequeñas, es evidente que estas conservarán valores mucho mayores á causa de la pérdida de peso (que no es tampoco lo mismo que densidad) sobre las diversas latitudes y especialmente sobre el ecuador, que las calculadas por fórmulas que no toman para nada en consideración los efectos centrifugos debidos á la rotación terrestre. Como que, cual tantas veces vengo diciendo, no solo podría conservar la atmósfera una densidad nada despreciable á grandes alturas sino tan fuerte como se pueda imaginar (dentro de lo conocido) con tal de que la reacción centrífuga de inercia anulase total ó casi totalmente la acción de la gravedad á determinada distancia del eje de rotación terrestre, por causa de una gran velocidad de rotación.

No nos deberemos, por tanto, asombrar de que despues de bien estudiadas y conocidas estas cuestiones resulte la presión atmosférica á grandes alturas mucho mayor de lo imaginado hasta ahora, á causa del rápido decrecimiento de presión observado en los niveles inferiores, en que ha sido posible experimentar.

Para poder apreciar hasta qué punto es importante esta advertencia veamos cual es la reducción de peso, que, por efecto del movimiento de rotación terrestre y en función de la altura, se opone al excesivo enrarecimien

to de la densidad atmosférica, calculando el valor relativo del peso de una porción ó masa constante  $a$  de aire, á diversas alturas, moviéndose en de-  
 rredor del eje terrestre con las *velocidades efectivas* de traslación de la at-  
 mósfera, anteriormente consignadas en la página 68, con respecto al peso  
 de la misma masa insiendiendo á nivel del mar sobre el ecuador; peso este  
 que tomaré como unidad para comparar mas tarde los pesos relativos cal-  
 culados del indicado modo, con los que á las mismas alturas tendria la mis-  
 ma masa sobre la vertical de los polos terrestres.

Segun lo dicho aquí y anteriormente en la página 53 (ecuación 2), el  
 peso de la unidad de masa  $a$  que denominé *peso masivo*, á la distancia  $D$   
 del eje de rotación terrestre, será

$$\text{Peso} = P = k \cdot \frac{M \cdot a}{D^2} - \frac{a \cdot v^2}{D} = a \frac{k \cdot M - D \cdot v^2}{D^2} \dots \dots \dots (2)$$

para cualquier distancia ó valor de  $D$ , y

$$P' = a (k \cdot M - V^2) \dots \dots \dots (14)$$

á la distancia de un radio, es decir, sobre el ecuador, siendo  $V$  la velocidad  
 de traslación de los puntos de este y  $v$  la de la masa supuesta á la distan-  
 cia  $D$ .

Si ahora queremos encontrar una fórmula que nos dé la relación del  
 peso de cualquier masa, situada á cualquier distancia del eje de rotación te-  
 rrestre y sometida á cualquier velocidad de traslación alrededor del eje, con  
 respecto al peso de la misma masa situada sobre el ecuador y moviéndose  
 con la misma velocidad que los puntos de este, llegaremos á ella dividiendo  
 miembro á miembro la primera de estas ecuaciones por la segunda; con  
 lo que veremos que la relación buscada resulta ser

$$\frac{P}{P'} = \frac{1}{D^2} \cdot \frac{k \cdot M - D \cdot v^2}{k \cdot M - V^2} = \frac{1}{D^2} \cdot \frac{G - D \cdot v^2}{G - V^2} \dots \dots \dots (15)$$

en la que las letras representan las cantidades antedichas; cuya fórmula da-  
 ria para  $P$  valores nulos, á todas las alturas, en el caso de que las veloci-  
 dades atmosféricas en cada una de estas alturas fuese las que llamé centrí-  
 fugas puesto que en tal caso (página 53), el numerador  $k \cdot M - D \cdot v^2$  seria  
 cero en todas ellas.

Pero como he dicho y demostrado que la velocidad de traslación efec-  
 tiva de la atmósfera es inferior á todas las alturas á la centrifuga, por bajo  
 de la distancia á la Luna en la que llegan á igualarse, es claro que la su-  
 puesta masa conservará algun peso por bajo de la órbita lunar, deducible  
 de la anterior ecuación (15) que puede prepararse para facilitar el cálculo  
 del modo siguiente.

Observemos que en la fórmula y relación en cuestión todo es variable excepto V y el término k.M; pero como hemos visto en la página 55 que k. M=G=62791740 y además sabemos que V es sobre el ecuador 465 metros por segundo, cuyo cuadrado es 216225, el denominador G-V<sup>2</sup> de la anterior relación, se reducirá á 62575515 y la relación buscada á

$$\frac{P}{P'} = \frac{1}{D^2} \cdot \frac{62791740 - D \cdot v^2}{62575515} \dots \dots \dots (16)$$

cuya fórmula que contiene dos números constantes, puede escribirse del siguiente modo para facilitar el cálculo logarítmico.

$$\frac{P}{P'} = \frac{1}{D^2} \cdot \frac{G-n}{Q}; \text{ siendo } \left\{ \begin{array}{l} G=62791740 \\ n=D \cdot v^2 \\ Q=62575515 \end{array} \right\} \dots \dots \dots (16)'$$

en la que hay que calcular, previamente, el número n, diferente para cada distancia ó altura (D) y para cada velocidad (v) por medio de la formulita

$$n = \text{núm.}^\circ \text{ del log } D \cdot v^2 = 2 \log v + \log D \dots \dots \dots (17)$$

Encontrado para cada altura este número n, se obtendrá el numerador G-n, de la fórmula (16)', y enseguida.

$$\frac{P}{P'} = \text{núm.}^\circ \text{ del log } \frac{P}{P'} = \log (G-n) - (\log Q + 2 \log D)$$

Y como el logaritmo de Q es constante é igual á 7,796366 la expresión anterior se reducirá á

$$\log \frac{P}{P'} = \log (62791740 - n) - (7'796366 + 2 \log D) \dots \dots \dots (18)$$

Aplicando estas fórmulas al cálculo del peso relativo de una masa constante de aire a, girando á diversas alturas en el plano del ecuador, con respecto al de la misma supuesta insistiendo sobre este á nivel del mar, se obtendrá para la altura de un radio terrestre sobre dicho nivel, ó sea á dos radios á partir del eje de rotación de la Tierra y á la *velocidad efectiva* de traslación de la atmósfera terrestre correspondiente á esta altura, el resultado que sigue:

Siendo la velocidad efectiva de la atmósfera terrestre á dos radios de altura, 900 metros por segundo, tendremos.

$$\begin{array}{r} D = 2 \text{ ,, } v = 900 \text{ ,, } \log v = 2'954243 \\ \left. \begin{array}{l} 2 \log v = 5'908486 \\ + \log D = 0'301030 \end{array} \right\} \log D \cdot v^2 = \log n = 6'209516 \\ \qquad \text{número } n = 1620000 \\ G - n = 61171740 \text{ ,, } \qquad \qquad \log (G - n) = 7'786538 \\ - \left\{ \begin{array}{l} 2 \log D = 0'602060 \\ \log Q = 7'796366 \end{array} \right\} \dots \dots \text{ Suma de estos} = -8'398426 \\ \qquad \log (P:P') = \overline{1}388112 \end{array}$$

De donde P:P' = 0'2444

Lo que quiere decir que en el plano del ecuador y á la altura de un solo radio terrestre sobre este, el peso de una masa constante de aire, ya se ha reducido por efecto de la reacción centrífuga de inercia á *menos de la cuarta parte* del que corresponde á esa misma masa á nivel del mar.

A 45 radios del eje de rotación, el peso de la misma masa queda reducido á 0'00005004 del peso inicial sobre la superficie terrestre, y á la distancia de la Luna, el peso queda totalmente anulado; de modo que la densidad de la atmósfera á estas alturas no sufrirá decrecimiento alguno apreciable en muchos kilómetros de diferencias de nivel, porque en ellos poquísimo ó ningún peso la comprime.

Los demás números de la cuarta columna de la tabla que sigue, están calculados por las mismas fórmulas y procedimiento expuesto aquí.

Para comparar estos números con los pesos de la misma masa *a*, en las diferentes alturas sobre los polos, es decir, sin intervención de la reacción centrífuga de inercia debida á la rotación terrestre, calculemos ahora dichos pesos por medio de las mismas fórmulas transformadas, mediante la desaparición en ellas de dicha reacción de inercia.

*Pesos relativos de una misma masa, sea ó no gaseosa, situada sobre los polos ó sobre el plano del ecuador, á diversas distancias del centro de la Tierra y afectada en el segundo caso, de la velocidad de traslación idéntica á la efectiva de la atmósfera terrestre, correspondiente á cada una de las alturas anteriormente calculadas (página 68).*

Alturas en radios terrestres	Pesos sobre los polos	SOBRE EL PLANO DEL ECUADOR	
		Velocidades efectivas	Pesos relativos
1	1'0000	465	1'0000
1'001	0'998	465'46	0'9946
2	0'2500	900	0'2444
5	0'0400	1400	0'083875
7	0'0204	1498	0'015355
10	0'01	1490	0'006487
15	0'0044	1440	0'00225
30	0'00111	1270	0'0002557
45	0'00049	1140	0'00003403
60	0'00028	1023	Nulo
75	0'000178	915	,

Para esto basta hacer  $V=0$ ;  $v=0$ , en la ecuación (15) que de este modo queda reducida á la sencillísima expresión

$$\frac{P}{P'} = \frac{1}{D^2} \dots \dots \dots (19)$$

puesto que en los dos polos las velocidades son nulas á todas las alturas y el término  $k.M$ , comun al numerador y al denominador de la fórmula (15) desaparece.

Por medio de esta fórmula última están calculados los valores de la

segunda columna de la anterior tabla, que como se observa en ella y era de esperar, son mayores para cada altura, á los correspondientes de la cuarta columna.

Los números de la segunda columna de la tabla anterior son relativos al peso sobre los polos, y los de la cuarta columna al peso sobre el ecuador; mas como este último es menor á nivel del mar sobre el ecuador que sobre los polos, los números de dicha cuarta columna habrán de sufrir la reducción que en el gran cuadro de la página 99 núm.º 31, se observará si se refieren todos los pesos á los correspondientes al nivel del mar sobre *los polos terrestres*, como en dicho cuadro se hará.

22 Porque, en efecto; si se comparan los pesos de la unidad de masa atmosférica en traslación, en las condiciones dichas y á diferentes alturas, con el peso de la misma unidad de masa á nivel del mar y *sobre los polos* donde no se desarrolla reacción centrifuga de inercia, la fórmula (15)  $\frac{1}{D^2} \cdot \frac{G - D \cdot v^2}{G - v^2}$  de la página 79, que nos sirvió para calcular los números de la cuarta columna del cuadro anterior, se reducirá á

$$P = \frac{1}{D^2} \cdot \frac{G - D \cdot v^2}{G} = \frac{A}{B} \dots \dots \dots (19)'$$

puesto que en los polos  $V=0$  y  $P' = 1$

Y siendo la relación de esta (19)' á la anterior (15) igual á  $\frac{G - v^2}{G} = \frac{62575515}{62791740} = 0'9965$ , todos los números de la aludida cuarta columna deberán ser reducidos en esta proporción si se quieren equiparar con los de la columna segunda; lo que se conseguirá multiplicandolos por la anterior fracción decimal. O lo que es equivalente, reduciendolos en 0'0035 de un valor, que es en lo que escede la unidad á la fracción 0'9965, y quiere decir que la reacción centrifuga hace perder á todos los números de la cuarta columna de la tabla anterior 0'0035 de su valor.

Pero el primer número de dicha cuarta columna debe sufrir, además, otra reducción con respecto al primero de la columna segunda, á causa del ensanchamiento del globo terráqueo en la zona ecuatorial; cuya reducción es inversamente proporcional al cuadrado de la fracción  $\frac{301}{300}$  (si se admite

que el ensanchamiento es de  $\frac{1}{300}$  del diámetro terrestre) es decir, una reducción proporcional á  $\frac{\frac{300^2}{301^2} = \frac{90000}{90601} = 0'99736$ , que difiere de la unidad en

0'00664, por causa de la mayor distancia al centro de la Tierra de los puntos del ecuador, que los polos; fracción, esta última, que sumada á la anterior da 0'01014, ó próximamente 0'01.

### Otras rectificaciones

23. No pretendiendo hacer un tratado completo de estas cuestiones ni queriendo alargar demasiado el presente Estudio, cuyo objeto principal es demostrar la existencia de la atmósfera lunar, su gran diámetro y la nada despreciable densidad de la misma, insinuando, no mas, las importantes consecuencias que se derivan de esto y del modo de ser que afirmo para la atmósfera terrestre, limitaré el resto de este trabajo á la rectificación de las anteriores cifras en lo relativo á la línea Tierra-Luna y á lo mas saliente de las aludidas consecuencias.

Para llegar á estos resultados procederé como hasta aquí, por partes, procurando vencer las dificultades una á una, empezando esta nueva investigación por determinar la

*Verdadera situación del punto de separación entre las atmósferas terrestre y lunar.*

24. Repetidamente quedó dicho en mi Memoria del eclipse de 1905 y en el presente Estudio, que, *no teniendo en cuenta mas que las atracciones terrestre y lunar* y prescindiendo de fracciones que no interesan, debe considerarse como perteneciente á la atmósfera terrestre toda masa gaseosa situada á menor distancia del centro de la Tierra que unos cincuenta y cuatro radios del núcleo sólido terrestre, y formando parte de la atmósfera lunar los gases ó vapores que disten mas de la Tierra, ó sea, los que esten á menos de seis radios terrestres del centro de la Luna, puesto que el punto de igual atracción que podríamos llamar neutro ó estático, dista algo menos de cincuenta y cuatro radios del centro de la Tierra.

Pero esta situación relativa al equilibrio estático del aludido punto, no es la real porque estando tanto la Luna como la atmósfera terrestre en rotación alrededor de la Tierra y en el mismo sentido que ésta, se desarrollan en toda la masa atmosférica las reacciones centrifugas de inercia anteriormente consideradas al investigar cuales podrian ser las velocidades capaces de hacer desligar la atmósfera del globo sólido terrestre.

Y como estas reacciones centrifugas de inercia se suman entre la Tierra y la Luna á la atracción lunar, para contrarrestar la acción gravitatoria de la Tierra, el radio de la atmósfera adjudicable á esta disminuye tanto por efecto de dicha reacción de inercia, cuanto aumenta en la misma dirección, el de la lunar.

Por esto la verdadera ecuación de *equilibrio dinámico*, que nos ha de determinar la situación del punto de separación entre las atmósferas terrestre y lunar, sobre el plano del ecuador (cuya inclinación con el de la órbita lunar no es muy grande) no será, pues

$$\frac{M \cdot a}{D^2} = \frac{m \cdot a}{d^2}$$

en la que  $M$  y  $D$  representan la masa terrestre y la distancia al centro de la Tierra de la unidad atmosférica, y  $m$  y  $d$  los análogos elementos correspondientes la Luna, á sino esta otra

$$k \frac{M \cdot a}{D^2} = k \frac{m \cdot a}{d^2} + \frac{a \cdot v^2}{D} \dots \dots \dots (20)$$

en la que el último término representa el valor de la reacción centrífuga de inercia de la masa atmosférica  $a$  girando alrededor del eje terrestre á la distancia  $D$  y con la velocidad de traslación  $v$ ; siendo  $k$  el coeficiente que interviene en los efectos de gravitación, proporcionales á las masas, de que ya me ocupé en las páginas 53 y 79 y siguientes números 13 y 21, al tratar de la velocidad centrífuga y de la primera reforma en la noción de peso.

Recordando que  $m = \frac{M}{80}$ , suprimiendo la cantidad  $a$ , que entra como factor en los tres términos de la anterior ecuación, y multiplicando todos estos por  $80 \cdot d^2 D^2$ , para quitar denominadores, transformaremos la mismas en estas otra

$$80 \cdot k \cdot M \cdot d^2 = k \cdot M \cdot D^2 + 80 \cdot v^2 D \cdot d^2$$

ó bien, designando como anteriormente por el número  $G$  al producto  $k \cdot M$ , cuyo valor é importancia hice notar en la página 55, y observando que  $d=60-D$ , tendremos

$$80 \cdot G \cdot (60 - D)^2 = G \cdot D^2 + 80 \cdot v^2 D (60 - D)^2 \dots \dots \dots (21)$$

cuya ecuación contiene las dos variables  $v$  y  $D$  correspondientes á la velocidad efectiva y á la distancia de la masa atmosférica situada en el punto de *equilibrio dinámico* entre la atracción terrestre por un lado y la atracción lunar, mas la reacción centrífuga de inercia, por otro.

Hechas las operaciones indicadas, las reducciones consiguientes y ordenando con respecto á las potencias de  $D$ , la anterior ecuación se transforma en

$$80 \cdot v^2 D^3 - (9600 \cdot v^2 + 79 \cdot G) \cdot D^2 + (288000 \cdot v^2 + 9600 \cdot G) \cdot D = 288000 \cdot G$$

$$\text{y siendo } G = 62.791.740 \begin{cases} 79 \times G = 4.960.547.460 \\ 9600 \times G = 602.800.704.000 \\ 288000 \times G = 18.084.021.120.000 \end{cases}$$

se llega á la ecuación numérica  $\dots \dots \dots (22)$  siguiente

$$80 \cdot v^2 \cdot D^3 - (9600 \cdot v^2 + 4960547460) \cdot D^2 + (288000 \cdot v^2 + 602800704000) \cdot D = 18.084.021.120.000$$

en la que  $v$  y  $D$  no son variables ni incógnitas independientes sino mutuamente ligadas entre sí; como que el valor de  $v$  que corresponde al de  $D$  en esta ecuación es el de la velocidad atmosférica efectiva en el punto *neutro* ó de separación de las atmósferas terrestre y lunar, que llamo de *equilibrio dinámico*. Valores de  $v$  y  $D$  que ha habido necesidad de sustituir, por parejas, para resolver por medio de tanteos y no de otro modo, la ecuación;

pues siendo  $v$  función de  $D$ , aunque esta función pudiera ser expresada algebricamente, hubiera resultado, en el caso mas sencillo (es decir cuando esta función pudiera reducirse á algunas de las formas  $v=n \pm D$  ó  $v=n \cdot D$ ), de quinto grado con relación á  $D$  y siempre con coeficientes numéricos considerablemente grandes.

Pero siendo, como es, la relación que une á  $v$  con  $D$ , algebricamente mucho mas complicada que la de mera suma ó producto y solo conocida aproximadamente por el procedimiento gráfico antes indicado (pág.ª 68) la resolución de la ecuación (22) se hace imposible sin acudir, como digo, á la penosa por medio de tanteos.

Resuelta así, por tanteos, esta última ecuación que luego será comprobada, se llega á saber que solo se verifica para el valor  $D=44'1059$ , radios.

Esta distancia es, pues, la que corresponde al punto que marca la separación y deslinde entre la atmósfera terrestre y la lunar, tenidas en cuenta la atracción de la Luna y la reacción centrífuga de inercia, y no la de 54 radios correspondiente al equilibrio estático, hasta aqui supuesta. Resultando con esto el diámetro de la atmósfera lunar considerablemente aumentado respecto al que habría de asignársele si la atmósfera terrestre estuviese privada del movimiento de rotación alrededor del eje de la Tierra, que indudablemente tiene.

## 25. Observaciones importantes.

1.ª Nótese que á este resultado se ha llegado marchando por caminos y por procedimientos firmes. Es decir, sin la introducción de ninguna hipótesis y solo por medio de la aplicación de las leyes y fórmulas conocidas é indiscutidas.

2.ª Que la ilimitación de la atmósfera terrestre, en altura, quedó demostrada en el núm.º 13 página 61, como consecuencia de que decreciendo la fuerza expansiva de los gaseos en relación al cubo de los radios; la gravedad en razón de los cuadradas, y la reacción centrífuga de inercia tan solo en proporción de las distancias, cualquiera que sea la presión inicial de los gases, siempre se llegará á un cierto nivel en el que la gravitación igualará á la suma de la presión gaseosa mas la reacción centrífuga de inercia, *con tal de que la velocidad de rotación de la atmósfera*, indudablemente decreciente con la altura, *sea suficientemente reducida*—sin cuya condición no se producirá la limitación sino una *total dispersión*—y que pasado este nivel la expansión de la atmósfera estará siempre y á todas las alturas, condicionada por la misma gravitación y por la presión del medio interplanetario.

3.ª Y nótese, de acuerdo con la anterior observación, que se ha llegado á este resultado dando á la velocidad  $v$  los valores reducidos que calcu-

lé en la página 68 para la efectiva de la atmósfera á diversas alturas; pues si se diese á  $v$  el valor centrifugo *radial* que *se le atribuye por muy sabios astrónomos*, la dispersión de la atmósfera terrestre antes de llegar á siete radios, hubiera dado lugar á que la Luna (desprovista como está de rotación y en consecuencia, de reacción centrifuga de inercia, apreciable) hubiese recogido la atmósfera terrestre escedente á los dichos siete radios de altura. O mejor dicho: la Luna habría recogido *toda* la atmósfera terrestre puesto que como acabo de recordar y quedó demostrado en el núm.º 12 página 49, admitida la dispersión al llegar la atmósfera á determinada altura toda ella resultaría dispersada; en cuyo *inadmisible* supuesto la esfera gaseosa lunar no se limitaría al diámetro de doce radios terrestres ni siquiera al de treinta y dos que le corresponderá segun el cálculo anterior, sino que llegaría al de  $(60 - 7) \times 2 = 106$  radios.

A tan absurdo resultado se llega partiendo del absurdo supuesto de que a atmósfera terrestre gira á todas las alturas con la misma velocidad de rotación que el cuerpo sólido terrestre.

4.ª Además (y esto es lo mas grave si cabe algo mas inadmissible que lo anterior) como sobre los polos no se produce reacción centrifuga de inercia, resultaría por una parte ilimitada la atmósfera terrestre sobre estos y limitada ó dispersada, por otra, sobre el plano del ecuador; combinación de hechos no ya difícil sino imposible de concebir en una masa fluida é indefinidamente dilatada como es la mezcla de gases y de vapores que forma la atmósfera terrestre.

Veáse á qué consecuencias conducirían las absurdas *hipótesis* (porque aunque muy generalizadas y arraigadas no se trata mas que de *hipótesis* que vengo combatiendo en todo este trabajo de investigación y demostración) de que la atmósfera terrestre está limitada en altura por efecto de la reacción centrifuga de inercia; puesto que como digo, en tal caso, *por una parte* se habría dispersado la atmósfera sobre el ecuador por efecto de la fuerza expansiva de los gases y de la reacción centrifuga de inercia—en el supuesto tambien seguramente falso de que la atmósfera girase á todas las alturas con la misma velocidad angular que el globo sólido terrestre—y *por otra parte* resultaría estable é ilimitada, en altura, sobre los polos.

5.º Antes de continuar y como comprobación de que la ecuación anterior (22) está bien establecida; haré notar que si en ella se hace  $v=0$  (lo que supone transformar la cuestión cinemática en estática) se reducirá á la de segundo grado.

$$79. D^2 - 9600. D + 288000 = 0$$

que da dos valores para  $D$ . Uno algo mayor de 67'5 radios, para el punto de igual atracción posterior á la Luna, en el que aunque iguales las dos atracciones, se suman, y otro algo menor (como debe ser) de 54 radios,

para el punto intermedio entre la Tierra y la Luna, en el que las atracciones son iguales, y por ser contrarias, se destruyen: Los mismos ya conocidos.

Dicho lo anterior, vemos que surge una

*Segunda reforma en la noción de peso de la unidad de masa atmosférica, entre la Tierra y la Luna.*

26. Para la parte de atmósfera terrestre comprendida entre la Tierra y la Luna y en la dirección de la recta que en cada momento une los centros de ambos astros, es necesario hacer una nueva rectificación de la noción y de los valores del peso de la unidad de masa íntimamente relacionada con la última cuestión tratada. Cuya rectificación consiste en restar de la acción de la gravedad, á cada distancia del eje de rotación, no solo la reacción centrífuga de inercia que actúa en torno del eje de rotación, terrestre, (rectificación que ha dado lugar á la anterior primera reforma en la noción del peso (21) página 77, sino además la intensidad de la *atracción lunar*. Pero esta última tan solo como digo en dirección á la Luna y no todo en derredor del eje de rotación como se produce la reacción centrífuga de inercia.

En estas condiciones el valor del peso de la unidad de masa *entre la Tierra y la Luna* estará dado por la fórmula

$$P = k \cdot \frac{M \cdot a}{D^2} - \frac{a \cdot v^2}{D} - k \cdot \frac{m \cdot a}{d^2} \dots \dots \dots (23)$$

en la que las letras tienen la significación antedicha; á partir de la cual, voy á deducir la fórmula que permite calcular los *pesos relativos* de la unidad de masa á diferentes alturas, con respecto á los que la misma unidad de masas tiene á nivel del mar sobre los polos, donde ni la reacción centrífuga de inercia ni la atracción lunar modifican los valores del peso, dependiente por esto en ellos, solamente, de la acción gravitatoria terrestre.

Es decir, que reduciéndose la fórmula anterior, en los polos, á

$$P' = k \cdot \frac{M \cdot a}{D^2} \quad \text{ó mejor dicho á} \quad P' = k \cdot M \cdot a$$

puesto que á nivel del mar, D es=1, y recordando que k.M=G, la ecuación que nos ha de dar los pesos relativos, buscados, será

$$\frac{P}{P'} = \frac{1}{G} \times \frac{G \cdot d^2 - D \cdot d^2 \cdot v^2 - k \cdot m \cdot D^2}{D^2 \cdot d^2}$$

y puesto que k. m es=k.M:80 porque m (masa de la Luna) es próximamente ochenta veces menor que M, y P'=1 porque P' se toma como unidad ó tipo de comparación, resultará

$$P = \frac{G \cdot d^2 - D \cdot d^2 \cdot v^2}{G \cdot D^2 \cdot d^2} - \frac{D^2}{80 \cdot D^2 \cdot d^2} = \frac{G - D \cdot v^2}{G \cdot D^2} - \frac{1}{80 \cdot d^2}$$

Pero como d=60-D, tendremos inmediatamente conocido para cada

valor de D, el correspondiente de d que se ha de sustituir en esta fórmula, en la que, haciendo

$$G - D \cdot v^2 = A; \quad G \cdot D^2 = B; \quad 80 \cdot d^2 = C$$

puede escribirse mas simplemente de este modo:

$$P = \frac{A}{B} - \frac{1}{C} \dots \dots \dots (24)$$

cuyo cálculo por logaritmos, para el nivel D=1 da P=0'9965 que será el peso, relativo al polar, de la unidad de masa sobre el ecuador, supuesto, en este, D=1.

Este resultado está conforme con lo dicho en la página 82 al advertir que el peso á nivel del mar y sobre el ecuador, ha de ser próximamente 0'01 menor que sobre los polos; puesto que este número 0'9965, que sería el correspondiente á un radio ecuatorial igual al polar, excede en 0'0065 de 0'99 que es el peso de la unidad de masa á la mayor distancia que efectivamente tiene, del centro de la Tierra, la superficie terrestre en el ecuador, que en los polos, como quedó advertido en la aludida página 82.

Pero la anterior fórmula (24) muestra que para distancias á la Luna superiores á 55 radios terrestres, para los cuales el término sustractivo  $\frac{1}{C}$  vale menos de  $\frac{1}{18000}$  es prácticamente equivalente á

$$P = \frac{A}{B} \dots \dots \dots (24)'$$

con un error, en exceso, inferior á  $\frac{1}{18000} = 0'00055$ .

Lo que demuestra la insignificancia de esta segunda corrección del peso por causa de la atracción lunar, para alturas inferiores á cinco radios á partir del eje de rotación terrestre; cuya corrección calculada por la misma fórmula y aplicada á un punto del ecuador terrestre, da la fracción 0'00000359 del peso, como pérdida de este por dicha causa. Con lo cual queda probada la escasísima influencia que en las mareas marinas terrestres, puede tener la atracción lunar á la que principalmente se atribuye la producción de las mismas.

Como comprobación de que la fórmula (24) está bien deducida y da valores conformes con los conocidos, veáse que aplicada á un punto de la superficie lunar frontero á la Tierra, para el cual G=62791740; D=60-d=60-0'25=59'75; D<sup>2</sup>=3565; v=1023, v<sup>2</sup>=1.046529, da el resultado siguiente:

$$P = \frac{A}{B} - \frac{1}{C} = \frac{62791740 - 62530107}{62791740 \times 3565} - \frac{1}{80 \times (0'25)^2} = \frac{261633}{223.842.553.100} - \frac{1}{5} \\ = 0'0000011 - 0'2 = - 0'1999989$$

es decir, poquísimos menos de la quinta parte del peso en la superficie terrestre y negativo, puesto que se produce hacia la Luna.

Como ordinariamente se cuenta  $\frac{1}{6}$  para el peso en la Luna, pero frente á la Tierra este peso está aumentado con la reacción centrífuga de inercia, es claro que la fórmula (24), es buena.

Calculados los *pesos de la unidad de masa* atmosférica por la fórmula y por el procedimiento dicho, se obtienen los valores siguientes para los pesos relativos al polar, á diferentes alturas en el plano del ecuador, y en dirección á la Luna

A un radio. . . 0'9965	á 5 radios 0'033766	á 15 radios 0'00224
2. . . . . 0'2435	á 10 . . . . . 0'006459	á 30 . . . . . 0'000241

llegándose á anular el peso á la altura de *44'1059 radios*, y resultando, como debe ser, todos ellos menores que los correspondientes á las mismas alturas del cuadro de la página 81 relativo á los pesos polares; quedando así mutuamente comprobados unos y otros resultados.

Pasada la altura del punto de igual atracción entre la Tierra y la Luna el peso es como se acaba de ver, negativo con respecto á la primera y positivo con relación á la segunda, puesto que á partir de dicho punto la resultante P de la ecuación (24), pág.<sup>a</sup> 88, se dirige hacia la Luna.

Pero estos pesos entre la Tierra y la Luna, como los calculados anteriormente, no prejuzgan nada sobre la densidad de los cuerpos de que se trate y lo mismo se pueden referir á la unidad de masa del Hidrógeno, que á la unidad de masa del Plomo ó del Platino. O dicho mas claro; que cualquier masa de Plomo situada á la altura de 44,1059 radios del eje de rotación terrestre entre la Tierra y la Luna, en el plano del ecuador y moviéndose en derredor de éste *con la misma velocidad que nuestra atmósfera lleva á dicha altura*, no pesaría nada, ni con respecto á la Tierra, ni con respecto á la Luna.

### *Tercera y nueva rectificación.*

27. Antes de terminar con esta importante cuestión del peso (en general y á diversas alturas, pero sobre el plano del ecuador terrestre) es necesario hacer una nueva rectificación dependiente de que habiéndose calculado lo anterior sobre la base de que la rotación del sistema terro-lunar solo se realiza alrededor del eje terrestre, no es esto lo cierto mas que aproximadamente porque la rotación diurna se combina con la rotación mensual; cuya rotación mensual se verifica alrededor de un eje perpendicular al plano, algo inclinado con relación al ecuador terrestre, de la órbita lunar, pasando en cada momento por el centro de gravedad del sistema Tierra-Lunar. Es decir, que se trata de un movimiento epicycloidal resultante de la

combinación de dos rotaciones; una mensual alrededor del centro de gravedad del par Tierra-Luna, y otra diaria alrededor del eje terrestre; cada una de ellas en plano diferente.

Y como el centro de gravedad del sistema en cuestión está situado á distancias del centro de la Tierra y de la Luna inversamente proporcionales á las respectivas masas, dicho centro se encontrará entre la Tierra y la Luna á una distancia de  $\frac{60}{81} = \frac{20}{27} = 0.74$  radios terrestres del centro de la Tierra; puesto que siendo la masa de la Tierra 80 veces mayor que la de la Luna, el centro de gravedad C distará 80 partes del de la Luna y una parte del de la Tierra.

$$T \frac{1}{\times} \frac{C}{80} \text{-----} L$$

Por esto, tanto el eje de rotación del sistema terro-lunar (no el de la rotación terrestre) como las diferentes alturas anotadas para cada peso, habrán de considerarse trasladadas entre la Tierra y la Luna 0.74.D, en dirección á la Luna. De modo que el punto de separación de las atmósferas, ó de peso nulo tanto en respecto á la Tierra como con respecto á la Luna, se hallará situado á  $44'1059 + 0.74 = 44'8459$  radios terrestres del centro de la Tierra, próximamente.

Por esta causa habríamos de rectificar ligeramente la ecuación numérica (22) y sus consecuencias, relativas á la situación del punto de separación entre las atmósferas terrestre y lunar.

Pero como la situación precisa de este punto neutro está variando constantemente con la distancia de la Luna y en todo lo expuesto no se ha tratado de dar mas que números aproximados, pues ni la diferencia de esta con los exactos tiene influencia en los resultados obtenidos ni en los que faltan, ni sería posible por medio del cálculo llegar á ellos, y como el último (44'8459) difiere muy poco de la distancia de 45 radios cuya cifra divide á la distancia que media entre la Tierra y la Luna en la sencilla relación de  $\frac{3}{4}$  y la pequeña discrepancia de esta con la cifra de 44'8459 lejos de favorecer los resultados que llegaré á obtener es contraria y perjudicial á mis afirmaciones porque da para la atmósfera lunar un diámetro menor que el que resultaría tomando la de 44'8459, adóptaré en adelante este número de 45 radios, para la altura del punto de separación de las atmósferas, que da para el diámetro de la de la Luna treinta radios terrestres juntos, en vez de poco menos de treinta y dos que se le habría de atribuir, adoptando el número 44'1059 para la distancia del punto de peso nulo.

El acierto en la elección de esta cifra se demuestra observando que si se aplica la fórmula (24) al cálculo del *peso de la unidad de masa* que he dedominado *peso masivo*, al punto distante 45 radios del eje de rotación terrestre, con velocidad de traslación efectiva de 1140 metros por segundo, se obtiene el valor *negativo* 0'0000216; es decir, pequeñísimo y en

*dirección á la Luna.* Lo que prueba que á esta distancia de la Tierra ya se está dentro de la acción preponderante lunar.

Aplicando á esta misma distancia y velocidad la fórmula simplificada (24)', y calculando por logaritmos, se obtiene

$$\log P = \log A - \log B = 6'634440 - 11'104270 = \overline{5}530170$$

correspondiente al número +0'0000339 que difiere del anteriormente hallado en 0'0000555; diferencia debida á que en la fórmula simplificada no se tiene en cuenta la atracción lunar que no actúa en dirección trasversal, pero que no puede despreciarse en el cálculo de los pesos masivos en dirección á la Luna, cuando se trata de puntos muy lejanos de la Tierra.

De lo que se deduce, como mas adelante se verá, que la atracción lunar, insignificante para los niveles inferiores á cinco radios terrestres sobre la línea Tierra-Luna, en la atmósfera terrestre, no debe ser despreciada desde que se consideran puntos sobre esta línea correspondientes á distancias mayores que cinco radios á partir del eje de la rotación de la Tierra.

## ATMOSFERA TERRESTRE

### Presiones atmosféricas á muy grandes alturas

28. Siempre avanzando en la resolución del difícil problema aquí planteado llegó un tiempo en que nos formulamos las siguientes preguntas:

En caso de ser posible probar la necesidad de existencia de la atmósfera lunar, su comunicación y relación con la terrestre y las dimensiones asignables á una y otra, así como los valores de los *pesos masivos* atmosféricos sobre los polos, en derredor de la zona ecuatorial y sobre la recta Tierra-Luna, ¿será posible obtener por el cálculo, ya que no lo es por experimentación directa, los valores de las presiones atmosféricas á tan grandes alturas como son las de 30, 45 y 60 radios terrestres?

Y si esto llega á ser posible, ¿lo será igualmente la determinación de la presión atmosférica en la superficie lunar?

La contestación á tales preguntas se hallará en lo que sigue; pero antes de continuar con estas consideraciones he de llamar de nuevo la atención del lector, sobre una diferenciación que podría pasar inadvertida: cuya diferenciación consiste en no confundir el peso ni la acción de la gravedad, en cada nivel, con la *densidad* ni con la *presión atmosférica*, correspondiente al nivel de que se trate; porque la presión en cada uno depende del *peso total acumulado* por la masa atmosférica que gravita sobre el aire *por encima de dicho nivel*, y no simplemente de los valores del peso de la unidad de masa correspondiente á cada altura, dados por las tablas anteriores, números 21 y 26 páginas 81 y 89.

Y en cuanto á la densidad hay que distinguir el caso de los fluidos *incompresibles*, como son sensiblemente los líquidos, del caso de los fluidos *compresibles*, es decir aquellos cuyos volúmenes se reducen por la compresión (como son los gases y por tanto nuestra atmósfera); porque siendo los volúmenes en los gases inversamente proporcionales á las presiones, las densidades y con estas los pesos por unidad de volumen resultan proporcionales á las presiones, sin relación inmediata y sencilla con el peso de la unidad de masa en el punto considerado; observación ésta de gran interés para el cálculo que va á seguir.

Por esto y puesto que el peso efectivo de la unidad de volumen depende no solo de la cantidad de materia contenida en dicha unidad volumétrica en cada lugar, sino de la intensidad de la gravitación hacia la Tierra y hacia la Luna, así como de la reacción centrífuga de inercia, no se debe olvidar por mucha que sea la estrañeza que pueda producir lo que tantas veces vengo repitiendo, que una masa gaseosa (lo mismo que las sólidas y líquidas) puede llegar á perder el peso sin perder la presión ni la densidad: que es el caso en que se encuentra la capa atmosférica situada á sesenta radios terrestres del centro de la Tierra y en el plano del ecuador, si se traslada á razón de 1025 metros por segundo, como la Luna; á cuya distancia nuestra atmósfera, aunque sin peso, tendrá una cierta presión y densidad ambas desconocidas por el momento, pero que inmediatamente voy á calcular.

Pero también llega á perder la atmósfera terrestre totalmente el peso como hemos visto á menor distancia entre la Tierra y la Luna, en el punto que he llamado *neutro* ó de contacto y separación de las atmósferas de estos astros, sin que por esto hayan de carecer las atmósferas en cuestión de densidad en tal lugar, como despues veremos, ni de cierta presión, por el momento desconocida.

Estas presiones, que van aumentando de arriba hacia abajo, son, pues, agregados de sumas de pesos; verdaderas integrales dependientes no solo de los valores del *peso masivo* á diversas alturas (contenidos estos en las tablas anteriores) sino también de las densidades particulares de los gases y vapores que constituyan la atmósfera terrestre en cada nivel, de las temperaturas en ellos y de una gran diversidad de influencias y de coeficientes imposibles de conocer exactamente, siempre cambiantes entre estrechos límites.

Como no pretendo dar cifras precisas porque en todo caso las que habrían de hacerse entrar en las fórmulas serían constantemente mudables (como lo es la presión atmosférica en todos los puntos de la superficie terrestre) sino valores medios, relativos entre sí y aproximados, demostrativos en el punto concreto que voy á tratar ahora, de que tanto la presión como la densidad atmosférica á grandes alturas (especialmente en la zona ecuatorial y aun mas entre la Tierra y la Luna) son notablemente mayores

de lo que se pudiera imaginar en vista del rápido decrecimiento de estas presiones observado en los niveles inferiores de la atmósfera, calcularé dichas presiones y densidades, relativas, á diversas alturas; 1.º sobre los polos terrestres: 2.º sobre el plano ecuatorial y en dirección transversal, ó sea perpendicular á la recta Tierra-Luna, y 3.º sobre esta última línea.

Con este objeto y sobre las bases anteriores puede llegarse al resultado apetecido observando que cualquiera que sea la densidad, la composición fisico-química, la temperatura y las demas características de la atmósfera terrestre á diversas alturas, en las diferentes capas ó zonas, los gases que las compongan han tenido que distribuirse y escalonarse por orden de densidad decreciente desde la superficie terrestre hacia arriba de un modo sensiblemente uniforme en todas las latitudes geográficas y en cada capa, puesto que dada la fluidez de los materiales atmosféricos, los gases pueden trasladarse y se trasladan, como vemos, con gran facilidad desde el ecuador hacia los polos ó viceversa, á la menor variación de presión, de temperatura, de humedad, ó de cualquiera otra acción dinámica procedente del interior ó del exterior á la Tierra.

En cuanto á la temperatura, que podrá ser á cada altura y en cada zona, inferior sobre los polos que sobre el ecuador, no hay necesidad de conocerla ni de tenerla en cuenta, especialmente y con gran precisión en el presente cálculo, por lo mismo de que es uno de los elementos contribuyentes á la densidad y la presión en cada punto, que vamos á llegar á calcular sin necesidad de saber cuales son dichos elementos, ni la importancia de ellos.

O dicho con toda claridad porque conviene fijar bien las ideas: que para la determinación de las presiones á que vamos á llegar no nos hace falta ni nos interesa conocer la composición fisico-química, la temperatura, el grado de humedad, ni los demas factores que se suman y combinan con el peso masivo propio de cada punto del sistema terro-lunar para determinar la densidad y presión media de la atmósfera en cada lugar, porque no vamos á determinar las presiones *transitorias* y *cambiantes* que en momentos y en lugares dados, puedan ser los de la atmósfera terrestre, sino las presiones *medias* y *permanentes* á las que las transitorias vuelven indefectiblemente, como resultantes que son del sistema de fuerzas y de mas elementos que sobre la atmósfera, actúan. Y porque dadas la fluidez y compresibilidad de los componentes atmosféricos, la variabilidad de los accidentes aludidos y *la invariabilidad de las alturas correspondientes á pesos masivos, determinados*, en los diferentes lugares del sistema terro-lunar, en movimiento, son dichos elementos variables los que se han de acomodar y se acomodan á la situación y entidad de los pesos masivos, y no éstos á los elementos efimeros y cambiantes, trasladándose para ello los materiales atmosféricos de unos á otros lugares, dilatándose ó comprimién-

dose, mezclándose ó separándose por precipitación, condensándose ó vaporizándose, con gran facilidad, como vemos todos los días que sucede con los vientos, las lluvias, nublados, nevadas ó vaporización del agua, y demas meteoros que responden rápidamente á las influencias de cualquier pequeña perturbación. *Lo que simplifica extraordinariamente el poblema,*

En cuanto á las alturas correspondientes á cada capa ó zona de densidad y presión determinada, podrán ser y son diferentes sobre los polos, sobre la recta Tierra-Luna y sobre la perpendicular á esta en el plano ecuatorial.

Por otra parte; dada la compresibilidad de los gases y vapores y la proporcionalidad inversa entre las presiones y los volúmenes de cada porción atmosférica, las densidades ó pesos por unidad volumétrica, son como antes recordé, proporcionales á las presiones atmosféricas y á los pesos masivos segun un coeficiente experimental que habrá necesidad de determinar en cada caso. De modo que conocidas las presiones y este coeficiente podremos determinar las densidades y presiones atmosféricas, y viceversa.

Con estos antecedentes y el seguro y bien conocido de los *pesos masivos* anteriormente determinados para cada altura en las tres direcciones rectangulares dichas (polos, recta Tierra-Luna, y la perpendicular á estas dos, páginas 81 y 89), podemos pasar á la determinación de las presiones correspondientes á las diferentes alturas en cada una de estas direcciones, empezando por deducir una

### Fórmula para calcular las presiones atmosféricas correspondientes á diferentes y grandes alturas

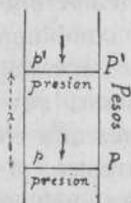


FIG. 3.ª

29. Imaginemos dividida la atmósfera en columnas verticales de base unidad, cualquiera que esta sea, y cada columna dividida á su vez en zonas ó capas horizontales de alturas  $a$ , iguales estas ó desiguales.

Supuesto esto, es evidente que la presión  $p$ , en la base de cada zona es igual á la presión  $p'$  en la parte alta de la misma, aumentada con el peso efectivo y total de la zona gaseosa de altura  $a$ .

Como tanto los pesos como las presiones varían de un modo continuo con la altura, se hace muy difícil ó imposible el cálculo exacto de los pesos y de las presiones correspondientes á cada zona ó nivel. Pero se facilitará dicho cálculo operando de abajo hacia arriba por zonas de altura conveniente y observando que el peso efectivo en cada una es igual al producto de la cantidad de masa contenida en la zona por el peso masivo ó de la unidad de masa, en cada nivel. *Peso masivo* este último perfecta y exactamente calculable y ya calculado para diversas alturas, tanto sobre los polos

como en dos direcciones perpendiculares entre si, en el plano ecuatorial.

Tomando zonas de poca altura (ó mejor, de diferencias de nivel entre os cuales las variaciones de los pesos y las presiones sean relativamente moderadas) se puede admitir que la presión media en cada zona vale  $\frac{p+p'}{2}$  y el peso masivo medio ó de la unidad de masa vale  $\frac{P+P'}{2}$  en la misma zona; aunque en realidad tanto

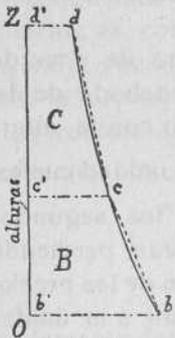


FIG.ª 4.ª

la presión como el peso medio en cada zona, son algo menor que los dados por estas semisumas, por cuanto siendo representables los pesos y las presiones por curvas de la forma *bcd*, figura 4.ª, asíntóticas al eje de alturas *OZ*, la sustitución de los verdaderos valores de las presiones y pesos por las semisumas expresadas, equivale á la sustitución de las áreas de contorno curvilíneo *B*, *C*. por las trapecoidales de contorno rectilíneo (*bb'c'c'*) (*cc'd'd'*), que son mayores.

Pero como esta diferencia y sustitución es contraria y perjudicial al resultado que voy á obtener, y como introduciré cierta compensación de esta causa de error (página 98) que por abreviar no puedo especificar ahora, continuo con la deducción de la fórmula buscada, en la seguridad de no caminar engañado.

Por otra parte: como el peso efectivo de cada zona varía con la masa de los gases, siendo esta directamente proporcional á la densidad, ó lo que es lo mismo, á la presión (puesto que en los gases la densidad es directamente proporcional á la presión) y como dicho peso efectivo en cada zona es también proporcional á la altura de esta y al peso masivo medio de la unidad de masa en la zona, el peso total de cada zona será directamente proporcional á  $\frac{p+p'}{2}$ ; á  $\frac{P+P'}{2}$ , y á *a*; y por tanto al producto  $\frac{p+p'}{2} \times \frac{P+P'}{2} \times a$ ; y dicho peso efectivo igual á este producto multiplicado por un cierto coeficiente *s*, por el momento desconocido pero que pronto será determinado.

Sentado esto es evidente, como al principio dije, que la presión en la parte superior de cada zona de base unidad (arbitraria) y de altura *a*, será la diferencia entre la inferior y el peso efectivo de la zona gaseosa considerada, ó sea

$$p' = p - s. a. \frac{p+p'}{2} \cdot \frac{P+P'}{2}$$

de donde desarrollando se deducirá

$$4. p' = 4. p - s. a. p. (P+P') - s. a. p'. (P+P')$$

$$4. p' + s. a. (P+P'). p' = 4. p - s. a. (P+P'). p$$

$$[ 4 + s. a. (P+P') ] . p' = [ 4 - s. a. (P+P') ] . p$$

y de aqui 
$$p' = \frac{4 - s.a.(P + P')}{4 + s.a.(P + P')} \times p \dots \dots \dots (25)$$

fórmula en la que solo falta dar á *s* el valor que experimentalmente ha de ser determinado.

Pero antes de llegar á esta determinación obsérvese que de acuerdo con cuanto vengo diciendo en este Estudio, la fórmula (25) acabada de deducir, demuestra; 1.º que la presión va siempre disminuyendo con la altura porque la fracción  $\frac{4 - s.a.(P + P')}{4 + s.a.(P + P')}$  siempre es menor que la unidad cualquiera que sean los valores de *P* y *P'*; 2.º que como los segundos términos del numerador y denominador de la fórmula (25) van perdiendo valor con la altura á medida que (*P + P'*) disminuye, la relación de las presiones *p'* à *p* (siempre menor que 1) se aproxima constantemente á la unidad misma á medida que ascendemos en nivel atmosférico, *sin llegar*, no obstante, al valor uno, á *ninguna altura* por grande que esta sea; de modo, que, decreciendo siempre la presión á medida que aumenta la altura ó nivel atmosférico, la relación de la presión superior á la inferior en cada zona y cualquiera que sea la altura de estas, va siendo cada vez mayor sin llegar á valer la unidad por muy alto que sea el nivel en cuestión; de manera que representando gráficamente las presiones por la curva *b c d* de la figura 4.º el eje de alturas resulta asíntotico de la curva de presiones, y 3.º que en ningún caso ni á ninguna distancia de la Tierra ni de cualquier núcleo sólido atractivo, llámase este Luna, Sol, ó de cualquier otro modo, puede anularse la presión del medio fluido dilatado y pesado que rodea á dicho núcleo, no solo por lo que resulta de la fórmula (25) sino como se demuestra por las consideraciones siguientes:

Es evidente que si la atmósfera terrestre ó la de cualquier otro astro, no pasase de una determinada altura y superficie de *a - a* mas allá de la cual reinase el absoluto vacío, no estando contrarrestada dicha presión, por debil que fuese, por ninguna presión exterior y siendo dilatado la masa gaseosa sin limitación, la presión interior de esta masa trasladaria dicha superficie de separación entre la atmósfera y el vacío indefinidamente hacia el exterior, y con esto sobrevendria la total dispersión de los gases en el Espacio infinito.

Mas como nuestra atmósfera no ha sufrido tal desaparición, claro está que siempre y á cualquier distancia del espacio interplanetario existe alguna presión que, gradualmente creciente hacia abajo, por efecto del peso de la masa gaseosa mas distante de los núcleos sólidos atractivos, produce el resultado de retener nuestra atmósfera y las de los demás planetas, concentradas alrededor de los cuerpos sólidos de los mismos.

Dicho lo cual y encontrada la fórmula buscada, pasemos ya á la

*Determinación del coeficiente s*

30. Este coeficiente *s* quedará determinado si, como ya se ha hecho con otros coeficientes en los problemas anteriormente resueltos en este estudio de investigación, podemos conocer su valor en un solo caso, porque dicho coeficiente es, como se verá, constante.

Despejando, pues, en la fórmula (25) el valor de *s*, ó mejor dicho el del producto *a.s* (porque lo que resulta ser constante es este producto) por medio de las transformaciones

$$\begin{aligned} \text{s. a. } (P + P') \cdot p + \text{s. a. } (P + P') \cdot p' &= 4 \cdot p - 4 \cdot p' = 4 \cdot (p - p') \\ \text{s. a. } (P + P') \cdot (p + p') &= 4 (p - p') \end{aligned}$$

se deduce

$$\text{s. a.} = \frac{4 (p - p')}{(p + p') \cdot (P + P')} \dots \dots \dots (25)'$$

valor perfectamente determinado y determinable adoptando el que este producto toma en algun caso particular. Y para ello notemos segun la fórmula que sirve para el cálculo de alturas por medio de las observaciones barométricas contenida en las páginas 272 y siguientes del *Anuario del Bureau de Longitudes* de París, del año 1905 y de las experiencias directas hechas en las ascensiones aereostáticas del sabio meteorólogo y aeronauta ingles J. Glaisser, en Inglaterra y en el norte de Francia, que á los 50° de latitud geográfica á que se refieren tales experiencias, y á 6370 metros de altura (es decir, á un nivel igual á 0'001 del radio terrestre puesto que este mide 6370 kilómetros) y con diferencia descendente de 27° en la temperatura, la presión atmosférica se reduce á 343'4 milímetros, como término medio de muchas experimentaciones.

Pero como 343'4 milímetros es  $\frac{343'4}{760} = 0'45185$  de la presión normal á nivel del mar, el valor del producto *a.s* se deducirá por medio de la fórmula (25)' de los siguientes elementos

Pesos masivos á nivel del mar	}	sobre los polos 1'000; sobre el ecuador 0'9965 en la latitud 50.º . . . . . 0'9984
-------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------

Pesos masivos á la altura de 0'001	}	sobre los polos 0'998; sobre el ecuador 0'9946 en la latitud 50.º . . . . . 0'9965
------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------

Con estos números calculemos ya el valor del coeficiente *a.s*

$p = 1$ ,, $p' = 0'45185$		$p - p' = 0'54815$
$P = 0'9984$ ,, $P' = 0'9965$		$P + P' = 1'9949$

$$a.s = \frac{4 \times 0'54815}{1'45185 \times 1'9949} = \frac{2'19260}{2'89629} = 0'757037$$

ó sea 0'757 en cifras redondas.

Sustituido este valor del coeficiente  $a.s$  en la fórmula (25) aplicada al cálculo de la presión atmosférica á los 50° de latitud y á la altura de 6370 metros, que, como digo, es un milésimo del radio terrestre, dá

$$p' = 1 \times \frac{4 - 0.757 \times 1.9919}{4 + 0.757 \times 1.9949} = \frac{4 - 1.510.}{4 + 1.510.} = \frac{2.4899}{5.51} = 0.451887$$

valor ligeramente superior al que ha servido de base para la determinación de dicho coeficiente; lo que introduce la pequeña corrección, en aumento, de las presiones que vamos á determinar por medio de la fórmula (25), promediada en la página 95, ya que la sustitución del contorno poligonal al curvilineo de la figura 4.<sup>a</sup>, producía cierta disminución en las presiones.

Queda de este modo comprobado el valor del coeficiente  $a.s=0.757$ ; y nótese, como antes advertí, que lo que resulta constante en las fórmulas (25) y (25)' es el producto  $a.s$  y no simplemente  $s$ , porque para las mismas presiones y pesos del segundo miembro, de la fórmula (25)' el valor de este producto es uno solo y determinado cualquiera que sea el de  $a$ : de modo que si en el producto  $a.s$ ,  $a$  crece,  $s$  ha de disminuir, y viceversa.

Sustituido el valor hallado para el coeficiente  $a.s$  en la fórmula (25) queda convertida en

$$p' = p \times \frac{4 - 0.757.(P + P')}{4 + 0.757.(P + P')} \dots \dots \dots (26)$$

con independencia de los valores de  $a$ , con tal de que estos no sean demasiado grandes (lo que ya veremos el modo de comprobar); *cuya fórmula contiene implícitamente la influencia de la reducción de temperatura con la altura* puesto que esta influencia ha intervenido en la determinación del valor de  $s$ , á la altura  $a$ . Quedando de este modo reducida la fórmula (26) á una relación definida y de facil aplicación entre los pesos masivos y las presiones correspondientes á cada nivel atmosférico.

Resultado es este altamente notable y racional que pudiera haber sido previsto, porque escrita la fórmula (25)' bajo la forma

$$s \cdot a = \frac{p - p'}{\frac{p + p'}{2} \cdot \frac{P + P'}{2}}$$

en la que tanto el numerador como el denominador representan el peso efectivo de la masa gaseosa de altura  $a$ , aunque formulado las dos maneras diferentes, demuestra que el producto  $s.a$  es un coeficiente de *equivalencia* entre ambos modos de apreciar el mismo peso, en relación con los valores conjugados particulares de las presiones y de los pesos masivos. Es decir, constante para la mezcla gaseosa y para la intensidad de la gravitación en cualquier nivel, y por tanto en el que se han determinado el valor de este producto, en el caso particular considerado.

**31. Tabla de pesos masivos, presiones y velocidades efectivas de la atmósfera terrestre, á diversas alturas ó niveles.**

Alturas en radios	EN LOS POLOS		EN EL PLANO ECUATORIAL				
	Pesos	Presiones	Velocidades efectivas	Dirección trasversal		Dirección Tierra-Luna	
				Pesos	Presiones	Pesos	Presiones
1'000	1'000	1'0000	465	0'9965	1'0036	La atracción lunar, en estos niveles, no llega á afectar el valor de los pesos masivos, en la 5. <sup>a</sup> cifra decimal, y por consiguiente tanto los pesos como las presiones son, sensiblemente, los mismos por bajo del nivel 5' en la dirección T-L que en la dirección trasversal	
1'001	0'998	0'4513	465'46	0'9946	0'4513		
1'002	0'996	0'2039	465'93	0'9925	0'20588		
1'003	0'994	0'09055	466'40	0'9905	0'09356		
1'004	0'992	0'04108	466'86	0'9886	0'0426		
1'005	0'990	0'0186	467'33	0'9866	0'01942		
1'007	0'986	0'00847	468'26	0'9827	0'0087		
1'01	0'98	0'00389	469'65	0'9767	0'004		
1'02	0'961	0'0018	474'30	0'9580	0'00185		
1'04	0'9245	0'00082	483'65	0'9061	0'0009879		
1'07	0'874	0'00040	497'60	0'8697	0'000477		
1'1	0'826	0'00020	511'50	0'8226	0'00024558		
1'2	0'694	0'00011	558—	0'6903	0'00013628		
1'5	0'444	0'000071	690—	0'43935	0'00008810		
2'—	0'25	0'0000545	900—	0'2435	0'00006785		
5'—	0'04	0'0000488	1400—	0'03377	0'00006106		0'033766
7'—	0'0204	0'00004769	1498—	0'015309	0'00005988		0'015304
10'—	0'01	0'00004715	1490—	0'006464	0'00005950		0'006459
15'—	0'0044	0'00004674	1440—	0'002243	0'00005919		0'002237
30'—	0'0011	0'00004660	1270—	0'000255	0'00005914		0'000241
44'106						Nulo	
45'—	0'00049	0'00004659	1140—	0'0000339	0'00005897	0'0000216	
60'—	0'00028	0'00004658	1023—	Nulo	0'00005889	Pesos y presiones de la atmósfera lunar.	
75'—	0'000178	0'00004658	915				

NOTA.—El último peso masivo (0'0000216) de la penúltima columna es negativo con relación á la Tierra y positivo con relación á la Luna.

La constancia del dicho producto  $a.s$  se ha comprobado y corroborado, como se verá, al hacer uso de esta fórmula; al aplicar la cual se ha de tener cuidado, no obstante, para el cálculo previo de los valores de  $P$  y  $P'$ , de considerar dividida la altura de la atmósfera en zonas suficientemente delgadas para que el contorno poligonal de la fig.<sup>a</sup> 4.<sup>a</sup> no se aparte sensiblemente de las curvas de pesos y presiones  $b c d$ ; puesto que el artificio que nos ha conducido á esta fórmula ha sido el de sustituir las curvas de pesos y presiones por el contorno poligonal rectilíneo. Lo que se logró dando á las zonas muy escasa altura en los niveles bajos en razón al rápido decrecimiento de la presión en estos (aunque no inferiores á un milésimo del radio terrestre) aumentando progresivamente las alturas de las zonas en los niveles medios y llegando á zonas de gran altura en los mas elevados, en que los pesos, masivos, y con ellos las presiones, sufren escasa variación entre diferencias de nivel muy considerables.

Por medio de dicha fórmula (26) y las que nos sirvieron para calcular los *pesos masivos*, en las tres direcciones rectangulares dichas, están calculados, como digo, los números de la anterior tabla.

32. Obsérvese á la vista del cuadro 31, que el espesor asignable á la atmósfera terrestre resultaría pequeñísimo con relación al diámetro del cuerpo sólido del planeta, si limitásemos la consideración de ella á presiones y á densidades de cierta importancia, como opinan los que pretenden reducir excesivamente su altura, que consideran limitada; pues á la de 0'001 del radio terrestre, ó sea á unos *seis* kilómetros, la presión queda reducida sobre el ecuador, á menos de la mitad de la que conocemos; á 0'005 del radio terrestre ó sea unos *treinta* kilómetros, la presión atmosférica queda reducida á menos de dos centésimas de la normal á nivel del mar (unos 15 milímetros de mercurio), y á la altura de 0'01 del radio, ó sea á menos de *sesenta y cuatro* kilómetros, la reducción de presión es tanta que esta no excede (sobre el ecuador) á dicha altura, de cuatro milésimas (3 milímetros de mercurio) de la presión inferior en que vivimos; quedando por bajo de esta presión, á esa altura, sobre los polos.

Esta extremada condensación ó limitación de la densidad atmosférica, en altura, no es pues como se supone, condición especial de la atmósfera lunar, sino que, al contrario de los que opinan tan ligeramente, ya se verá al tratar de la misma cuestión con relación á la atmósfera lunar, que la rápida reducción progresiva de la presión es proporcionalmente mucho menor en la atmósfera lunar que en la terrestre, á consecuencia de que siendo la masa de la Tierra unas ochenta veces mayor que la de la Luna, la compresión de las capas inferiores en las respectivas atmósferas, resulta mucho mas fuerte en la Tierra que en la Luna.

Por otra parte:

Las presiones 0'00005919 de la atmósfera á los 45 radios de distancia

sobre la línea Tierra-Luna, en el punto de contacto y deslinde entre las atmósferas terrestre y lunar, y la de 0'00005889 sobre el plano ecuatorial á los 60 radios del eje de rotación terrestre, de la tabla anterior (equivalente la primera á 0'0449 milímetros de altura de mercurio ó 0'61 milímetros de altura de agua en la columna barométrica) aunque muy pequeñas, no tienen nada de despreciables y excluyen toda idea de un supuesto *vacío* interplanetario. Quedando con este número (0'0449 milímetros de altura de mercurio para la presión, á los 45 radios y en el punto común á las atmósferas terrestre y lunar) contestada la primera de las preguntas últimamente formuladas (página 91).

33 Como comprobación de que la fórmula (26) da idénticos valores para determinado nivel, cualquiera que sea la altura tomada para las zonas, con tal de que se cumpla la condición antedicha, página 100, veamos que calculando las presiones sobre los polos por zonas de mucha más altura que las del anterior cuadro, se llega, con dicha fórmula, á resultados sensiblemente iguales á los de la tabla. Para esto pasemos del nivel 10 al 30 y del 30 al 60, directamente, y notemos que calculando de este modo se obtiene para la presión á 30 radios de altura, 0'00004680119 en vez de la 0'00004660193 de la tabla; y 0'00004677192 para el nivel 60, en vez de la presión 0'00004658534 correspondiente á la tabla. Quedando con esto cumplido el ofrecimiento hecho en el núm.º 30 páginas 97 y 98 de justificar la constancia del valor del coeficiente  $s \cdot a = 0'757$ .

Las pequeñísimas diferencias de 0'00000019926 y 0'00000018658, entre las presiones calculadas de uno y otro modo, que son 0'0042 y 0'00376 proporcionalmente (mayores las calculadas del segundo modo que las del primero) á las contenidas en las tablas, perfectamente justificadas y previstas por causa de la diferente manera de desarrollar los contornos poligonales (figura 4.ª) que sirve de base á los anteriores cálculos, así como las demás consideraciones anteriores, son garantía no solo de la constancia del coeficiente  $s \cdot a$  sino de que, en todo caso, las presiones consignadas en la tabla no se apartaran mucho de las verdaderas.

\* \* \*

34. Ya que se ha podido llegar á este sorprendente resultado, cuyo intento parecía temerario, podemos empezar á considerar posible, también la contestación á la segunda pregunta de la página 91; ó sea la determinación de la presión atmosférica sobre la superficie lunar. Pero antes de pasar á contestar esta interrogación, terminaré el estudio de la atmósfera terrestre (dentro de los límites á que el presente se refiere) con las siguientes observaciones, de gran interés:

1.ª Cualquiera que sea la rectificación que pudiera sufrir la anterior tabla de pesos y presiones, queda con lo dicho suficientemente probado

que, aunque penosamente, se pueden calcular las presiones atmosféricas á tan grandes alturas, con bastante aproximación.

2.<sup>a</sup> Que por muy distante de la Tierra que esté un punto determinado del espacio interplanetario siempre encontraremos en él flúidos aeriformes dotados de presiones mensurables, y no el vacío absoluto.

3.<sup>a</sup> Al ver cómo hemos podido deducir las presiones atmosféricas á todas las alturas ó niveles á partir de dos valores de estas presiones—la media á nivel del mar y la que se observa en la latitud de 50.<sup>o</sup> á los 6370 metros de altitud, igual á 0'001 del radio terrestre, hasta llegar en tres direcciones rectangulares á niveles suficientemente elevados para que la acción atractiva de la Tierra quede en una de ellas compensada por la reacción centrífuga de inercia y por esta mas la acción atractiva de la Luna, en otra dirección, sobre la base segura de los valores *fijos, invariables y posibles de calcular, de los pesos masivos* á todas las alturas y en las tres direcciones dichas, asi como de los valores limitados de la velocidad de traslación efectiva de la atmósfera—es claro que igualmente hubiésemos podido seguir una marcha descendente hasta llegar á la superficie terrestre, en el cálculo de las presiones, á partir de la presión interplanetaria, si esta nos hubiese sido previamente conocida en algun punto de situación determinada.

O dicho de otro modo: que de la misma manera que la presión á 60 y mas radios de altura, depende matemáticamente de la presión inferior y de los pesos masivos, propios, fijos é invariables para la Tierra, dada su masa, su diámetro y la velocidad de su rotación, depende matemáticamente la presión inferior y las correspondientes á todos los niveles, de la presión del medio en que la Tierra flota y de los pesos masivos, que son propios de la masa, tamaño y velocidad de rotación, terrestre.

4.<sup>a</sup> Por esto y puesto que pasada la altura de la Luna la gravedad y la reacción centrífuga de inercia efectivamente producida en los mas elevados niveles, se igualan, la mas pequeña causa de dilatación ó de contracción, aceleratriz ó retardatriz de la velocidad de traslación atmosférica será suficiente para producir fuertes depresiones ó compresiones, relativas, en aquellas regiones de la atmósfera, que se transmitirán con cierto retardo, á las capas inferiores, hasta llegar á la superficie terrestre.

Pero en el régimen normal del sistema planetario, es decir, mientras no intervenga en él algun elemento extraño de gran potencialidad, estas alteraciones no pueden ser permanentes y definitivas sino simples oscilaciones transitorias; puesto que pasada la causa perturbadora volverá á ocupar cada capa atmosférica de densidad determinada, la posición de equilibrio que le corresponda, acomodada á la presión y densidad normal del medio interplanetario que rodea á la Tierra.

5.<sup>a</sup> Es elaro que la influencia de las alteraciones surgidas en la presión atmosférica de las altas regiones, será multiplicada extraordinariamen-

te al transmitirse á los niveles inferiores, en relación á la distribución de presiones correspondientes á cada uno de los niveles atmosféricos; por lo cual las perturbaciones procedentes del exterior de la Tierra serán aumentadas al transmitirse hacia abajo en la relación y proporción en que están las presiones 0'00004658 á 75 radios de la altura sobre los polos con 1'00 que se ha tomado como unidad de presión á nivel del mar. O dicho mas claro y por medio de un ejemplo; que una mínima perturbación de 0'0000023 de atmósfera en la presión por encima de la Luna, representante de  $\frac{0'0000023}{0'0000466} = 0'5$  de la presión en tales regiones, ocasionará una alteración barométrica de  $0'05 \times 760 = 38$  milímetros en la columna del barómetro de mercurio; suficiente para causar los mayores desastres en la superficie terrestre, si la perturbación se produce rápida y desigualmente.

6.<sup>a</sup> Aunque bien claramente se deduce de las observaciones anteriores, importa mucho consignar que la presión atmosférica sobre la Tierra depende de la que existe en el medio interplanetario; porque sin esta, dilatándose la atmósfera mas y mas ( aunque sin desligarse del globo terráqueo y siempre en la relación de presiones de la tabla anterior) llegaría la presión, atmosférica, sobre la Tierra, á reducirse á un valor infinitesimal á consecuencia de la inmensidad del volumen que la atmósfera terrestre (y las de los demas planetas) habría de tener que llenar. Es decir; que si la Tierra y los demas planetas tienen atmósferas es porque el espacio interplanetario no está vacío y porque, en su consecuencia los planetas condensan á su alrededor tanta mas atmósfera, y esta con tanta mas densidad en su base, cuanto mayores son las masas planetarias.

7.<sup>a</sup> A los que óbjeten la insignificancia de las presiones correspondientes á los altos niveles de la tabla anterior, hay necesidad de decirles que por muy pequeñas que sean estas presiones y densidades, no pueden confundirse con el supuesto vacío, y que estas resultan enormes en relación á la densidad que se atribuye por la ciencia astronómica á las brillantes estrellas mas jóvenes. Pues como se consigna en la página 75 del núm.<sup>o</sup> 108 de la revista de la Sociedad Astronómica de España y América, la densidad de las estrellas Arturo y Antares, se evalúa en muchos millones de veces menores á la de nuestra atmósfera en las capas mas bajas. ¡Y, sin embargo, aquellos prodigiosos luminares no tienen nada de despreciables!

y 8.<sup>a</sup> En vez de notar y extrañar el retardo, afirmado en la Memoria de 1905 y en el presente Estudio, del movimiento de rotación de la atmósfera terrestre, con la altura, lo que debe notarse es el retraso producido en la velocidad de traslación de la atmósfera terrestre á medida que se descende en ella, asi como la del globo sólido de la Tierra; pues en todo sistema mecánico en rotación, *que se contrae*, la velocidad angular crece en relación á esta contracción, de tal modo que se conserva constante la veloci-

dad efectiva de traslación. Retraso evidente en la rotación terrestre con relación á la de la Luna en su órbita, pues en vez de caminar los puntos del ecuador terrestre y la capa inferior de nuestra atmósfera, á la velocidad, de 1025 metros por segundo que corresponde á la misma, á la distancia lunar, solo se mueve á razón de 465 metros, sobre el ecuador.

Dicho todo lo cual, conviene hacer la siguiente consideración respecto á la

### Forma de la atmósfera terrestre

35. No estando limitada exteriormente nuestra atmósfera como lo podría estar un cuerpo sólido, solo podemos referirnos al hablar de su forma á la que afectan en ella las capas de igual densidad; forma que se deduce de las alturas sobre los polos y en las dos direcciones consabidas, sobre el plano ecuatorial, en cada una de cuyas tres direcciones reinan las presiones de la tabla anterior, puesto que las densidades para los mismos gases, son proporcionales á las presiones.

Si con este objeto formamos un cuadro de correspondencia de alturas con las presiones consignadas en dicha tabla, observaremos que aunque las de las diferentes capas crecen desde el principio mas rapidamente sobre el ecuador que sobre los polos, este ensanchamiento ecuatorial de la atmósfera terrestre (ó lo que es lo mismo, su aplastamiento polar) que en las capas bajas es muy poco pronunciado, toma en ella grandes proporciones desde que se pasa de capas cuyas presiones no llegan á una diezmilésima de atmósfera, ó sea desde la altura de radio y medio, en adelante, sobre los polos. Hasta el punto de que las capas de densidad igual á las de las situadas á 60 radios de altura en el plano del ecuador y en dirección trasversal á la de la Luna, no alcanzan la altura de 2 radios sobre los polos; siendo aun mayor dicho aplastamiento en dirección á la Luna y en el plano ecuatorial, puesto que la presión de 0'00005919, que en la dirección trasversal corresponde á la distancia de 15 radios, corresponde á los 45 radios de dicho eje, en dirección á la Luna y solo á 1'8 radios terrestre, sobre los polos.

Este gran ensanchamiento de conjunto ó sea el de las capas exteriores y mas elevadas de la atmósfera terrestre, recuerda al de la totalidad del sistema planetario; al de la Via Láctea á que el mismo pertenece; al de las nebulosas espirales, y sugiere ideas que no desarrollo, respecto á los misteriosos anillos de Saturno.

Mas consideraciones pueden deducirse de todo lo anterior respecto á la constitución de la atmósfera terrestre; pero por no alargar demasiado este ya extenso Estudio, paso al particular de la

## ATMOSFERA LUNAR

Despues de lo dicho respecto á esta y á los demas antecedentes hasta aqui expuestos, la primera cuestión que surge al continuar el estudio de la atmósfera lunar es la determinación de la

### Presión atmosférica sobre la superficie lunar

36. Aplicando la fórmula (26) desde el nivel 45 hasta la superficie lunar, ó sea descendiendo dentro de la atmósfera lunar desde el punto de separación de las atmósferas, hacia la Luna, las presiones, que fueron disminuyendo desde la superficie terrestre hasta el punto que llamé *neutro*, irán aumentando de nuevo por efecto del incremento que los pesos masivos *en dirección á la Luna*, reciben por parte de la atracción lunar y de la reacción centrífuga de inercia, siempre crecientes ambas con la distancia á la Tierra, mientras continúa decreciendo la atracción terrestre; trocándose en negativos dichos pesos con relación á la Tierra como ya hice notar, desde que al pasar por el punto neutro, llegó á anularse el peso.

Y como estos pesos masivos son exactamente calculables, llegaremos, á obtener por medio de la aplicación de dicha fórmula (26) las presiones que reinan en los diferentes niveles de la atmósfera lunar y por tanto, la que corresponde á la misma superficie de nuestro satélite.

Pero como los pesos masivos tienen en la esfera de atracción lunar, signos contrarios que en la terrestre, la fórmula (26) se cambia ahora en su simétrica.

$$p' = p \times \frac{4 + 0.757 \cdot (P + P')}{4 - 0.757 \cdot (P + P')} \dots \dots \dots (26)'$$

en la que la fracción que sirve de coeficiente á *p*, *siempre mayor que uno*, va aumentando de valor á medida que crecen los pesos *P, P'...* sin pasar, no obstante, de 1.1638 que es el que corresponde á la superficie lunar.

Por medio de esta fórmula y considerando dividida la altura de la atmósfera lunar en zonas tanto mas delgadas cuanto mas próximas á la Luna sean, conforme y simétricamente á la subdivisión que se hizo para calcular las presiones de la atmósfera terrestre, estan calculados los pesos y presiones de la siguiente tabla.

Como en el último número de la tabla se ve, la presión de la atmósfera lunar sobre la superficie del satélite resulta ser, *frente á la Tierra* y en cifra redonda, 0.000226 de la terrestre sobre los polos y á nivel del mar. Presión que aunque muy pequeña, pues corresponde á 0.17176 milímetros de mercurio, no tiene nada de despreciable y es superior á la que se llega con la máquina neumática de Geissler, que baja hasta 0.10 milímetros de altura en la columna mercurial.

37. Tabla de pesos masivos, velocidades efectivas y presiones, de la atmósfera lunar

DISTANCIAS, ALTURAS Ó NIVELES					
d' — al centro de la Luna en radios lunares					
d — id. id. en radios terrestres					
D — id. de la Tierra id. id.					
DISTANCIAS			Velocidades	Pesos	Presiones
d'	d	D			
60—	15—	45—	1140—	0'0000216	0'00005919
44—	11—	49—	1108—	0'0000826	0'00005919
33—	8'25	51'75	1087—	0'0001738	0'00005920
24—	6—	54—	1070—	0'0003419	0'00005921
17—	4'25	55'75	1056—	0'00069—	0'00005922
12—	3—	57—	1046—	0'0013868	0'00005927
8—	2—	58—	1038—	0'0031236	0'00005937
5—	1'25	58'75	1033—	0'0079954	0'00005962
3—	0'75	59'25	1029—	0'0222220	0'00006028
2—	0'50	59'50	1027—	0'0499998	0'00006195
1'44	0'36	59'64	1026'4	0'09645	0'00006538
1'16	0'29	59'71	1026'2	0'14868	0'00007170
1'08	0'27	59'73	1026—	0'17146	0'00008094
1'036	0'259	59'741	1025'85	0'18654	0'00009269
1'016	0'254	59'746	1025'60	0'19375	0'00010706
1'008	0'252	59'748	1025'50	0'19683	0'00012408
1'004	0'251	59'749	1025'25	0'198409	0'00014405
1'002	0'2505	59'7495	1025'12	0'19922	0'00016743
1'001	0'25025	59'74975	1025'06	0'19996	0'00019427
1'000	0'25	59'75	1025'—	0'20000	0'00022578
Cero	Cero	60'—	1023'—		

38. Interesa hacer notar que este valor de la presión atmosférica sobre la superficie lunar, ofrece á mi parecer grandes garantías, porque cualquiera que pueda ser la discrepancia entre la presión verdadera y la consignada en las tablas anteriores para el punto neutro que ha servido de *punte* para pasar de una á otra atmósfera, el pequeño error, en más ó en menos

de que la presión tabular en dicho punto pudiera estar afectado, se ha tenido que compensar y deshacer con idénticas pero inversas causas de error (si las hubiere) al descender con operaciones inversas y simétricas por los niveles intermedios de la atmósfera lunar, desde el punto de peso nulo hasta la superficie de la Luna.

39. Al tratar de las presiones en la atmósfera terrestre, hice notar (página 100) que se supone *falsamente* como particularidad que se atribuye á la atmósfera lunar, (en el caso hipotético para algunos, de que exista) el rápido decrecimiento de presión con la altura, porque este decrecimiento de presión es menor en la Luna que en la Tierra.

Y en efecto: mientras sobre la Tierra la presión atmosférica se ha reducido á la altura de *cinco* milésimas del radio, á menos de *dos* centésimas de la normal en su parte inferior, en la Luna y á la altura de esta misma fracción del radio lunar, la presión de su atmósfera se mantiene con el valor 0'6 de la que reina en la parte inferior de la misma; es decir, *treinta* veces superior á ésta; quedando á la altura de *un centésimo* del radio, en la Luna, reducida la presión, tan solo á *la mitad* de la presión inferior, cuando en la Tierra á esta misma altura proporcional, la reducción de presión es tanta que dicha presión no llega sobre los polos á los cuatro milésimos, ó sea *ciento veinticinco* veces menor que en la Luna á la misma altura proporcional.

Resultados, éstos, que garantizan y afirman los números de las dos tablas anteriores; porque tanto el mayor diámetro de la atmósfera de la Tierra como la mucha mayor masa atractiva de ésta con relación á la de la Luna, han tenido que producir en la Tierra una comprensión mucho mas fuerte de las capas inferiores, bajo el peso de las superiores, á alturas proporcionales iguales, como ya quedó advertido en 32 (página 100.)

\* \* \*

Demostrada la existencia de la atmósfera lunar y calculados el diámetro que se le debe asignar así como las presiones de sus gases en la parte inferior de la misma y á diversas alturas, intentemos por fin, presentar un avance de cálculo de la refracción atribuible á la atmósfera lunar.

Pero antes de pasar á tan atractivo como importante estudio veámos cómo, admitida la existencia de la atmósfera lunar, se explica un hecho verdaderamente raro, misterioso, y hasta ahora inexplicado.

#### *Explicación de lo inexplicado*

40. *La existencia de la atmósfera lunar es causa de que la Luna presente exacta y constantemente la misma faz hacia la Tierra.*

Nadie pretenderá explicar el hecho de la exactísima duración del perio-

do de la rotación lunar con el de la relativa traslación de la Luna alrededor de la Tierra, como una casual coincidencia.

Pero no siendo así ¿cual puede ser la causa de ello? Porque las hipótesis (y no más que hipótesis) expuestas al principio de este Estudio y las que en él no figuran, para explicar este excepcional hecho, son completamente inadmisibles....

Y, sin embargo, la explicación del mismo es muy sencilla si la hacemos depender de la existencia de la atmósfera lunar y de su contacto y comunicación con la terrestre, del modo siguiente:

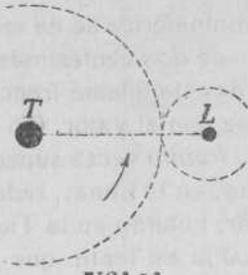


FIG.ª 5.ª

Estando estas atmósferas en contacto sobre la línea de los centros TL (figura 5.ª), y aun á distancia de ésta, la atmósfera lunar no puede resbalar sobre la terrestre, porque en la sucesión de las edades la resistencia que este resbalamiento supone, por muy debil que sea, ha tenido que acabar por impedir todo resbalamiento, immobilizando la atmósfera lunar con respecto á dicha línea TL.

Pero como las capas inferiores de la atmósfera lunar han tenido que sufrir por la misma causa, idéntica immobilización con respecto á las superiores, dichas capas inferiores han sujetado é immobilizado, á su vez, la áspera superficie lunar, obligando á la Luna á acomodar su movimiento de giro alrededor de la Tierra, como si estuviese clavada á la recta LT.

### Refracción atribuible á la atmósfera lunar

41. Aunque sea la atmósfera lunar tan enrarecida como acabamos de ver, debe producir cierta refracción sobre los rayos luminosos que á pesar de no haber podido ser comprobada hasta ahora, considero posible reconocer y determinar por varios procedimientos, dando desde luego un avance de solución á este interesante problema por los dos espeditos, siguientes.

1.º En primer lugar y por tratarse de desviaciones que seguramente han de ser muy pequeñas, puede aceptarse *grosso modo* que éstas sean proporcionales al *total de las masas* de gases atravesados, á los *espesores* de éstos y á la *oblicuidad* con la que los rayos luminosos tangentes á los diferentes astros, atravesen unas y otras atmósferas, *supuestas estas de densidades iguales*; factores que podemos calcular aproximadamente para la Luna, con relación á la Tierra del siguiente modo:

Siendo la fuerza gravitatoria de los cuerpos directamente proporcionales á las masas de éstos, admitamos que la Tierra haya concentrado á su alrededor y en todas direcciones convergentes al centro de atracción, ochenta veces mas fluido gaseoso del medio interplanetario, que la Luna.

El espesor ó altura asignable á las atmósferas es, según ya vimos, triple en la Tierra que en la Luna. Y como el diámetro del cuerpo sólido terrestre es próximamente cuádruple del lunar, los ángulos de refracción, respectivos, serán en cada una de estas atmósferas, sensiblemente proporcionales á los diámetros.

Por tanto, según lo acabado de decir, el valor de la refracción producido por la atmósfera terrestre (en igualdad de las demás condiciones *no consideradas* en las precedentes cifras) será

$$80 \times 3 \times 4 = 960 \text{ veces mayor que}$$

la que corresponda á la atmósfera lunar.

Y como la refracción de la atmósfera terrestre, en los rayos luminosos tangentes al horizonte, es de cerca de  $34'$ , ó sea de unos 2040 segundos de arco, la refracción lunar debe ser, *en igualdad de las demás* condiciones, de unos

$$\frac{2040}{960} = 2'12 \text{ segundo de arco}$$

Pero este valor es seguramente, mayor del verdadero porque en las anteriores consideraciones se ha prescindido de las densidades atmosféricas respectivas y especialmente de la condensación de éstas en su parte inferior, suponiéndolas de densidades iguales y uniformes en toda su altura. Y siendo la densidad de la atmósfera lunar mucho menor que la terrestre, especialmente en su parte baja, es claro que este valor hallado (2'12 segundos) es, seguramente un *límite superior* de la refracción atribuible á la atmósfera lunar.

2.º Por otra parte: si en vez de considerar la totalidad de las masas gaseosas atravesadas por la luz, limitamos la comparación á las densidades ó *presiones* gaseosas respectivas en los niveles más bajos; á los *diámetros* de los cuerpos sólidos, que marcan distancias determinadas de los rayos luminosos tangentes á éstos, respecto á las rectas normales á las atmósferas, que pasan (como es sabido) por los centros de los respectivos astros, y á los *espesores atmosféricos* atravesados, tendremos otro valor aproximado de la refracción en estudio, dado por el producto de 0'000226 (presión proporcional á la máxima terrestre, en la parte baja de la atmósfera lunar), por  $\frac{1}{4}$ , por  $\frac{1}{3}$  y por 2040 segundos de arco; ó sea

$$0'000226 \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{3} \times 2040 = 0'038 \text{ segundos de arco}$$

Valor que ha de ser *inferior* al verdadero porque en este cálculo se supone implícitamente que las densidades de las atmósferas respectivas son uniformes y proporcionales á 1 y á 0'000226, respectivamente.

La refracción lunar ha de estar, pues, comprendida entre estos dos valores; obtenido el uno sobre el supuesto de que ambas atmósferas son de igual densidad y el otro en el de que las densidades respectivas están entre sí en la relación de 1 á 0'000226, con uniformidad de densidades á todas las alturas, en ambos casos. Por lo cual podríamos adoptar prudencialmente como valor probable de la refracción producida por la atmósfera lunar, el término medio de ambos, que es 1"08, si no tuvieramos modo de obtener otra cifra que ofrezca mayores garantías para expresar la importancia de la refracción producida por la atmósfera de la Luna.

42. Pero como me propuse huir de hipótesis en el presente estudio de investigación, después de este primer tanteo para la determinación de la refracción lunar, seguiré otro procedimiento más seguro y exacto basado en los datos de observación de los eclipses totales de Sol.

A este fin acudiré á los obtenidos por los ilustres astrónomos del Observatorio de Madrid, señores Ventosa y Puente, en el eclipse de 28 de mayo de 1900, siguiendo distintos métodos, por estos, en Plasencia (Cáceres), mientras yo observaba modestamente el mismo eclipse en Orgaz, de la provincia de Toledo.

El siguiente cálculo se va á fundar, pues, en la duración de las diferentes fases del eclipse; así como por la duración de estas puede llegar en mi Memoria del eclipse de 30 de agosto de 1905 (pág.ª 26 y siguientes) á dar un primer avance del diámetro de la atmósfera lunar.

A este fin es necesario hacer algunas consideraciones sobre la influencia que la refracción de la atmósfera lunar puede tener y tiene, en la duración de las diferentes fases de un eclipse total de Sol. Y para ello notemos con auxilio de la figura 6.ª que si la atmósfera lunar produce alguna refracción, por causa de esta se viene atribuyendo á la Luna un diámetro mayor que el que realmente tiene; y por tanto al calcular la duración del paso del disco lunar por

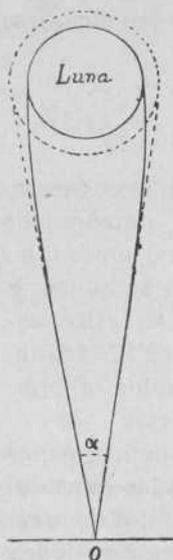


FIG.ª 6.ª

delante del Sol, se cometerá un cierto error que producirá determinada diferencia entre la duración calculada para las diferentes fases y la observada durante la producción de los eclipses.

En efecto: para el observador terrestre, que mira la Luna desde el punto O, el astro aparece con el diámetro del círculo de puntos de la figura, que corresponde á las prolongaciones rectilíneas de las visuales que convergen en el ojo, ó en el instrumento de observación, bajo el ángulo  $\alpha$ , que es la medida angular que atribuimos al disco de la Luna representado en la figura por el círculo de línea continua; cometiendo de este modo un cierto error 2.E en el diámetro.

Este error es inevitable porque siempre veremos la Luna á través de su atmósfera, como si la viésemos detras de una lente convexa ó de aumento, ó en el centro de un inmenso matraz esférico de vidrio, lleno de agua. Y es estraño que suponiendo *gratuita é hipotéticamente, de modo enteramente inconsciente*, á la Luna desprovista de atmósfera cuando no nos preocupa la existencia de ella ni su falta, no se haya advertido la posibilidad de este error *de origen*, que no solo dificulta sino que *casi impide* la solución del problema en cuestión; porque los que hasta ahora han tratado de resolverle se han encontrado en un caso muy parecido al de aquel sabio que buscaba por todas partes las gafas que había perdido, teniéndolas montadas en la nariz y puestas delante de los ojos.

Pero he dicho, no que impide sino que *casi impide* la solución del problema porque ahora vamos á ver cómo á pesar de esta perpetua dificultad podemos llegar á determinar y medir la refracción producida por la atmósfera lunar, recapacitando que estando el Sol alejado de la Luna mucho mas que ésta de la Tierra, la proyección de la sombra lunar sobre la superficie terrestre resulta de un diámetro suficientemente grande para ser calculada primero y medida después.

Pero mientras que los cálculos del diámetro de la sombra de la proyección lunar sobre la Tierra, se basan sobre el *supuesto* (y no mas, que mero *supuesto*) de que ésta se limita entre  $a$  y  $a'$  por los rayos *rectilíneos* y *tangentes al disco aparente* de la Luna (fig.<sup>a</sup> 7.<sup>a</sup>) ellos (los rayos luminosos solares, que no se distraen ni equivocan) se *encorvan* y se *ciñen al verdadero* y macizo disco lunar, proyectando una sombra  $bb'$ , notablemente menor que la calculada, en cuanto esta resulta doblemente afectada del error 2.E. Una vez por la atribución al disco lunar de un diámetro mayor que el verdadero en lo que vale el doble de la refracción, y otra por cometer el mismo error al calcular proyectada la sombra del disco *atribuido* y no del verdadero de la Luna, sobre la Tierra.

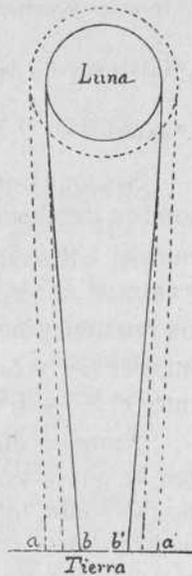


FIG.<sup>a</sup> 7.<sup>a</sup>

Dicho y comprendido esto, la cuestión queda reducida á una mera cuestión de cálculo que paso á desarrollar.

Tomando, para ello, los datos que debo á la amabilidad del difunto director del Observatorio de Madrid, D. Antonio Vela, relativos al eclipse total de Sol de 28 de mayo de 1900, observado como antes dije, por la comisión oficial en Plasencia, sobre la línea central de la banda de sombra, notemos que mientras el tiempo *calculado* para el paso de la sombra lunar es el correspondiente al paso de la distancia  $a a'$ , de la figura 7.<sup>a</sup> por el punto de observación, el *efectivo* de dicho paso tuvo que corresponder al

de la distancia  $bb'$  de dicha figura, que difiere del supuesto en cuatro veces el efecto de refracción.

Pero estos tiempos son los correspondientes al paso del diámetro de la sombra lunar por el punto de observación que corresponden, sobre la línea central, á los intervalos entre el 1.<sup>er</sup> y 3.<sup>er</sup> contacto ó entre el 2.<sup>o</sup> y 4.<sup>o</sup>; tiempos que solo resultarían iguales para el único punto para el cual el eclipse se produjese exactamente á medio día y sobre la línea central, como se supone en la figura 7.<sup>a</sup>

Los datos del Observatorio son los siguientes:

CALCULADOS (hora local)	Efectivamente observados
	SR. VENTOSA (por proyección)
1. <sup>o</sup> contacto, exterior . . . . . 2 h 23 m 36 <sup>3</sup> s	1. <sup>o</sup> ... 2 ... 23 ... 46'4
	2. <sup>o</sup> ... 3 ... 40 ... 54'8
	3. <sup>o</sup> ... 3 ... 42 ... 19'0
2. <sup>o</sup> interior y principio de la totalidad . 3 - 40 - 57'1	4. <sup>o</sup> ... 4 ... 50 ... 51'3
	SR. PUENTE (visión directa)
3. <sup>o</sup> interior y fin de la totalidad. . . . . 3 - 42 - 18'2	1. <sup>o</sup> ... 2 ... 23 ... 46'9
	2. <sup>o</sup> ... 3 ... 41 ... 3'3
	3. <sup>o</sup> ... 3 ... 42 ... 18'1
4. <sup>o</sup> exterior . . . . . 4 - 51 - 1'5	4. <sup>o</sup> ... 4 ... 50 ... 51'4

Segun estos datos, mientras el tiempo calculado para el paso de la sombra del disco lunar, fué

entre el 1.<sup>er</sup> y 3.<sup>er</sup> contacto . . . . . 4721,9 segundos  
 y entre el 2.<sup>o</sup> y 4.<sup>o</sup> . . . . . 4204'4 «

los realmente observados fueron

entre el 1.<sup>er</sup> y 3.<sup>er</sup> contacto Sr. Ventosa 4712'6 Sr. Puente 4711'2  
 entre el 2.<sup>o</sup> y 4.<sup>o</sup> « « 4196'5 « 4188,1

Notando que las diferencias de duración entre ambos intervalos dependen de que el eclipse se produjo en el punto de observación despues de medio día y aun, tal vez, de que dicho punto no se encontrase exactamente sobre la línea central (en cuyo, este supuesto caso los contactos se habrían producido sobre extremos de cuerdas de la sombra del disco lunar y no sobre los de un mismo diámetro de dicha sombra) adoptaremos para el siguiente cálculo las primeras de estos dos pares de cifras que se aproximan mas al momento del paso del Sol por el meridiano y al mayor valor del ancho de la sombra. Y en vez de tomar para el cálculo la duración obtenida por alguno de los observadores admitamos el término medio de las obtenidas por los dos espertos astrónomos; es decir, 4711'9 segundos para el tiempo que trascurrió entre el 1.<sup>er</sup> y el 3.<sup>er</sup> contacto, cuyo tiempo habia sido calculado en 4721'9 segundos sobre el supuesto del diámetro aparente de la Luna y no sobre el verdadero, figura 7.<sup>a</sup>.

La diferencia de diez segundos entre estos números, que puede y debe ser debida al efecto de refracción antes explicado, debe relacionarse con la

duración que hubiera podido resultar del paso de la proyección del verdadero diámetro lunar si no hubiese refracción; es decir, al término medio (figura 7.<sup>a</sup>) entre el tiempo calculado y el observado, que es

$$\frac{4721'9 + 4711'9}{2} = 4716'9 \text{ segundos}$$

Pero siendo el diámetro aparente de la Luna  $31' = 1860$  segundos de arco, y estando este diámetro aparente afectado del doble efecto  $x$ , de la refracción así como la sombra lunar lo está del cuádruple efecto de la refracción, esta se deducirá de la proporción

$$4716'9 : 10 :: (1860 - 2x) : 4x$$

de la que resulta

$$4 \cdot 471'69 \cdot x = 1860 - 2x$$

y de aquí

$$x = \frac{1860}{1888'76} = 0'9847 \text{ segundos}$$

ó sea *un segundo sexagesimal* de arco, en cifra redonda.

Resultado, este, notablemente conforme con el obtenido por el método expedito antes expuesto en cabeza del mas seguro presente.

43. Pero esto no quiere decir que la refracción atmosférica lunar no pueda ser diferente de lo calculado aquí, á cierta distancia del disco aparente de la Luna; pues como dije en la 10.<sup>a</sup> hipótesis de mi Memoria del eclipse de 1905 (páginas 39 y 40) «los rayos luminosos que pasan muy próximos al núcleo lunar, se desvian por refracción, muy poco, porque atraviesan casi normalmente sus capas atmosféricas superiores, y tambien sufren una insignificante desviación los muy apartados de la Luna, por ser la densidad de su atmósfera decreciente con la distancia á su centro; *correspondiendo el máximo de desviación por refracción á una posición intermedia que hay que determinar*. No es extraño, por tanto, que sea insignificante ó inapreciable la quebradura por refracción de los rayos que pasan tangentes á la Luna, así como la de los que pasan muy dejados de ella».

44. Con lo acabado de deducir quedan mutuamente confirmados como concordantes y armónicos los números: *un tercio* para el diámetro de la atmósfera lunar respecto al de la terrestre; 0'000226 como presión de la atmósfera lunar en su parte inferior, con relación á la de la Tierra en los polos y á nivel del mar; *un segundo de arco* para la refracción tangencial de la atmósfera lunar, y resueltos cinco al parecer insolubles problemas lunares, gracias al poderoso instrumento razonador y operador matemático, si mi Estudio no resulta infructuoso y las autoridades en la materia no encuentran modo de desvirtuarlo; cuyos problemas aquí resueltos son:

- 1.º El de la existencia de la atmósfera lunar.
- 2.º El de su dimensión con relación á la terrestre.

3.º El de las presiones á diferentes alturas, tambien en relación con las presiones igualmente determinadas para la atmósfera de la Tierra.

4.º Explicación de porqué la Luna presenta siempre la misma faz frente á la Tierra,

y 5.º La importancia y valor de la refracción producida por la atmósfera lunar.

*Efectos de la refracción producida por la atmósfera lunar, y mas explicaciones de lo inexplicado.*

45. Concordantes con la afirmación de existencia de la atmósfera lunar y con la no despreciable importancia de la refracción luminosa que esta es capaz de producir, deben contarse otros siete hechos de observación, unánimamente reconocidos, que hasta ahora no han tenido explicación; hechos que voy á explicar inmediatamente como efectos de la refracción debida á dicha atmósfera lunar.

Estos hechos inexplicados son:

1.º La reconocida reducción en el tiempo de la totalidad de los eclipses de Sol, respecto al previamente calculado.

2.º La igualmente reconocida reducción del ancho de la zona de totalidad, respecto al previsto, cuyo ancho indiqué el modo de medir en las páginas 92 á 94 de mi tantas veces aludida Memoria del eclipse de Sol de 1905.

3.º La falta de desviación en la posición de las estrellas próximas á la Luna, de ordinario reconocida, y mas especialmente durante los eclipses de Sol.

4.º El hecho de haber sido, muchas veces, vistas algunas estrellas á traves del cuerpo opaco de la Luna.

5.º Porqué á pesar de la refracción lunar, la duración observada para la ocultación de estrellas, por la Luna, coincide con la prevista por medio del cálculo.

6.º La evidente polarización de la luz producida durante los eclipses de Sol.

y 7.º La producción de las *sombras ondulantes*, al principio y fin de los mismos.

En cuanto á la explicación de los dos primeros efectos basta con lo dicho, teniendo á la vista la figura 7.<sup>a</sup>.

Pero para explicar y comprender la razón de los cinco últimos hechos de observación, es necesario exponer algunas ideas que tal vez sean originales, pues no las he visto en ningun autor mi oido hablar de ellas á ninguna de las personas competentes en Óptica, que he conocido.

Necesario es, pues, al llegar aqui, que me detenga á explicar

## Un poquito de Óptica

46. A pesar de lo mucho que se ha estudiado y que se conoce sobre Óptica y del gran perfeccionamiento á que han llegado los instrumentos ópticos, no son pocos los misterios que, como en el núm.º 7 página 27 dejé consignado, envuelven las mas importantes cuestiones de esta importantísima rama de la Física. Y por esto, así como por el general desconocimiento de algun hecho que voy á dar á conocer, y tambien por cierta inadvertencia general, en que yo mismo he incurrido durante muchos años, se explica la falta de explicación de los cinco últimos hechos, enumerados, que á continuación de estas lineas voy á dar.

*Diferencia entre la refracción de la luz á traves de prismas y á traves de lentes redondas.*

47. Cuando de refracción de la luz se trata no se marca suficientemente la debida distinción entre los efectos producidos por las lentes redondas y por los prismas; distinción muy importante siempre pero necesaria en las observaciones astronómicas, especialmente; pues cuando la luz procedente de su foco lejano, atraviesa un prisma, todos los rayos luminosos se prolongan *paralelamente* á su salida del mismo, en determinada dirección (fig.ª 8.ª) salvo los efectos de dispersión; mientras que cuando atraviesan una lente redonda, la refracción resulta diferente para cada distancia al centro de la lente y para cada plano meridiano de esta, puesto que todos los rayos luminosos convergen (figura 9.ª) hacia el eje óptico de la lente, que coincide con el de revolución de su figura, ya en dirección á la emisión luminosa ó ya en la dirección contraria.

De aqui el que mientras en los llamados focos de las lentes convexas, se pueden reunir y se reúnen los rayos luminosos que procedentes de un punto lejano y en forma de haz divergente inciden sobre la lente, en los prismas no se produce tal convergencia.

Por esto la refracción es facilmente mensurable en los prismas y dificilmente medible por medio de lentes; y por esto los aparatos fisicos empleados para la medida de las refracciones, se basan sobre el empleo de prismas y no sobre el empleo de lentes.

Pero resulta, en la práctica, que el aplicar estos conocidos hechos de observación referentes á cuerpos transparentes de *densidad sensiblemente homogénea*, á la interpretación de los efectos que se *supone* que debieran

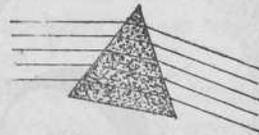


FIG.ª 8.ª

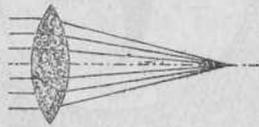
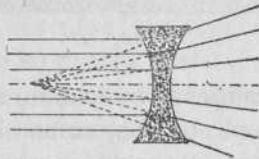


FIG.ª 9.ª



producirse en los de las refracciones atmosféricas, se desconocen ó se olvidan constantemente estas importantes diferenciaciones, pretendiendo erróneamente equiparar las refracciones debidas á lentes ó prismas de vidrio con las producidas por la atmósfera terrestre ó con las posiblemente debidas á las atmósferas astrales, y especialmente á la discutida atmósfera lunar, porque cuando se trata de medir la refracción atmosférica terrestre en el borde



FIG.<sup>a</sup> 10.<sup>a</sup>

del horizonte ó á cualquier altura sobre este, dada la insignificante pequeñez del campo óptico de los objetivos de los instrumentos con relación á la magnitud de la Tierra, como la línea de horizonte ó las de limitaciones de las diferentes capas atmosféricas, resultan sensiblemente rectilneas (fig.<sup>a</sup> 10.<sup>a</sup>) dentro del campo óptico del ojo humano ó del antejo, y la altura sobre este dicho campo óptico es pequeñísima con relación á la total hasta el zenit del punto de observación, la refracción se produce en las observaciones de este género sobre la atmósfera terrestre, del modo que se produce en los prismas. Paralelamente á una misma dirección á través de un medio sensiblemente uniforme y fácilmente mensurable.

Pero cuando miramos á un cuerpo celeste cuyo disco aparente por grande que sea, cabe holgadamente dentro del campo óptico del ojo ó del

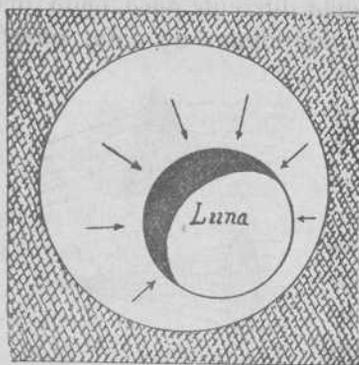


FIG.<sup>a</sup> 11.<sup>a</sup>

antejo, las refracciones luminosas producidas en los infinitos puntos de su atmósfera, resultan convergentes (fig.<sup>a</sup> 11.<sup>a</sup>) hacia el centro del cuerpo celeste observado, pero con ángulos de refracción diferentes y variables no solo con relación á la oblicuidad con que cada uno de ellos atraviesan la atmósfera en cuestión sino con la densidad y coeficiente de refrangibilidad correspondiente á la zona gaseosa atravesada. Sin que aisladamente podamos (por los medios ordinarios) percibir la refracción sufrida por cada uno de ellos, puesto que las imágenes ópticas no se forman por la incidencia de un solo rayo luminoso ni por dos, como se representa en los tratados de Óptica, ni por algunos pocos, sino por una multitud innumerable de ellos, todos los cuales, aunque procedan de un solo punto, atraviesan el conjunto del campo óptico y no solamente por uno de sus puntos, como se admite para el haz luminoso estrechísimo, que llamamos una visual.

Ahora bien: si la refracción de la luz á través de la atmósfera lunar, fuese de unos quince minutos, el foco de esta atmósfera considerada como

lente, estaria situado, poco mas ó menos, á la distancia á que está la Tierra de la Luna. Pero dada la pequeñez de la refracción lunar el foco luminoso de cualquier estrella aparentemente próxima á la Luna, se forma á mucha mayor distancia de esta, de aquella á la cual se halla nuestro planeta de su satélite; lo que no permitiría ver la estrella distintamente á través de la atmósfera lunar si no fuese porque basta una pequeña adición á la concentración de los rayos luminosos, para que el foco en cuestión se produzca sobre la retina del ojo.

Adición de concentración de los rayos luminosos que se obtiene ya por medio de algun instrumento, en las imágenes *proyectadas* sobre una pantalla; ya por la facultad de adaptación automática del ojo mismo, en la *visión directa*, ó ya por la suma y combinación de estos dos medios, en la observación *por medio de anteojos*.

De lo que resulta que el conjunto formado por la atmósfera lunar y el ojo del observador, ó por la atmósfera lunar, el ojo, y cualquier antejo, viene á constituir un inmenso telescopio de refracción con varios lentes, de las cuales la atmósfera lunar hace el papel de objetivo que concentra sobre el ojo los rayos luminosos que procedentes de la estrella atraviesan la atmósfera lunar por *todo el contorno* del disco aparente de la Luna y no solamente por una pequeña parte. Y porque proceden de todo el contorno vemos á un mismo tiempo todo el disco lunar y no solo una pequeña parte de él.

Esta concentración de los rayos luminosos, sobre el ojo, se obtiene como acabo de decir ya directamente por medio del cristalino ó ya por el intermedio de alguno de nuestros instrumentos, que hacen, en tal caso, el papel de ocular del gigantesco antejo cuyo inmenso objetivo en tales observaciones, es, como digo, la atmósfera de la Luna.

En virtud y por efecto de esta convergencia de los rayos luminosos procedentes de cada uno de los puntos del objeto mirado, se produce una imagen *principal* en el foco tambien principal situado sobre la recta que llamamos eje óptico principal, determinada por el punto luminoso y el centro óptico de la lente, ó el de la atmósfera lunar en el caso que venimos considerando.

Si el ojo ó el instrumento de observación se halla situado sobre dicho foco y eje óptico, la estrella se ve, exactamente, en su propia posición. Pero si el centro de la atmósfera lunar se desvia de la recta determinada por la posición aparente, en el Cielo, de la estrella y el instrumento de observación, ó del ojo, se produce cierto efecto de refracción ó desviación lateral del rayo luminoso en el mismo sentido en que se desvia la posición de la Luna. Desviación que vista, desde el punto de observación da lugar á otra aparente *en sentido contrario*, del modo disimétrico que voy á explicar.

Pero para comprender bien lo que va á seguir es necesario antes, hacer notar, ademas, esta otra observación.

*Aparente visualidad de puntos luminosos á través de cuerpos opacos.*

48. En la conferencia que con motivo del entonces próximo paso del cometa de Halley pronuncié ante la Real Sociedad Geográfica de Madrid, en la noche del 12 de abril de 1910, dije explicando el hecho de haberse visto, en ocasiones determinadas, pequeñas estrellas á través de los cuerpos de los cometas sin que de esto se deduzca, como se ha supuesto, que dichos núcleos sólidos sean transparentes <sup>(1)</sup> «Colóquese, como tuve el honor de hacer en la conferencia del 12, de abril un diseo circular de papel fuerte del tamaño de una pequeña lenteja, en el centro de cada uno de los objetivos de unos anteojos gemelos ordinarios, y se verá que mirando por los anteojos como de costumbre, se ven todos los objetos como si los papelitos puestos en el centro de cada uno de los cristales no existiesen; de modo que, en realidad, se ve lo que está exactamente en la dirección de aquellos papeles, poco mas ó menos como si estos fuesen transparentes.»

«Esto depende de que las imágenes de los objetos se transmiten y forman en el ojo, por multitud de rayos visuales que pasan, no precisa y *exclusivamente* por el centro de los cristales, sino por toda su superficie; y por esto aunque falten los rayos luminosos que quedan interceptados por los discos opacos, los objetos no dejan por eso de verse.»

«Del mismo modo: al mirar una estrella á través de la masa nebulosa y gaseosa que rodea al cuerpo del cometa, los rayos procedentes de las estrellas, llegan al observador no solo por el centro» (ni por algun punto exclusivamente determinado del contorno del disco lunar, hay que decir, con relación al caso presente,) «en linea recta, del cometa, sino tambien quebrándose alrededor, por refracción, á través de la atmósfera cometaria. Pudiéndose ver de este modo, la estrella en el centro del cometa, aunque dicho centro sea un núcleo opaco, y simultáneamente con este».

«En otro trabajo posterior <sup>(2)</sup> insistiré sobre esto»

«El mismo experimento se puede hacer con un antejo astronómico ó terrestre de un solo tubo, pues el fenómeno no depende de que se mire con los dos ojos, como en los efectos estereoscópicos, sino de lo que acabo de decir.»

A idéntico resultado se llega invirtiendo el experimento y haciendolo enteramente análogo al caso de la visión de estrellas á través del disco opaco de la Luna, si miramos á una de estas ó á cualquier luz pequeña y lejana, por medio de un antejo de un solo tubo, que tenga objetivo de tres centímetros por lo menos de diámetro, á suficiente distancia de la arista de la

---

(1) Página 32 del folletito: *Hipótesis y teorías relativas á los COMETAS y COLAS COMETARIAS*, etc: Extracto de la conferencia pronunciada en la Real Sociedad Geográfica de Madrid, por D. Horacio Bentabol y Ureta, Madrid 1910. Precio 1 peseta.

(2) En el presente Estudio.

esquina de la pared ó del alero del tejado de una casa, para que el alero ó la esquina se vean claramente por medio del anteojo y de modo que la visual al punto luminoso quede interceptada por el obstáculo opaco, aunque cerca de su arista.

En estas condiciones la estrella ó la luz de un lejano farol, por ejemplo, se ve dentro y cerca del borde del obstáculo al mismo tiempo que se ve este, *sin necesidad de que haya hendiduras ni escotaduras en el alero ni en la esquina de la casa*, como se quiere suponer por algunos en la Luna, para explicar la visión de estrellas á traves y cerca del borde de nuestro satélite.

Sabido esto veamos cual es el

*Verdadero modo de producirse las desviaciones en las posiciones aparentes de las estrellas, vistas á traves de la atmósfera lunar.*

49. Si la atmósfera lunar fuese de densidad uniforme á todas las distancias de su centro y limitada brusca-mente en altura como es limitada en diámetro y homogé-nea en densidad, una lente de vidrio, las desviaciones de las posiciones apa-rentes de las estrellas aumentarían progresivamente desde el eje óptico ha-cia afuera produciéndose la refracción en tal caso simplemente de modo di-simétrico con relación al eje óptico principal y en forma mixta respecto á lo dicho para las lentes y los prismas de masas homogéneas. Es decir, con oblicuidad *creciente* de los rayos luminosos que en su trayectoria atravesien la atmósfera mas y mas alejados del centro, al mismo tiempo que los pasan-tes por el lado opuesto atravesasen la atmósfera lunar con oblicuidad *de-creciente* á medida que se acercasen á la dirección del eje óptico principal.

Pero como la densidad de la atmósfera lunar lejos de ser uniforme, de-crece rápidamente en los niveles inferiores con la altura, resulta que al mis-mo tiempo que disminuye la quebradura de los rayos luminosos que van pasando mas cerca de la Luna por la derecha, cuando esta se traslada tam-bien, á la derecha por ejemplo, *tambien disminuye la quebradura pero en sentido contrario*, de los rayos que pasan por la izquierda, á medida que estos atraviesan capas de densidad menor.

De lo cual resulta, que, no solamente la desviación del rayo luminoso no aumenta constantemente con el alejamiento del eje óptico, del centro de de la Luna, sino cierta compensación que puede dar lugar á que resulte mu-cho menor la desviación aparente de las estrellas vistas sobre el borde de la Luna que el segundo de arco antes calculado en la página 113 núm.º 42 pa-ra la refracción procedente *solo de una muy pequeña porción del contorno*



FIG. 12ª

*lunar*; y hasta podría llegar á ser negativa la refracción (ó sea en sentido de aproximar las posiciones aparentes á la Luna) para los rayos alejados un cierto ángulo del borde lunar.

Hay, pues, verdadera dificultad para reconocer y medir la refracción luminosa á través de la atmósfera lunar, por medio de observaciones telescópicas directas: lo que explica el ningun resultado hasta ahora obtenido por este procedimiento.

Pero acudiendo á los procedimientos fotográficos modernos, encontramos en las páginas 65 y siguientes del n.º 120 de la Revista de la Sociedad Astronómica de España y América, Barcelona y mayo de 1928, los resultados obtenidos por los astrónomos W.W. Campbell y R. I. Trumpler, en el eclipse de Sol de 1922, desde el Occidente de Australia, comentados por el competetísimo astrónomo señor Comas Solá.

Estos datos de observación, necesariamente incompletos porque solo se refieren á las estrellas que en los momentos *de aquel eclipse* estaban cerca del lugar de la ocultación del Sol, y no tocando al disco de este, deben ser completados teniendo presente que; como sobre la dirección del eje óptico no se produce desviación y como la atmósfera lunar va perdiendo densidad con la altura hasta llegar á igualarse con la del medio interplanetario á los quince radios terrestres, el ángulo de refracción del rayo luminoso procedente de cualquier estrella varia entre cero, ó nulo, sobre la dirección del eje óptico principal y otra vez cero en el limite en altura de la atmósfera lunar, pasando por un valor máximo en una posición intermedia, aun no determinada.

Por tanto: si por medio de un sencillo trazado gráfico completamos las refracciones posibles de producirse por la atmósfera lunar, segun los

0°675 + 0°631	datos de observación de los astrónomos nombrados, (algunos de los cuales son los anotados al margen) con los valores de desviación <i>nula</i> tanto para el centro del Sol como para la distancia de quince radios terrestres al centro de la Luna (coincidente en el momento y punto central en un eclipse de Sol con el de la Luna) distancia que corresponde á 15° en medida angular, obtendremos una curva muy semejante por encima de la distancia representativa del valor del radio de la Luna, á una hipérbola iquilátera inscrita en el ángulo formado por los ejes coordenados considerados como asíntotas; pero cortada bruscamente á la distancia de un radio lunar por causa de la opacidad del cuerpo de la Luna sin cuyo obstáculo al paso de la luz debería ser adicionada con un descenso rápido por bajo del radio lunar hasta llegar al valor cero en el centro de los discos superspuestos del Sol y de la Luna, tomado este como origen de coordenadas, y con una cierta porción por bajo del eje horizontal, comprendida esta entre las distancias de 6° á 9° al origen de coordenadas.
1°22 + 0°41	
2°17 + 0°22	
3°14 + 0°17	
5°33 + 0°03	
6°56 — 0°03	
8°29 — 0°01	

De este trazado se deduce: 1.º Que la máxima desviación por refracción de los rayos luminosos prevista por mí en la página 40 de la Memoria de 1905, debe corresponder al borde lunar ó nivel *inferior y de mayor densidad* de la atmósfera lunar; refracción que resulta ser sobre la curva en cuestión concordante con el anteriormente calculado en *un segundo* de arco, en la página 113 n.º 42; y 2.º Que la refracción resulta negativa entre las distancias de seis y nueve grados á partir del centro de la Luna, de acuerdo con las consideraciones anteriores, sin las cuales este extraño hecho no tendría explicación.

No puede estar, por consiguiente, mas conforme la observación con lo que vengo diciendo. Siendo muy digno de notar que todo esto, tan sencillo despues de explicado, es lo que no se ha tenido presente (ó no se ha dicho que yo sepa) por nadie y lo que á mí me costó mucho tiempo y trabajo, percibir. *Y por no tener presente tan sencillas y elementales ideas ha dejado de ser reconocida la refracción lunar, que, por los procedimientos hasta ahora empleados, jamas se habria llegado á reconocer, y menos á poderse medir.*

#### *Más explicación de lo inexplicado*

50. Pues bien, por lo aquí explicado se ven las estrellas dentro y *al parecer*, á través del cuerpo de la Luna, en su sitio y sin desviación sensible en su posición; por eso no se aprecia desviación en la posición de las estrellas próximas al borce lunar, y *por eso en la ocultación de estrellas por la Luna*, en la duración del paso de la Luna por delante de ellas, coincide sensiblemente el tiempo calculado con el observado.

Pero aun hay mas:

Si la distancia focal correspondiente á la refracción de la atmósfera lunar coincidiese con la distancia que media entre la Tierra y la Luna, ó fuese algo menor que esta, las estrellas posteriores al satélite continuarían viéndose durante todo el tiempo de la llamada ocultación (que entonces no lo sería) aunque la estrella en cuestión hubieses de pasar por el mismo centro de la Luna; como queda dicho con respecto á los cometas. Mas como la refracción lunar es muy pequeña la distancia focal correspondiente á esta resulta mayor que la distancia ferro-lunar y la estrella deja de verse á través de la Luna, desde el momento en que el número é intensidad de los rayos refractados que pueden desde la estrella llegar al ojo, es insuficiente para impresionar la sensibilidad de la retina.

Por esto la mayor ó menor penetración de las estrellas dentro del disco de la Luna dependerá, de la luminosidad de la estrella, del *diámetro* del objetivo y de la potencia del antejo empleado, de la sensibilidad visual del observador, y *es claro que tambien, del ángulo de refracción lunar antes calculado* en un segundo de arco.

En cuanto á la polarización de la luz producida durante los eclipses de Sol, es una consecuencia y confirmación de la refracción no compensada de ningun modo, en los bordes de la sombra lunar, como lo acredita el hecho de que toda refracción de la luz va acompañada de dispersión y de polarización.

La producción de las *sombras ondulantes* es debida al entrecruzamiento de las líneas de sombra correspondiente á los espectros de refracción de las atmósferas lunar y terrestre; segun la detallada explicación contenida en las páginas 46 y siguientes de mi Memoria del eclipse de Sol de 1905.

51. Dicho lo cual y antes de terminar con esta interesantísima cuestión, he de insistir en el porqué no pudiéndose apreciar la refracción luminosa que produzca la atmósfera lunar por visión directa, es posible reconocerla y la he determinado y medido en el presente Estudio, basándome en las observaciones de los eclipses de Sol.

La razón de esto consiste en que en el primer caso—visión directa—las observaciones se hacen á traves de *lentes* (las lentes de los anteojos y la formada por la atmósfera lunar) con amplitudes *aparentes* pequeñísimas, pero recogiendo los rayos atravesantes por una gran parte de la atmósfera lunar que, por no ser de densidad uniforme, produce sobre los rayos luminosos procedentes de las estrellas, refracciones decrecientes á medida que estos atraviesan dicha atmósfera á mayor distancia del contorno aparente lunar. Mientras que en el segundo caso—proyección de la sombra lunar sobre la superficie terrestre—la observación se hace como á traves de *prismas*, en tamaño suficientemente grande y de tal modo que en cada lugar de observación la proyección del contorno lunar no procede mas que de *un pequeñísimo arco del contorno lunar*; estándose en este caso como cuando miramos á un punto de nuestro horizonte, en el que todos los rayos refractados resultan paralelos.

A esto mismo pueden ser debidas las diferencias que se notan entre las observaciones directas y las obtenidas por proyección, en los eclipses.

52. Véase como y porqué son no solo contestables sino erróneas, las hipótesis de la supuesta teoría de la Relatividad del profesor Einstein <sup>(1)</sup> que atribuyen al *peso de la luz* y á un efecto de inercia las posibles desviaciones en la posición de las estrellas, que puedan observarse durante los eclipses de Sol.

Estas desviaciones pueden en efecto, producirse como yo anuncié en la página 40 de mi Memoria de 1905, cuando se aislan del resto de los demas, los rayos luminosos que pasando cerca de *una pequeña porción* de

---

(1) Véase *Observaciones contradictorias á la teoría de la Relatividad del profesor Alberto Einstein*, por Horacio Bentabol—Madrid 1925—Precio 3'50 pesetas.

las proximidades del disco lunar, pueden llegar al objetivo del instrumento de observación.

### Cómo puede reconocerse y medirse la refracción luminosa producida por la atmósfera lunar

53. Una vez comprendido lo anterior, fácilmente se alcanzará la posibilidad de reconocer y medir la refracción en cuestión, por medio de cualquiera de los procedimientos siguientes.

1.º Por la duración de las diferentes fases de los eclipses de Sol del modo explicado en estas páginas y en las 41 y 79 de la Memoria relativa al eclipse de 1905, tantas veces citada.

2.º En relación al estrechamiento de la zona de totalidad, en los eclipses de Sol, que debe ser medida del modo explicado en las páginas 41 y 92 de la citada Memoria

3.º Midiendo el aumento del diámetro aparente del Sol en los momentos del eclipse, como se explicó en las páginas 41 y 78 de la aludida Memoria.

4.º Midiendo la profundidad de la penetración de las imágenes de las estrellas vistas á través del disco lunar, en los casos de ocultación de estas; en relación al diámetro de dicho disco.



FIG.<sup>a</sup> 13.<sup>a</sup>

5.º Inteponiendo delante del objetivo una pantalla con abertura estrecha y rectilínea (fig.<sup>a</sup> 13), suceptible de recibir movimiento de rotación en su plano alrededor del centro de la misma, con objeto de no permitir el paso de más rayos luminosos que los correspondientes á uno de los extremos del diámetro lunar sobre el cual se quiera medir la refracción, pero no á los procedentes del extremo opuesto del mismo diámetro ni del resto del contorno lunar; por ejemplo, en los casos de ocultación de estrellas por la Luna, con ó sin penetración de la imagen de esta dentro del disco lunar. O mejor; colocando delante del objetivo del antejo un diáfragma con abertura circular y central, lo bastante estrecha para que no quepa dentro del campo visual más que un arco muy pequeño del contorno de la Luna.

Bien entendido que cuanto más pequeña sea la abertura circular ó más estrecha la rectilínea del diafragma empleado, más exacta será la medición, pero tambien será menor la visibilidad de la estrella cuya ocultación queremos observar ó por medio de la cual queremos medir la refracción producida por la atmósfera lunar, en el contorno de la Luna.

6.º Como la producción de las llamadas sombras ondulantes es sin duda debida al entrecruzamiento de las líneas de sombra de los espectros producidos por la atmósfera terrestre y lunar, en los bordes del cono de sombra, segun la explicación que dí de este fenómeno en las páginas 46 y siguientes de la por tantas veces aludida Memoria de 1905, se podrá medir el

ancho del espectro de refracción atmosférico de la Luna, midiendo el tiempo durante el cual se producen dichas sombras ondulantes.

y 7.º Del mismo modo y por la misma causa podrán servir para comprobar la anchura del espectro lunar la observación de los momentos de los cambios de coloración del ambiente, durante los eclipses totales de Sol.

Pero todavía puede comprobarse y medirse la refracción lunar por los otros diversos medios que indico en mi Memoria del eclipse total de Sol de 1905, que no reproduzco aquí porque habrían de ser demasiado estensas las citas.

No son, pocos, por consiguiente, los medios de comprobar y de medir los efectos de la refracción debida á la atmósfera lunar, y paso á terminar el presente Estudio con

#### *Nuevas explicaciones de lo inexplicado*

54. Creo haber dejado explicado y probado con todo el rigor científico deseable, no solo la existencia de la atmósfera lunar, sino su gran diámetro, las densidades de esta y de la atmósfera terrestre á diversas alturas, y cómo y porqué jamás hubiera sido comprobada la existencia de tal atmósfera por medio de los procedimientos seguidos hasta el día, y cumplido mi propósito y ofrecimiento contenido, tanto en mi folleto expositivo de la Conferencia contra la Relatividad, publicado en 1925, como en la Memoria del eclipse de Sol de 1905, en cuya página 61 dejé consignada la siguiente

«*Observación*--Sin necesidad de demostrar en este momento de un modo directo la existencia de la atmósfera lunar, empezando por desvirtuar la mas fuerte objección contra su existencia, que es la relativa al tiempo de duración en las ocultaciones de estrellas, lo cual alargaría y desordenaría esta parte expositiva alterando el plan que me he trazado, llamo la atención de los astrónomos hacia la gran fuerza probatoria que tiene todo lo dicho en apoyo de la certeza de un conjunto de hipótesis (1) armónicas, que en realidad no son mas que diferentes consecuencias de una sola.»

Pero antes de exponer las importantes conclusiones que al final se leerán conviene recordar cómo han quedado descubiertas y afirmadas las desconocidas condiciones de la atmosfera terrestre á muy grandes alturas, y hacer un recuento y recopilación de todos los hechos y fenómenos observados (8 pág.<sup>a</sup> 50), así como el rarísimo hecho de que la Luna presente siempre é invariablemente la misma faz frente á la Tierra (40 pág.<sup>a</sup> 108), que hasta el día no han tenido explicación, pero que, con lo dicho, quedan perfectamente explicados.

---

(1) Hipótesis en 1905: afirmaciones demostradas y comprobadas en el presente Estudio y año 1929.

La refracción luminosa de la atmósfera lunar, su medida y efectos y las razones por las cuales no ha sido hasta ahora reconocida esa refracción, quedó demostrada y expuestas en los números 41 á 51 pág.<sup>a</sup> 108 á 122.

Respecto á la falta de sombras crepusculares y á la de coloraciones en los bordes de la parte iluminada de la Luna, hay que advertir que es claro que tratándose de refracción tan debil como es la producida por la atmósfera lunar, la pequeñísima amplitud de la banda que sobre la Luna hubiese de ocupar la parte coloreada, vista desde la Tierra, y la probable desigual absorción ó transparencia por parte de la atmósfera lunar y terrestre, para los diferentes colores, nada de estraño resulta que tales coloraciones que habrán de ser insignificantes, no sean observables, aunque se produzcan.

El supuesto de que el análisis espectral no acusa la existencia de gases ni vapores en la Luna (5-11°) adolece del defecto implícito de admitir una separación y diferenciación química, que no existe, entre las atmósferas terrestre y lunar.

Y en cuanto á la creencia de que la atmósfera lunar ha de ser muy baja (6 12.<sup>a</sup> pág.<sup>a</sup> 24) que quedó contestada negativamente en el n.º 39, (página 107) y fuè totalmente rectificada al calcular los elementos de la misma.

Respecto al reparo de la falta de observación de vapores ó nubes en la Luna (13° pag.<sup>a</sup> 24) ya desvirtuada en el n.º 13 de la pág.<sup>a</sup> 28, hay que repetir que tampoco los encontramos en las altas regiones de la atmósfera terrestre á causa de la debil presión de ésta desde que nos elevamos algunos miles de metros en ella, á pesar de que en tales alturas la presión es superior á la mayor lunar.

56. En cuanto á la sombra vista por mi en el eclipse de 1900—semejante á la cual sería probablemente aquella de que hace mención el Padre Secchi en la página 328 del primer tomo de un libro *El Sol*, aunque sin darle la interpretación debida como en la nota de la página 11 del presente Estudio de-jé dicho—y á las bien perceptibles reducciones de luz y de temperatura *al sol*, desde antes de empezar el eclipse, perfectamente comprobadas y medidas por mi en el eclipse de 1905 (‘), hechos 1.º y 2.º consignados en la página 30, del presente Estudio, indudablemente dependen de la interposición de la atmósfera lunar; porque aunque de escasa densidad, esta, dado su gran diámetro (es decir, el gran espesor de esta atmósfera que han de atravesar los rayos solares para llegar á la superficie terrestre, desde mucho antes hasta mucho despues de la ocultación del Sol, en los eclipses) dicha interposición llega á producir, por absorción, una perceptible reducción de las radiaciones caloríferas y luminosas, solares, que atraviesan la atmósfera lunar en tales ocasiones.

Y en lo que se refiere á los demas fenómenos observados con ocasión y durante los eclipses totales de Sol quedaron clara y plenamente explicados

---

(‘) Véase el apéndice 2.º.

en el capítulo IV, páginas 40 á 61 de mi Memoria de 1905, que no reproduzco aquí por su mucha extensión.

## Final y conclusiones

57. Es claro que los números anteriores, y especialmente los que se refieren á presiones atmosféricas ó del medio interplanetario, no tienen, como tantas veces queda dicho, carácter de completamente exactos é inmutables, como tampoco es inmutable la presión ni la temperatura atmosférica sobre la superficie terrestre en ningun punto del globo, ni las mismas distancias astronómicas constantemente cambiantes á causa de los movimientos planetarios en sus órbitas elípticas, y como no lo son ni aun las dimensiones de los cuerpos sólidos más rígidos, variantes con la temperatura.

Pero dichos números, aunque con el carácter de valores medios aproximados y ligeramente cambiantes, son suficientemente instructivos y elocuentes para garantizar la validez y la certeza de los resultados obtenidos y para poder ser tomados como valores expresivos de las medidas á que se refieren.

58. Por otra parte y lo más importante del precedente Estudio es, que de todo lo antedicho surgen multitud de cuestiones y de problemas nuevos (que no intento desarrollar) demostrando de modo evidente que el relativo á la existencia y condiciones de la atmósfera lunar no es cuestión de mera curiosidad, sino de inmensa trascendencia científica; como lo prueba la siguiente lista de algunas de las conclusiones que se derivan del contenido del presente Estudio.

1.<sup>a</sup> Aunque sin fundamento alguno, todas las teorías cosmogónicas se empeñan explícita ó implícitamente en suponer el Espacio vacío de materia, lo que no pasa de ser una *cándida hipótesis*.

Esta *afortunada* hipótesis (que también las hipótesis tienen suerte ó desgracia) no se apoya en nada. Es completamente gratuita y solo explicable por la ignorancia humana respecto á lo que pueda ser la materia, á cual pueda ser su origen, á la posibilidad ó imposibilidad de su infinitud, etc. etc. Como si su limitación ó lo que de ella creemos saber, fuese más accesible á la inteligencia humana que lo que creemos ignorar.

Pero á pesar de esta desvalida hipótesis lo que resulta de cuanto mejor sabemos, es que el espacio interplanetario—y aun más, el espacio *inter-estelar*, mismo—está ocupado por flúidos aeriformes más ó menos semejantes á los gases terrestres, con presiones pepueñísimas, diferentes según los parajes y aun cambiantes y variables con el Tiempo, en cada uno de los lugares de este espacio, ó partes del Espacio. Porque aunque la Luna no tuviese los reconocidos volcanes que han servido de ocasión y pre-

texto para probar que la atmósfera terrestre envuelve á la Luna y con esto la existencia y condiciones de las atmósferas terrestre y lunar, hasta hoy desconocidas, las consideraciones que sirvieron para deducir la fórmula (25) pág.<sup>a</sup> 96, sean los que fueren los números que se hagan entrar en ella y las rectificaciones que puedan de esto resultar para las presiones consignadas en las tablas numéricas 31 y 37 páginas 99 y 106 las consecuencias que de la discusión de dicha fórmula (25) se deducen (especialmente la 2.<sup>a</sup>, página 102) demuestran hasta la saciedad que, *ni el espacio interplanetario ni el inter-estelar están vacíos.*

2.<sup>a</sup> Igualmente resulta con toda evidencia, que así como se ha llegado á la innegable conclusión anterior de que el medio interplanetario es gaseoso y de densidad apreciable y mesurable, aunque muy pequeña con relación á la atmosférica en que habitamos en la Tierra, también es claro que no solo la Luna y los planetas sino cualquier cuerpo sólido ó *de escasa energía expansiva* (grande ó pequeño) existente ó que penetre en el fluido que se extiende en el *espacio inter estelar*. concentra necesariamente á su alrededor una atmósfera de densidad variable y cambiante con la importancia de su masa atractiva; con la dimensión del cuerpo en cuestión; con la densidad propia del medio fluido en el lugar del espacio inter-estelar en que se halle el cuerpo, y con el momento de que se trate.

3.<sup>a</sup> Las atmósferas planetarias no son, por tanto, casos eventuales ó fortuitos cuyas existencias requieran ser particularmente comprobadas para ser admitidas, sino *necesarias consecuencias* de la existencia del medio ó fluido interplanetario; de la existencia ó de la penetración en dicho medio de masas sólidas, y de la gravitación. Por lo cual no es absurdo admitir que la aproximación de grandes cuerpos, concentradores de fluido, que indirectamente sustraen de las atmósferas circundantes, aunque no produzcan choques, pueda influir como quedó dicho en los números 3 á 6 de las páginas 102 y 103 del presente Estudio, en los fenómenos meteorológicos de los planetas cercanos al cuerpo que se les aproxima.

4.<sup>a</sup> Que al acercarse los cometas al Sol, aumentan la atmósfera que les rodea y sigue en su movimiento, así como la densidad de esta, con todas las consecuencias dichas aquí y en mi conferencia del 12 de abril de 1910, sobre los *cometas y colas cometarias* <sup>(1)</sup>. Perdiendo su atmósfera en parte, sucesivamente y con enrarecimiento de ella, á medida que se alejan de nuestro centro planetario.

5.<sup>a</sup> Todo planeta ó satélite que haya tenido atmósfera en algún tiempo, la conservará en su totalidad ó en parte aunque esté situado ó pase transitoriamente cerca de otro cuerpo mayor, no solo por lo dicho en la conclusión 2.<sup>a</sup> sino porque siendo el diámetro exterior del mismo indudablemente

---

(1) Véase el folletito de este título, antes citado.

menor que la distancia del punto de igual atracción entre el planeta y el Sol ó entre el planeta y su satélite, al centro del planeta ó del satélite, son aplicables á cualquier planeta ó satélite las razones y consideraciones expuestas anteriormente al tratar de la imposibilidad de que la atmósfera lunar haya sido absorbida por la Tierra.

6.<sup>a</sup> Es claro, sin que haya modo de dudar, que dentro del espacio interplanetario, este fluido sigue en sus movimientos de traslación y de rotación á los diferentes planetas, con velocidades decrecientes desde los núcleos sólidos y desde el centro solar hacia afuera; como sucede con los planetas, con los diversos satélites de estos y como seguramente ocurre en las nebulosas espirales y en la atmósfera terrestre. A consecuencia de cuyo acoplamiento de movimientos, *casi* perfecto, ni el medio interplanetario opone resistencia *apreciable* á los movimientos de rotación y de traslación de los planetas, ni las órbitas planetarias sufren variaciones *sensibles* en sus dimensiones y en las posiciones de sus principales puntos; *excepto* en lo que se refiere á Mercurio, como se dirá en el siguiente párrafo 8.<sup>o</sup>

7.<sup>a</sup> En cambio es muy marcada la resistencia que este medio opone al movimiento de los cuerpos que atraviesan el medio interplanetario en discordancia con el movimiento de conjunto de este, como sucede á los cometas, á consecuencia de la gran *escentricidad* de sus órbitas; puesto que por causa de esta gran *escentricidad*, los cometas atraviesan el medio interplanetario con diferente dirección ó velocidad de movimiento de los que en cada paraje tiene dicho medio, que aunque sea estremadamente fluido, no deja, por esto, de ser algo resistente. Produciéndose por esto acortamiento en los ejes mayores de las órbitas de los cometas periódicos y con eso en la duración de los periodos de sus retonos, como se observa en los de Halley y de Encke; en el segundo de los cuales el acortamiento reconocido del periodo de traslación orbital es de dos horas y media (1) en cada retorno.

8.<sup>a</sup> A esta resistencia, prevista excepcionalmente para el cometa Encke por este astrónomo y por Von Asten, es seguramente debida la precesión del perihelo de Mercurio, puesto que este planeta se mueve entre un medio interplanetario el más denso por estar cerca del Sol, siguiendo una órbita *notablemente escéntrica*, y no á cosa parecida á las falsas teorías del profesor Eistein.

y 9.<sup>a</sup> El supuesto *estrato inversor* que se cree ser alguna envolvente especial del Sol, ha de consistir en la atmósfera solar mucho mas importante que la de cualquier planeta y en la totalidad de la masa fluida y gaseosa extraordinariamente enrarecida, pero de espesor total enorme, determinado por la distancia que media del Sol á la Tierra.

---

(1) Véase la pag.<sup>a</sup> 220 de *La Historia de los Cielos* por R. Stawell-Ramon Molinas-Barcelona.

N. B. Siendo muy posible que el hipotético eter no sea mas que la materia misma en todas sus formas, *desde la del cuerpo mas denso hasta la del mas fluido y enracido gas, y de acuerdo con las conclusiones 1.<sup>a</sup> y 6.<sup>a</sup>, anteriores, se explica perfectamente la constancia de la velocidad de la luz procedente de focos terrestres, para las observaciones tambien terrestres, de acuerdo con los antiguos y los recientes experimentos del fisico Michelson; que en tal caso, no resultarán confirmando sino contradiciendo las teorías del profesor Einstein y de sus admiradores.* (Véase el artículo del Sr. Comas Solá, en las páginas 52 y 53 del n.º 128 de la *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*. Barcelona y Abril de 1929).

59. Otras muchas consecuencias, que omito, se deducen del anterior Estudio; y nótese que ni trato en él de la composición química que pueda tener la atmósfera lunar, ni de si existe ó no vida en la Luna, ni de las posibles ó imposibles mareas de su atmósfera ó de la terrestre, ni de las aparentes irregularidades del movimiento lunar, ni de otras cuestiones y problemas con la Luna relacionados, respecto á los cuales no quiero afirmar ni negar nada aqui porque tales asuntos no se pueden abordar incidentalmente.

Pero sí quiero decir, antes de terminar, que cuando le llegue el turno á la publicación de mi *Teoría original de las Mareas Marinas* en la que demostraré plenamente que *no son debidas á la atracción lunar ni á la solar*, diré algo respecto á la cuestión de *mareas atmosféricas*, que expresamente omito aqui.

\* \* \*

60. Quedan con lo dicho en el presente Estudio planteados nuevos é importantes problemas físicos y astronómicos al mismo tiempo que resueltos y explicados los fenómenos lunares que hasta ahora no han tenido explicación; asi como quedaron explicados todos los relativos á las manchas solares en mi *Teoría sobre el origen y formación de las Manchas Solares* (1) y todos los fenómenos cometarios en la de los *Cometas y Colas Cometarias*, antes citada. Mas como á determinadas personas podrá parecer que las anteriores teorías explican demasiado para ser aceptadas, quiero hacer la protesta que puede formularse en estas pocas palabras:

*Para que una teoría sea verdadera es necesario que explique, no algunos, sino todos los hechos y fenómenos con ella relacionados.*

(1) Conferencia pronunciada por el autor en la noche del 10 de febrero de 1906, en el *entre del Ejército y Armada* de Madrid. Madrid 1906.



Terminó la impresión de este Estudio el día 17 de julio de 1929 en la imprenta de la Viuda de Pascual Box, Síguenza, Provincia de Guadalajara, España.

# APÉNDICES

---

## APÉNDICE 1.º

PÁGINA 14.

*Dos siglos de desorientación geométrica rectificadas por siete demostraciones que se han hecho esperar dos mil trescientos años.*

Estas demostraciones, que no se reproducen aquí por su mucha extensión, forman el apéndice 3.º á la conferencia que contra la supuesta teoría de la Relatividad pronunció el autor del precedente Estudio, ante el Ateneo de Madrid el martes 13 de marzo de 1923, posteriormente publicada en 1925 bajo el título de *Observaciones contradictorias á la Teoría de la Relatividad*.—Precio 3'50 pesetas.

## APÉNDICE 2.º

PÁGINAS 30 Y 125.

NOTABLES DISMINUCIONES DE LUZ Y DE TEMPERATURA COMPROBADAS CON OCASIÓN DE LOS ECLIPSES TOTALES DE SOL, NO SOLO EN LAS HORAS ANTERIORES Y POSTERIORES Á ESTOS EN LOS DÍAS EN QUE LOS ECLIPSES SE PRODUCEN, SINO EN LOS DÍAS INMEDIATAMENTE ANTERIORES Y POSTERIORES Á LOS ECLIPSES

Es evidente que si con ocasión de los eclipses de Sol no se interpusiese entre este astro y la Tierra mas que el cuerpo sólido de la Luna, ó si esta tuviese una atmósfera cuya altura no excediese de la de las montañas lunares, no se observaría en la Tierra ninguna reducción de luz ni de calor mas que durante la ocultación misma del disco solar.

Es decir, entre los llamados primero y cuarto contactos.

Pero sucede, precisamente; que tanto la temperatura como la intensidad luminosa y la *ultra-luminosa* procedentes de la radiación solar, no solo son menores en los días de eclipse total de Sol, en cada localidad donde el eclipse se produce, respecto á las que corresponderían al día y hora de que se trate si no hubiese eclipse, sino que: 1.º las temperaturas mínimas, medias y máximas van decreciendo sucesivamente en los días anteriores al eclipse hasta llegar á un mínimo en el de este, ó poco después, volviendo á crecer en los días posteriores; 2.º el descenso de la radiación térmica directa producido en los días mismos de eclipse es tambien muy perceptible desde antes del principio de la ocultación solar; 3.º el crecimiento de la radiación térmica después de pasada la ocultación, no es tampoco brusco ni

instantáneo al quedar el disco del Sol enteramente descubierto, sino que continúa produciéndose por algún tiempo después de pasado el eclipse. Y 4.º la radiación luminosa y la química ó *ultra-luminosa* solar que llega á la superficie de la Tierra en los lugares de totalidad de los eclipses, empieza á decrecer varias horas antes del primer contacto ó principio del eclipse, aumentando después de la terminación del mismo, no bruscamente, sino de un modo sucesivo hasta alcanzar valor superior á los que tuvo dicha radiación en los momentos anteriores del eclipse, tomada en cuenta la intensidad que á tales horas y días correspondería al lugar, si no hubiese eclipse. Siendo importante notar que este crecimiento de luz, es, no solo mayor sino también más rápido, pasado el eclipse, que fué el decrecimiento de la luz anterior á la ocultación del Sol.

Y para probar esto no voy á referirme á sensaciones fisiológicas algún tanto falibles y aun más discutibles, sino á medidas exactas y bien preparadas, en mi observación del eclipse total de Sol de 1905, recurriendo para ello á algunas de las muchas observaciones y notas que entonces hice en la Meseta de San Yust, al Sur de Montalban, en la provincia de Teruel, inéditas hasta el día.

Este punto de observación, donde me instalé muy incómodamente en la llamada *casa de socorro* que allí existe (ó existía en la aludida fecha) tiene una altura de 1520 metros sobre el nivel del mar y corresponde á uno de los vértices de la triangulación geodésica general hecha por el Instituto Geográfico de España, sin que lo domine ninguna otra elevación del terreno en mucha distancia, y estuvo exactamente situado en la *línea central* de la zona de sombra calculada para el eclipse total de Sol de 30 de agosto de 1905.

Empezadas mis observaciones en 23 de agosto las continué sin interrupción hasta el 6 de septiembre. Es decir, desde el día correspondiente al cuarto menguante anterior al eclipse, hasta el correspondiente al cuarto creciente posterior al mismo.

Elegí este solitario y olvidado monte como sitio apropiado para que, sin temor á perturbaciones posibles procedentes de cosas próximas ó producibles por la visita de curiosos importunos, pudiese percibir limpia y claramente las diferencias y contrastes climatéricos en los diversos días. Y á la verdad el éxito no pudo ser más completo, pues cundida la noticia por los pueblos próximos de que *en la casa de socorro de San Yust habia un señor* preparado á observar el eclipse anunciado, pude organizar un servicio de observadores que debidamente instruidos me auxiliaron eficazmente, utilizando para ello los del maestro de escuela de Mezquita, D. Victoriano Rojas y los del farmacéutico de Cuevas de Almuden, D. Serafin Villarroya, en las observaciones más delicadas, y las de otros espontáneos auxiliares, en las cosas más fáciles.

Prescindiendo de muchos de los datos de observación que entonces obtuve y que aun no he tenido ocasión de publicar (al cabo de veinticuatro años), así como de consideraciones que no se refieren directamente al asunto de este apéndice, consignaré aquí las medidas termométricas y fotométricas entonces obtenidas, con las explicaciones y comentarios que interesan á la demostración de la influencia debida á la interposición de la atmósfera lunar, en la ocasión de aquel eclipse, empezando por las

#### Observaciones termométricas

Las obtenidas durante la quincena del 23 de agosto al 6 de septiembre de 1905, fueron las consignadas en el presente cuadro parte de las cuales

Días	Seis de la		Máxima	Mínima	Oscilación	Media	Media total	
	mañana	tarde						
Agosto	23	13°0	15°5	32°0	10°0	22°0	21°0	17°6
	24	14°5	23°1	37°0	10°0	27°0	23°5	21°1
	25	13°9	20°0	28°0	8°5	19°5	18°2	17°6
	26	9°5	19°0	41°0	5°0	36°0	23°0	18°6
	27	11°2	14°6	32°5	5°0	27°5	18°7	15°8
	28	13°9	20°6	29°0	8°0	21°0	18°5	17°9
Eclipse	29	13°9	11°3	22°0	10°0	12°0	16°0	14°3
	30	7°0	12°0	34°0	1°5	32°5	12°7	13°8
Septe.	31	7°0	10°1	27°5	3°0	24°5	15°2	11°9
	1°	9°4	12°9	20°0	5°8	14°2	12°9	12°0
	2	10°3	15°2	35°0	4°5	30°5	19°7	16°2
	3	8°3	17°5	32°5	3°5	29°0	18°0	15°4
	4	11°3	22°0	38°0	6°0	32°0	22°0	19°3
	5	14°8	20°9	31°0	8°5	22°5	19°7	18°8
	6	15°5	22°4	29°3	10°8	28°5	20°0	19°5

fueron publicadas en un artículo inserto en *La Correspondencia de España* del 8 de septiembre de 1905.

Las temperaturas correspondientes á las seis de la mañana y á las seis de la tarde del cuadro anterior, son los promedios de las indicadas por dos termómetros colocados en un mismo poste cilíndrico de mampostería; el uno del lado Sur y por tanto al sol, y el otro del lado Norte, ó sea á la sombra.

Las temperaturas medias en las veinticuatro horas, son las semisumas de las máximas y mínimas extremas, obtenidas en cada día.

En cuanto á las *medias totales* correspondientes á la última columna

del cuadro anterior, se han obtenido sumando las temperaturas extremas con las medias de las seis de la mañana y de las seis de la tarde, y dividiendo los resultados por cuatro, que es el número de las temperaturas componentes de dichas *totales*.

Salvo ligeras oscilaciones dependientes del estado del Cielo y de la fuerza y dirección del viento, la última columna del cuadro anterior demuestra un descenso gradual de la temperatura de 9°2 en los siete días correspondientes al cuarto menguante de la lunación aquella, contados á partir del día 24. Pasado este mínimo y en la misma última columna, se observa un ascenso en la temperatura *media total* de 7.°6 al llegar la Luna á su cuarto creciente; pero tal vez esta elevación de la temperatura *media total*, pasado el eclipse, habrá sido aun mayor en el día 7 de septiembre en que ya no hice observaciones por abandono de aquella posición para regresar á Madrid.

Aun se pueden deducir consecuencias importantes de las oscilaciones de los *máximos*, de los *mínimos*, de las *oscilaciones termométricas* y de las temperaturas *medias* y otras, del cuadro anterior, en que no me detengo para no dar á este apéndice demasiada extensión. Pero basta y sobra con las más salientes para patentizar la influencia de la interposición entre el Sol y la Tierra en los días de la quincena del 23 de agosto al 6 de septiembre de 1905, de *algo* que produjo tan considerable reducción *transitoria* de la temperatura *media total* en aquel punto; tan bien situado, en plena atmósfera y sobre la misma línea central del eclipse.

En efecto: de las observaciones termométricas hechas por mí en la Meseta de San Yust, el 30 de agosto de 1905, resulta lo que en el artículo publicado en *Heraldo de Madrid* del 8 septiembre de dicho año, y bajo el epígrafe de *Influencia de la atmósfera lunar en la climatología terrestre*, dije; artículo que ampliado con lo más importante de lo que al asunto del presente apéndice se refiere, se reduce á lo siguiente.

Refiriéndome á lo dicho en la Memoria publicada por mí en 1905, con anterioridad y con referencia al eclipse total de Sol de aquel año, recordé en el citado artículo que «el enfriamiento de la atmósfera observado en los eclipses de Sol, no es simplemente debido á la interposición del cuerpo ó «globo sólido de la Luna y á la proyección de su sombra, sino que contribuye á él muy particularmente, la *sombra térmica de la atmósfera lunar*».

«Con objeto de comprobar este enfriamiento y esta afirmación, aconsejé, tanto en mi libro como en las conferencias que di con anterioridad al eclipse sobre estos temas en Madrid, Burgos y Zaragoza, que no se limitasen las observaciones de temperatura y otras, al día del eclipse, sino que se hiciesen durante una quincena al menos, desde el cuarto menguante del 23 hasta el creciente del 6 de septiembre, y á ser posible, durante toda la lunación que empezó en 15 de agosto y terminó en 13 de septiem-

»bre. Todas en el mismo lugar y con las mismas condiciones de las que se »hiciesen en el día del eclipse, con objeto de que sus resultados fuesen »comparables.»

Efectuadas por mí dichas observaciones en la forma indicada obtuve los resultados consignados en el cuadro de la página que sigue.

Pero además de estas «hice en el día del eclipse 30 de agosto *setenta* »observaciones termométricas desde las seis de la mañana hasta las »seis de la tarde, en los termómetros colocados al sol, á la sombra y con »el de bola negra al sol, en horas diversas; tanto más próximas entre sí »cuanto menos distaban—antes y después—del momento medio del eclipse: »acusando los tres termómetros primero un aumento general de tempera- »tura al avanzar el día, como es natural y corriente. Pero antes del medio »día y por tanto, antes de llegar á la hora de la máxima diaria, y *también* »antes de verificarse el primer contacto del eclipse, los tres termómetros »acusaron una baja manifiesta en la temperatura; llegando el de bola ne- »gra al sol—medidor de la radiación directa—á descender 5°3 en cuarenta »minutos, desde las 10<sup>h</sup> 50<sup>m</sup> á las 11<sup>h</sup> 30<sup>m</sup>; lo que no puede atribuirse á »la penumbra del núcleo ó globo sólido lunar, pues en tales momentos (á »las 11<sup>h</sup> 30<sup>m</sup>) aun no había empezado el eclipse tal como ordinariamente »se le considera; ó sea prescindiendo de la intervención en el fenómeno, de »la atmósfera lunar».

Después del cuarto contacto, es decir, después de pasada la interposición del cuerpo sólido de la Luna, el termómetro de bola ennegrecida, que media la intensidad directa de la radiación solar, acusó, con cielo despejado delante del Sol, una elevación de 6°3 *en treinta y cinco minutos*, desde las 14-25 á las 15 de la tarde.

Reducción primero y elevación, después, de la radiación solar, que no se explica sin la interposición de *algo* rodeante á la Luna, de densidad ó de espesor decreciente (ó de ambas cosas á la vez) á partir del cuerpo sólido de la Luna, hacia afuera.

Pero estos números son tanto más expresivos cuanto que están perfectamente de acuerdo entre sí; pues habiendo sido el ascenso de la radiación solar que pudo llegar á la Tierra pasado el eclipse, 1'71 décimas de grado por minuto, con cielo despejado, resulta esta elevación progresiva perfectamente comparable con el descenso de la misma radiación antes de empezar el eclipse, á razón este descenso, de 1'325 décimas de grado; que si es algo menor que 1'71 se debe seguramente á que las temperaturas de la mañana fueron todas menores que las de la tarde.

Como en los treinta y cinco minutos durante los cuales, *con cielo despejado* y pasado el eclipse, la progresiva elevación de la radiación solar se produjo, el Sol había quedado retrasado en el Cielo con respecto al disco aparente de la Luna, un radio lunar, quiere esto decir—de acuerdo con las

### Observaciones térmicas efectuadas el 30 de agosto de 1905 en la Meseta de San Yust

Horas	Termómetros de			Dirección del viento	Estado del Cielo	Suma de temperaturas
	Sombra	Sol	Bola negra			
6—00	6°8	7°2	«	NE.	Pocas nubes, Día espléndido	»
8 00	12°9	11°8	17°5	SO.	idem.	42°2
9—00	11°8	13°8	17°9	NO.	Nublado	43°5
10—00	14°0	16°5	20°5	O.	Nubes	51°0
10—50	14°5	17°8	<b>23°8</b>	NO.	Sol descubierto	<b>56°1</b>
11—30	14°0	17°0	18°5	NO.	Nubes	49°5
«	«	«	«	«	<b>Primer contacto. Nube</b>	»
12—00	14°4	19°5	20°0	NO.	Nublado	53°9
12—20	14°2	20°5	<b>22°8</b>	N.	Sol y nubes	<b>57°5</b>
12—40	13°8	22°5	17°8	NO.	Nubes y sol	54°1
12—50	14°2	16°8	16°8	NO.	Nubes	47°8
13—00	13°2	14°8	14°5	«	id.	42°5
13—05	13°0	14°5	14°2	«	id.	41°7
13—10	12°8	14°0	10°8	«	id.	37°6
«	«	«	«	«	<b>Segundo contacto. Nubes</b>	»
13—15	12°5	13°5	12°8	NO.	Totalidad con nubes	38°8
«	«	«	«	«	<b>Tercer contacto. Sol y nubes</b>	»
13—20	12°5	13°2	12°8	N.	Sol y nubes	38°5
13—25	12°5	13°8	14°0	«	id. id.	40°3
13—30	12°9	14°4	15°2	NO.	id. id.	42°5
13—40	13°0	15°5	14°8	«	Despejado	43°3
13—50	13°0	16°8	18°8	«	Sol y nubes	48°6
14—00	13°0	17°0	19°8	«	id. id.	49°8
«	«	«	«	«	<b>Cuarto contacto. Nubes</b>	»
14—25	14°5	20°0	19°5	N.	Despejado	54°0
15—00	15°2	22°8	<b>25°8</b>	NO.	id.	<b>63°8</b>
16—00	13°5	15°8	14°0	NE.	Nublado	43°3
18—00	11°5	12°5	«	«	Ligeras nubes	»

Temperatura mínima del aire en la madrugada 1°5

Id. id. durante el eclipse 11°

Temperatura máxima del aire por la mañana 27°5

Id. id. id. por la tarde 34°

consideraciones de la demostración y medida de la atmósfera lunar desarrolladas en el presente Estudio y con lo dicho en la Memoria de 1905—que dicha atmósfera hizo sentir su influencia absorbente de los rayos caloríficos al terminar el eclipse de 30 de agosto de dicho año, *por lo menos*, á distancia del centro de la Luna de *dos* radios lunares.

Resultado perfectamente concordante y comprobante de todo lo dicho en el presente Estudio y en la Memoria del eclipse total de Sol de 1905.

El artículo de referencia, inserto en 8 de septiembre de 1905 en el *Heraldo de Madrid*, termina con las palabras siguientes:

»No creo pueda atribuirse la baja termométrica anterior al primer contacto, á otra causa que á la interposición de la atmósfera lunar, sobre todo teniendo en cuenta que este descenso de temperatura se halla de acuerdo con lo observado en otros eclipses, sin omitir el anterior de 1900 en el que se hicieron observaciones análogas por los astrónomos del Observatorio de Madrid en Plasencia y por el doctor D. José María Escuder en un cerro próximo á la estación de Emperador de la línea férrea de Madrid á Ciudad Real.»

»Otras observaciones interesantes y conformes con mis teorías hice en este lugar, <sup>(1)</sup> tales como la comprobación de las corrientes fuertemente descendentes de aire frío en los días del cuarto menguante, con especialidad á medio día del 23 de agosto, en el que la corriente descendente se aproximaba mas á la dirección vertical que á la horizontal.»

A pesar de las indicaciones hechas por mi en la Memoria de 1905, publicada y vendida ó repartida, con anterioridad al eclipse, y de los propósitos de alguno de los directores de las comisiones oficiales encargados de observar el eclipse de 30 de agosto de dicho año, ocurrió lo que era natural y previsto que ocurriese.

Que las comisiones oficiales no hicieron ni una de las observaciones aconsejadas en aquella Memoria, por el autor del presente Estudio.

Pero algunos particulares llenos de buena voluntad y con suficiente competencia, tuvieron á bien seguir mis indicaciones y me remitieron el resultado de sus observaciones, de entre las cuales destaco las dos siguientes, confirmantes de la disminución de temperatura anterior y posterior á la ocultación del Sol en el día 30 de agosto de 1905, en que tuvo lugar aquel eclipse.

1.<sup>a</sup> Los religiosos escolapios del Colegio de 2.<sup>a</sup> enseñanza de Villacarriedo (Santander), establecieron dos puntos de observación en plena zona de totalidad; en uno de los cuales se anotaron las temperaturas que pudiesen producirse durante el eclipse. De estas resultó que marcando allí el termómetro, 28° centígrados, al sol, á las 11 horas y 20 minutos (antes del eclipse), descendió esta indicación sucesivamente hasta 17° en el momento del primer contacto, ó sea al empezar el eclipse á las 11 horas y 35 minutos.

---

(1) Las fotométricas que van á continuación y otras aun inéditas en 1929.

Pasado este y marcando el termómetro 16°5 en el momento del cuarto contacto á las 2 horas 30 minutos, subió constantemente la temperatura hasta las 3 de la tarde en que llegó á 20°5 del termómetro.

Es decir que en aquel punto de observación se notó un descenso de 11° producido en el trascurso de quince minutos, *antes de empezar el eclipse*; y despues del mismo la elevación de 4° requirió treinta minutos, en hora en que, de ordinario, empieza á bajar la temperatura.

2.º D. José Llanos hizo en Villanueva de la Serena, provincia de Badajoz—fuera y al Sur de la zona de totalidad—varias y muy inteligentes observaciones durante aquel eclipse, y entre ellas algunas relativas á temperatura entre las cuales se hace notar la baja del termómetro de bola negra, al sol, *desde las 9 de la mañana*; produciendose pasado el eclipse un alza termométrica que *continuó hasta las 4 de la tarde*. Es decir, que en Villanueva de la Serena, fuera de la zona de totalidad, empezó la baja termométrica una hora y cincuenta minutos antes y continuó durante una hora despues, que en la Meseta de San Yust, donde yo observaba, en plena zona de totalidad.

El descenso de temperatura desde mucho antes hasta mucho despues de la ocultación del Sol, por la Luna, resulta pues, evidente, confirmando cuanto queda dicho en el precedente Estudio y con esto demostrada la influencia absorbente de la atmósfera lunar en la radiación técnica oscura, ó *inferior* del espectro solar.

Veámos ahora si esta influencia se hizo sentir, tambien, en la extremidad opuesta del espectro; es decir, en la radiación química ó ultra-luminosa, solar, apreciada y medida por medio de

#### Observaciones fotométricas

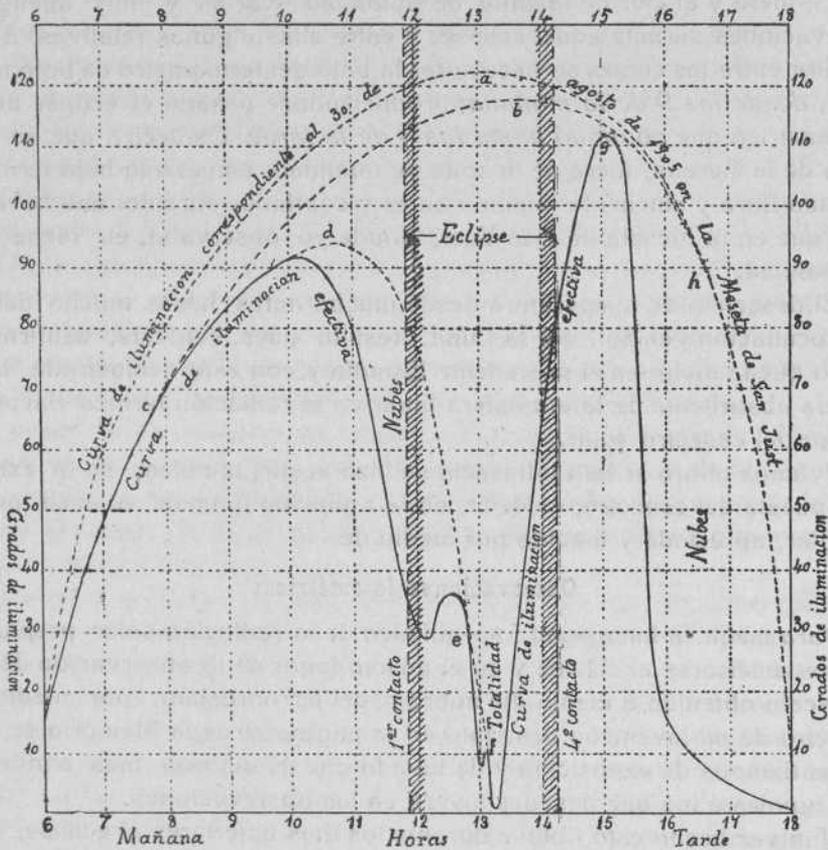
Para medir la intensidad foto-química de la radiación solar preparé en los días anteriores al eclipse y en el mismo lugar de la observación de este, una escala obtenida á medio día sobre papel ferroprusiato, por medio del fotómetro de mi invención descrito en la página 70 de la Memoria de 1905, con los tiempos de exposición y de lavado que resultaron mas convenientes, é iguales á los que despues invertí en las observaciones.

Una vez hecho esto obtuve durante los días anteriores al eclipse, á hora fijas é iguales para todos los días siempre que el Sol no estuvo oculto por las nubes, una serie de medidas fotométricas que me permitieron comprobar que la radiación foto-química crecía por la mañana hasta poco despues de la una para descender luego con mayor rapidez de aquella con la que por la mañana habia ascendido, hasta quedar á las seis de la tarde casi extinta y siempre menor que á las seis de la mañana. Todo ello con una continuidad y regularidad notables.

Pero ademas puede comprobar que la intensidad fotográfica de la ra-

diación solar varió también, de un modo muy regular de un día á otro en ondulación ascendente desde el 25 de agosto, que correspondió á un mínimo, hasta el 28-29 en que llegó á la mayor intensidad fotográfica de la quincena á que mis observaciones se extendieron.

A este máximo siguió un descenso bien pronunciado y tal que al día 30, del eclipse, debía corresponder la intensidad luminosa del 28 ó la del 27, según las horas de observación á que la medida se refiriese. A la del 28 en las observaciones de las ocho de la mañana y á las del 27 en las de las doce del día.



Pasado el día 30 en descenso de intensidad fotográfica, se llegó á un mínimo de esta en el día 2 de septiembre, después del cual volvió á crecer la radiación luminosa hasta el día 5 en que llegó á otro máximo, aunque notablemente inferior, este, al del 28-29 de agosto.

Todo esto con tal regularidad, como digo, que traducido en la representación gráfica que omito aquí, permitió, conocida la intensidad foto-química de la radiación solar en una hora determinada de cualquier día, deducir el trazado del resto de la curva representativa de dicha radiación correspon-

diente al día en cuestión. Y aun mas; trazar de antemano con gran aproximación las curvas fotométricas correspondientes á cualquiera de los días inmediatamente venideros, ó la de uno anterior una vez conocidas las posteriores.

De este modo pude trazar con toda facilidad y seguridad la curva de la figura anterior correspondiente á la iluminación normal para el 30 de agosto de 1905 en la Meseta de San Yust, cuyo punto culminante *a* debió llegar á la una de la tarde á los 122 grados de intensidad fotográfica, según la escala obtenida del modo dicho.

Pero es el caso que de las medidas obtenidas el 30, día del eclipse, resulta que la intensidad luminosa se mantuvo durante todo el día inferior á la que debería haber sido sin el suceso del eclipse, según lo que indica gráficamente la curva *cdefg*, de la figura.

Salvando la fuerte depresión *defg*, visiblemente debida al eclipse, y tenida en cuenta la gran regularidad de las curvas representativas de la intensidad luminosa, esta debió ser á partir de la iluminación en las primeras horas del día, antes de las 8 de la mañana y acoplándose á la que correspondió á las 3-20 de la tarde, pasado el eclipse, la correspondiente á la curva de trozos que culmina en *b* á la una y media de la tarde.

Pero es el caso que la intensidad luminosa efectiva en dicho día se apartó visiblemente, en descenso, de la ya atenuada *cbh*, desde las 8 de la mañana hasta las 4-40 de la tarde.

Y como el primer contacto de los discos aparentes del Sol y de la Luna se produjo después de las 11-30, y el último antes de las 14-25, resulta que la reducción de la intensidad luminosa *extraordinaria y visiblemente debida al eclipse*, empezó, por la mañana, tres horas y media por lo menos, antes del primer contacto y continuó, por la tarde, dos horas y treinta y cinco minutos después del cuarto y último contacto, ó final del eclipse.

Por tanto es evidente que *algo* y algo muy absorbente de las radiaciones ultra-luminosas, rodeante á la Luna, redujo la ya disminuída luminosidad desde el amanecer, de aquel día.

Si ahora queremos calcular aproximadamente el diámetro de esta esfera absorbente de la radiación ultra-luminosa, veamos que habiéndose hecho bien perceptible, la disminución de esta, 210 minutos antes del primer contacto en cuyo momento el disco de la Luna caminaba delante del Sol con una velocidad tal que en 110 minutos se trasladó toda la amplitud de su diámetro aparente, es claro que esta reducción luminosa se hizo sentir por la mañana desde unos dos y medio diámetros lunares á partir del centro de la Luna.

Este mismo cálculo referido á las horas de la tarde en que la Luna trasladó su disco en 70 minutos, extendiéndose la reducción de luz por lo menor á 155 minutos después del último contacto, da para esa misteriosa esfera absorbente de las radiaciones solares, un radio de 2'7 diámetros lunares.

Vemos que estos resultados, tan conformes entre si, dan para la esfera absorbente de las radiaciones solares, aun mayor dimensión que la que acusaron las observaciones térmicas. Bien entendido que estos números son mínimos, porque como queda dicho y bien claramente indica la figura, la absorción luminosa se hizo sentir, el día del eclipse, durante todo él y no simplemente desde las 8 de la mañana hasta las 5 de la tarde, en que la reducción luminosa se hizo tan perceptible como queda dicho.

Es además notable que la reducción luminosa resulta mayor y de mas duración por la mañana, ó *delante* del curso de la Luna que por la tarde, ó *detrás* de dicho curso; pues descontando la reducción debida á la interposición de nubes, por la mañana no pasó la iluminación de los 94 grados á las 10-40, mientras que por la tarde llegó esta á los 112 grados á las 15-20

\* \* \*

Las observaciones y medidas térmicas y foto-químicas expuestas en este Apéndice hubieran bastado, seguramente, para inferir con grandes probabilidades de acierto, la existencia de la atmósfera lunar y para asignar á la medida del diámetro de esta un límite inferior bastante considerable; como bastó al autor del anterior Estudio la observación de la sombra vista en el Cielo con motivo del eclipse de 1900, para afirmar en la Memoria de 1905 la existencia de la discutida atmósfera y para calcular un valor mínimo de su diámetro.

Pero como quedó dicho en el encabezamiento del Prólogo del Estudio á que este Apéndice se refiere, siendo las observaciones de 1900 y 1905, hechas por el autor de esta monografía, únicas y especiales del mismo, podrían ser discutidas ó puestas en entredicho por los que no se preocuparon jamás de hacer otras observaciones que las ópticas correspondientes á los momentos de la ocultación solar, entre el 1.º y el 4.º contacto.

Por esto, en la demostración matemática desarrollada en el cuerpo del anterior Estudio se prescindió por completo de estas observaciones puramente personales del autor; con la gran ventaja de que el método antes seguido, permitió dar números y medidas precisas á que no hubiera sido posible llegar por medio de las observaciones directas, fotográficas y termométricas, expuestas en este apéndice.

*Pero no obstante la evidente superioridad del método y demostración matemática, seguido, es por los procedimientos explicados en este Segundo Apéndice, y no indagando efectos de refracción luminosa, como hubiese podido llegarse á demostrar la existencia de la atmósfera lunar, tan solo por medio de observaciones físicas directas.*





TERMINÓ LA IMPRESIÓN DE ESTE ESTUDIO  
EL DÍA 17 DE JULIO DE 1929  
EN LA IMPRENTA DE LA VIUDA DE PASCUAL BOX,