

UJAN

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
BIBLIOTECA GENERAL DE BIBLIOTECA

2

RUBINA

RECURSO  
INSTITUCION  
DE LA  
ATMOSFERA

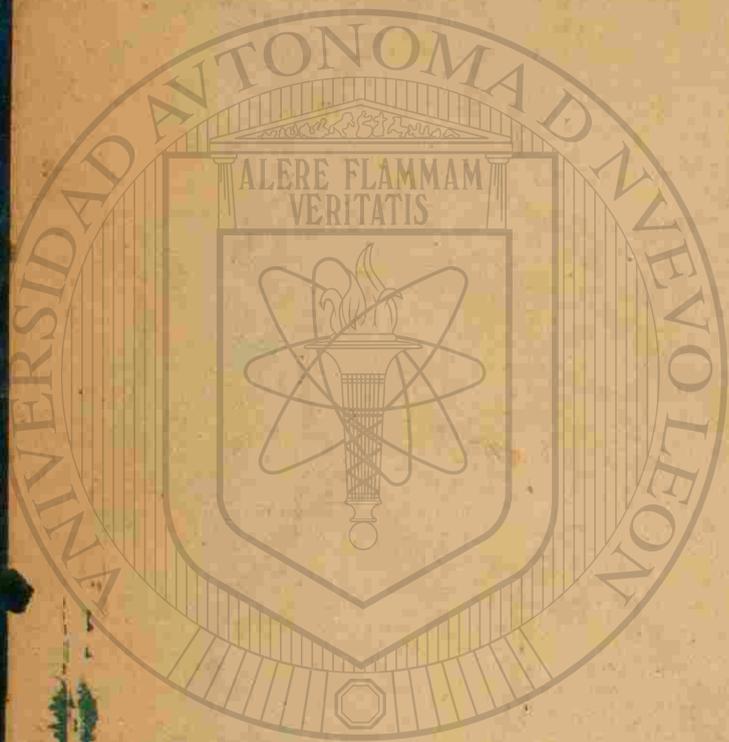
F1232

B83

R. C.



1080012735



# DISCURSO

PRONUNCIADO EN LA CIUDAD DE CULIACAN

EL 27 DE SEPTIEMBRE DE 1866

POR EL

**Lic, Eustaquío Buelna**

Con motivo de la festividad,  
celebrada en esa fecha, de la consumación  
de la  
Independencia Mexicana



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

MEXICO

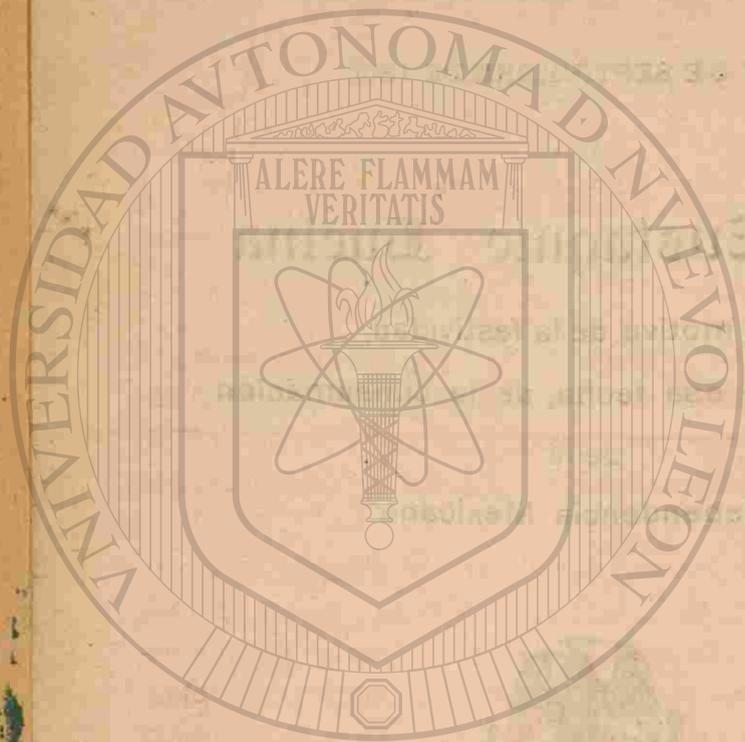
IMPRENTA Y ENCUADERNACION DE M. NAVA

2<sup>da</sup> DE MESONES NUMERO 14

1903

F1232

B 83



FONDO HISTORICO  
RICARDO COVARRUBIAS

156856

---

## UN ANTIGUO DISCURSO.

---

En 27 de Septiembre de 1866, fui designado por el Ayuntamiento de Culiacán para pronunciar un discurso relativo á la festividad de ese día, en que se conmemoraba la consumación de la Independencia mexicana.

Ese discurso, cuya lectura tuvo lugar en los últimos meses de la Intervención francesa, en Sinaloa, produjo honda sensación en dicho Estado, porque sus conceptos envolvían una acusación contra la conducta de todos los partidos políticos, que habían tenido en sus manos la administración de los negocios públicos de México, y dió motivo á una contestación semi-oficial por parte de un empleado del Gobierno de la época.

Esta circunstancia movióme á prescindir de la publicación de la pieza oratoria, no fuera á ser que con motivo de ella surgieran discusiones, que yo no creía conveniente suscitar durante las aflicciones de la patria; y ella, la pieza oratoria, quedó sumergida

en el fondo de los cajones que guardan papeles revisables en tiempo futuro indeterminado. Fué revisada por mí con motivo de un cambio de domicilio, después de 37 años de catalepsia, y he creído que antes de morir, debería cumplir la promesa que dejé hecha de publicarla, cuando las condiciones del país lo permitieran. Creo que es llegado el tiempo de hacerlo, y he aquí el trabajo literario referido.

México, Octubre de 1903.

*Eustaquio Buelna.*

---

**Discurso** pronunciado por el Lic. Eustaquio Buelna, en la plaza principal de Culiacán el día 27 de Septiembre de 1866 en conmemoración de igual día del año de 1821, en que se consumó la Independencia Mexicana.

Triste es, Señores, tener que decir, que sólo el hombre es capaz de sufrir y ejercer la tiranía; pero es una verdad incontestable, pues que él solo posee una condición orgánica adecuada para producirla. La tiranía es el abuso del poder social, el poder social no se ejerce sino sobre seres esencialmente sociables como el hombre, y por eso digo que el hombre es el único sujeto, á la par que el único objeto de ese terrible azote.

Apenas nacieron las sociedades, hubo tiranos, semilla fecunda que no se ha perdido ni se extinguirá jamás en el mundo, aunque pese á los generosos adalides de la libertad. Desde Nemrod, el primer rey histórico, hasta Sardanápalo; desde Ciro, el conquistador de Babilonia, hasta Alejandro, el destructor del imperio persa; desde los tiempos de la Roma heroica hasta el anonadamiento de su poder por los bárbaros; en suma en todas las edades hasta la presente, la humanidad ha sido mártir de todos los despotismos, de todas las iniquidades, de todos los tormentos, ha andado esa larga vía dolorosa, cuyo calvario no encuentra todavía para purificarse, y al que no llegará sino al venir la consumación de los siglos.

Forzoso es que el compuesto, cómo es la sociedad, participe de todas las propiedades del simple, como es el hombre. El hombre en el mundo no puede llegar á ser perfecto; la sociedad tampoco puede llegar á serlo. El hombre toda su vida es esclavo de las pasiones, que apenas puede domar; la sociedad es esclava de los tiranos, que no puede acabar de expeler de su seno. Raro será el hombre justificado que no se inspire alguna vez en los consejos del interés, de la ambición, de la intemperancia, del orgullo, que no se extravíe de cuando en cuando por los caminos del mal; y rarísima será la sociedad en que no se ejerza la opresión, ya sistemática, ya accidental, á causa de las imperfecciones de su organismo, inevitables en las obras de los hombres.

La esclavitud y la tiranía, Señores, interrumpidas de cuando en cuando con fugaces relámpagos de libertad, están apoderadas del mundo, imperando donde quiera que el hombre vive en contacto con sus semejantes, y esta no es una exageración, sino una sentencia basada en nuestra naturaleza y en la condición de las sociedades, confirmada con mil ejemplos de la historia antigua y contemporánea.

Y si no, ¿quién no aplaude en el día la Constitución de la Gran Bretaña, cuyo pueblo bajo la monarquía presume gozar de más libertad que muchos otros bajo la república? Sin embargo, la opresión de la Irlanda, la conquista de pueblos sometidos por la fuerza á la condición de colonias, y la sujeción de la India son un mentís á la libertad británica, son unas llagas cancerosas que, agravándose poco á poco, acabarán por producir más ó menos tarde una mudanza en la ponderada Constitución.

La gran república norte-americana, cuyas instituciones políticas y cuyo engrandecimiento portentoso me arrancan un grito de admiración, tampoco es un modelo acabado de libertad, por más que recientemente haya borrado de su Car-

ta fundamental el negro lunar de la esclavitud. Allí el ciudadano vive bajo el yugo del revólver (1). El revólver es el cetro del pueblo. El revólver ahuyenta la policía. El revólver se ha ilustrado matando un presidente. El verdadero republicano profesa el principio de la fraternidad universal, el norte-americano no la profesa. El negro no es su hermano; el hombre de color no es su hermano; el mexicano residente en California no es su hermano, y vive en el vilipendio.

No me digáis de las repúblicas griegas, cuyos hombres grandes fueron un dechado de virtud, y cuyos recuerdos trascienden todavía, á través de tanto número de siglos, las máximas mas puras de libertad y recta justicia. Pero ahí había ilotas; ahí había esclavos; ahí la mujer, nuestra preciosa mitad, estaba desheredada de gran parte de sus derechos naturales y cubierta de ignominia; ahí el Estado era todo, el individuo nada; ahí las exigencias sociales absorbían los derechos personales. Las constituciones de Licurgo y de Solón produjeron héroes, pero también produjeron oprimidos.

No me digáis de la república de los Cincinatos y Camilos, de los Graccos y de los Escipiones, pues también fué la república de los Decévirios y de los Triúnviro, de los Silas y de los Césares. Un pueblo en que la plebe vivió en perpetua lucha con los patricios por mejorar su condición social, hasta que venció y se suicidó en el imperio, no pudo haber sido un Estado libre, sino un Estado que se esforzó vanamente por serlo.

Yo no comprendo la libertad con mezcla de tiranía, ni con excesos de libertinaje. Pero la libertad pura y sin manilla seguramente no es de este mundo, donde casi puede decirse que todo es obra de las pasiones. En este mundo sólo la entrevemos, velada con el pesado manto de la opresión,

(1) Se refiere á la época en que se pronunció el discurso.

que si en algunas partes se alza ligeramente, en otras cae como un sudario sobre la faz de las naciones.

México, Señores, ha sido una de las que más han sufrido en este respecto. Mexico ha hecho esfuerzos prodigiosos por ser libre, y en México, sin embargo, casi sólo ha imperado la tiranía; lo que parece una paradoja, pero no es sino la más terrible verdad. Aherrojado por trescientos años, desde que la ferocidad de Hernán Cortés nos quiso probar, con el fragor y estruendo de sus armas, y con los suplicios y tormentos de los naturales, la pretendida divinidad, la justificación y la mansedumbre de los reyes de España, sólo vimos el término á nuestra esclavitud, cuando un genio más benéfico, el inmortal Iturbide, aprovechando los sacrificios de los Hidalgo, los Morelos y otros que habían expirado en los combates y en los cadalsos, probó á nuestros dominadores, con hechos ilustres y con la más consumada política, la heroicidad, la capacidad y la suavidad del mexicano, que todavía les pedía reyes para que lo gobernasen independiente.

Pero mientras esperábamos un monarca de borbónica estirpe, continuador de la tiranía colonial, he aquí que de repente se alza uno entre nosotros en medio de un motín popular. Iturbide es aclamado emperador por las turbas de México, la asamblea nacional se vé forzada á confirmar su elección y las provincias todas celebran el advenimiento del héroe, unas deslumbradas por su prestigio, otras arrastradas por el ímpetu de los sucesos, todas mistificadas por lo repentino, imprevisto y grandioso de su elevación. Hubo espontaneidad, si se quiere, en la plebe de la capital, pero en el Congreso y en las provincias no hubo sino presión y alucinamiento.

Esta primera violencia acarrió muchas otras, porque también la fuerza tiene su lógica y engendra hechos de una consecuencia incontrastable. El Libertador atentó poco des-

pués á la soberanía nacional, disolviendo el Congreso constituyente, pero no tardó en oír el grito alarmante y fatídico de República; sus antiguos compañeros de armas lo abandonan; siente que se escapa el cetro de sus manos; abdica, y sale fuera del país, á donde en mala hora pretendió volver sin permiso de sus autoridades, pues acabó su carrera en Padilla, víctima de los celos, de la perfidia y de la ingratitude de algunos de sus conciudadanos.

¡Tremendo ejemplo para los que se desvían del sendero de las leyes, y descuidan conformar sus actos públicos á la voluntad nacional! Aquí veis como el adalid más afortunado de la insurrección mexicana, el que llegó al pináculo de las glorias humanas, dando independencia con su genio y con su brazo á la patria á que debía el ser, comenzó á hundirse en un abismo de infortunios, desde que puso en sus sienas una corona tomada por asalto, ó aceptada de manos de los asaltantes, y llenó al fin con su cadáver esa horrorosa cima que había abierto con sus deslices, después de haber cometido la última imprudencia de aventurarse sin guía y sin apoyo en un país que acababa de expulsarlo, que era ya republicano, y que debía tener su sola presencia como un emblema de monarquía y un botafuego de trastornos públicos y combates fratricidas.

Mas al referir los yerros del último y más glorioso caudillo de nuestra independencia, no olvidemos los raros méritos con que lo adornó la divina munificencia, y las glorias que conquistó y resplandecerán hasta en la más remota posteridad. Tuvo, por cierto, el poco tino de volar, como Icaro, demasiado alto, sin tener muy firmes las alas; cometió la imprevisión de abrir ó permitir que se abriera una serie de motines en el país, cuyo término aún no divisamos, habiendo él propio expiado en uno de ellos su culpa; no tuvo la paciencia y discreción suficientes en esperar los fallos de la

opinión pública y de la representación nacional, únicas competentes para decidir sobre la suerte y gobierno de la joven nación, en la que hubiera tenido derecho á los primeros empleos, á los primeros honores, á las más satisfactorias recompensas; fué mas de su agrado seguir las huellas de Augusto y Napoleón I, que representar el modesto y virtuoso papel de Washington, y prefirió el brillo y grandeza del momento á la inmortalidad de una vida pura y sin mancha.

Pero tuvo también la perspicacia bastante para conocer, cuándo era el momento favorable para la emancipación; grandeza de alma para abrazar la nueva causa, tan llena de peligros y dificultades; talentos políticos para propagarla, y capacidad militar para defenderla y prepararle el más espléndido triunfo. El, mejor que nadie, debió conocer la magnitud de la empresa; la midió, y no se espantó. El hizo cundir por toda la Nueva España el fuego voraz de la insurrección, ya casi extinguido, é inflamó de nuevo el santo amor de la independencia hasta en los más apartados rincones del país.

El Plan de Iguala, con que encabezó su empresa, pasa muy justamente por la combinación más sagaz y más adecuada en aquellas circunstancias anormales para aunar por entonces todos los intereses y hacerlos confluir al objeto de lograr la independencia. Los tratados de Córdoba, que negoció con el postrer virrey que nos mandaba la metrópoli, son el triunfo de la diplomacia nacional en pañales y un testimonio irrecusable de la habilidad de nuestro primer político.

Después de Hidalgo, fué ciertamente Iturbide el héroe más grande de la gloriosa epopeya de nuestra insurrección; después de Morelos fué el capitán más insigne; pero el sólo excede á todos en genio, sagacidad y fortuna, y Dios colmó además sus glorias con el timbre más ilustre, con el de Padre de la nación mexicana, á la que dió segunda vida, librándo-

la de la opresión y servidumbre, que es su título mayor á la inmortalidad y á la gratitud de sus compatriotas.

Por desgracia, Señores, el mal siempre es fecundo, y á veces más fecundo que el bien, al que arrolla y oprime; el mal es entonces como las espinas de la parábola del sembrador, ahogando la buena simiente; es la hidra de siete cabezas, retoñando mil más de cada una que se cortaba. Por esa virtud prolífica, las revoluciones se han reproducido en México con asombrosa multiplicidad, pues el primer ejemplo de ellas lo tuvimos en nuestro primer gobierno, como el primer ejemplo del pecado, se dice, nos vino de nuestro primer padre. Después del tumulto popular que coronó á Iturbide, no tardó en verse una rebelión militar que proclamó la República, y así alternando entre rebeliones y tumultos, ya hechos por el pueblo, ya por la clase militar, hemos venido á parar al estado triste y lamentable que guardamos en la actualidad.

¿Quién de nosotros ignora que la desmoralización ha llegado al extremo de hacerse un pronunciamiento cada año, de adoptarse sin pudor y á cada hora todos los tornasoles políticos, de constituirse cualquiera en intérprete de la voluntad popular, y tiranizar así á su patria, sin más misión que la que les diera Dios en la punta de sus bayonetas y en el templo de su ambición y osadía?

Hemos escuchado á muchos que se decían nuestros profetas y salvadores, que iban á redimirnos de la desventura y nos prometían el elixir de la dicha; casi todos ellos han burlado nuestro candor, nuestra inexperiencia; la mayor parte nos han esquilado; y muy pocos bien intencionados se han visto impotentes por las circunstancias para realizar sus buenos propósitos.

Hemos ensayado todas las formas de gobierno, y en punto á constituciones hemos sido unos verdaderos Proteos. Desde el efímero imperio de Iturbide hasta la época actual, re-

gistramos en la historia de nuestros cambios políticos un segundo imperio, muchas dictaduras, muchos gobiernos republicanos, ya centrales, ya federales, ya aristocráticos en que han predominado las altas clases engraidas con su posición y henchidas de orgullo, ya más ó menos democráticos en que algunas veces la hez del pueblo, que no puede gobernarse á sí misma, se ha encargado de gobernar á los demás.

Y bajo el régimen de tantos gobiernos, no se crea que México ha sido en realidad libre: casi siempre opresión, casi siempre tiranía, en todas partes y en todas épocas los avances del despotismo más ó menos solapado sobre los derechos del pueblo. ¿No hemos visto cometerse los mayores abusos y atentados bajo los gobiernos llamados fuertes? ¿No hemos visto que la libertad bajo los gobiernos llamados libres se ha convertido á menudo en desenfreno? ¿No hemos visto al país entero, sembrado en varios tiempos de tiranuelos, con el título de gobernadores, jefes de armas, prefectos, alcaldes y policías, mandando cada cual, expropiando cada cual, destruyendo cada cual, fusilando cada cual, asesinando cada cual?

¿Qué se ha hecho ese bello caracter mexicano, tan suave, tan generoso, tan magnánimo? ¿Sabéis lo que se ha hecho? La tiranía lo ha vuelto áspero, la tiranía ha agravado todas sus miserias, la tiranía bajo todas las formas; la tiranía de todos los partidos; la tiranía monárquica, la tiranía conservadora, la tiranía liberal. Todos los partidos políticos, confesémoslo, han claudicado.

Saliendo el pueblo del recato y gasmoñería que le impusiera la metrópoli tutora, no descansó en paz, fué empujado al extremo opuesto, y dió en las bacanales de una juventud independiente, poniendo así su cuello á los despotismos de los ambiciosos, de los intrigantes y de las masas turbulentas.

¿Qué hacer, pues, me preguntaréis, en medio de una

situación tan difícil? ¿Qué remedio puede preparar la nación para curar tan profundos y tan inveterados males? México, el país más ardiente por las instituciones libres, como lo prueban sus sacrificios y sus convulsiones políticas; México, el ídolo de los déspotas, que se complacerían en gozar de su hermosura; México, el desposado de la libertad, que le está prometida por aquel que le ha inspirado su amor, ¿no la obtendrá, al fin de tan duras pruebas, de tan arduos trabajos, y de tan terribles padecimientos? La obtendrá! Dios ha de premiar sus esfuerzos con la victoria, si se hiciere digno de ella; victoria del honor contra los enemigos de afuera; victoria de la fraternidad contra los enemigos de adentro; victoria principalmente del patriotismo contra las pasiones personales y de partido.

Mas, para obtener esa libertad, aunque no sea mas que hasta donde es permitido á las naciones disfrutarla, México ha de prescindir de las vías que hasta aquí ha seguido y que experimentalmente le han probado tan mal. Ha de negar sus oídos á esos saltinbanquis políticos, que gritan en sus proclamas, que poseen los mejores específicos para salvar al país. Ha de hacer que se cumpla la voluntad nacional, no la revelada á ningún faccioso inspirado, no la que proclama el militar á la voz de sus cañones cuando se pronuncia, no la que predica el orador de partido y el escritor asalariado, no la que murmura el conspirador que busca prosélitos, no la que resulta de algunas farsas electorales, sino la que se refleja en ese grande espejo que deben tener siempre delante de sí los gobiernos, *la prensa libre*, ese eco fiel de las exigencias públicas, cuando la tiranía no lo intercepta.

La República ha visto con frecuencia á más de un funesto ciudadano constituirse, no en cabeza de un bando, sino en su objeto final, como si fuera la encarnación de la felicidad pública; entonces ese partido no profesa más principio

que la adhesión á la persona de su corifeo; no se alimenta con otras ideas de gobierno que las que se refieren á colocar su ídolo en el nicho del poder; no levanta otra bandera que la encumbración de su jefe. México debe detestar estos partidos, porque, dado que sean de buena fé, basan todo su símbolo político en la creencia de que hay hombres necesarios, y hoy no se llaman así sino los déspotas.

En lo exterior, nada de movimientos simpáticos; el puro cálculo del interés nacional, y la desconfianza de todos los gobiernos extranjeros, debe presidir á nuestras relaciones internacionales. ¿No son las naciones que se han dado por más amigas, España, Francia, Norte-América, las que han atentado contra los más caros intereses de nuestra patria; contra su dignidad, independencia é integridad territorial? ¿No estamos siendo actualmente víctimas de una guerra extranjera, tan injusta en sus móviles, como desatentada en sus procedimientos?

Sobre todo, Señores, y en esto no podrá haber bastante encarecimiento, todo gobierno que desee sinceramente poner al país en vía de salvación, debe hacer que se distribuya á sus gobernados recta justicia, ese pan cotidiano con que se alimenta toda sociedad que desea vivir bien concertada, del que tenemos tanta hambre los mexicanos, y por cuya inopia hemos venido quizá al estado de enflaquecimiento en que nos hallamos.

La justicia, dice uno de los oráculos de la antigua filosofía, produce la concordia y la amistad; la injusticia enjendra las sediciones, las enemistades y las contiendas. No son las riquezas, dice un elegante escritor, no la abundancia del oro y la plata, no los numerosos ejércitos de mar y tierra, no las copiosas falanges de infanterías, no los escuadrones de caballeros con cotas de malla, los que defienden y conservan la salud de la República; desengañense los políticos,

es sólo la justicia. Y no son los enemigos los que destruyen las ciudades, no las armas, no los ardides, no la escasez de recursos, sino sólo la falta de justicia. La justicia levanta las naciones, las hace florecer, y consolida los imperios: así está escrito por Aquel que funda y destruye á su arbitrio las sociedades y les ha señalado las eternas bases de su existencia.

Oh! tú, virtud excelsa, que presides á la paz del hombre en la tierra, y que has levantado el vuelo de esta desdichada región de México, dejándola á merced de la iniquidad; descende, no abandones en su infortunio al pueblo generoso y valiente que no se rinde á la tiranía, por más que le haya perseguido en todas épocas y en todas formas, ya ostentando un cetro en la mano, ya luciendo una cruz de Guadalupe en el pecho, ya con la cucarda tricolor en el sombrero, ya con el hacha empuñada y el cilindro ceñido sobre la encarnada blusa. Ven, tu presencia corregirá muchos excesos y atentados; ven, los oprimidos te llaman, te invocan los huérfanos de la libertad y del derecho.

¡Justicia! claman los que han gemido bajo la garra de hierro del poder político en los desmanes y arbitrariedades sin freno. ¡Justicia! claman los que han gemido bajo la cuchilla del poder judicial en las injusticias y prevaricatos irresponsables. ¡Justicia! claman los que han gemido bajo el sable del soldado en los atropellos y en los asesinatos gratuitos y en las levadas odiosas en que los esbirros comisionados para cazar hombres, como fieras, explotan la aflicción de los ancianos, las lágrimas de las madres y el terror de las esposas. ¡Justicia! claman los que han gemido entre las fauces del fisco en el desequilibrio de los impuestos, procedente á veces del vicio de la ley, procedente á veces del vicio del empleado, y en esos empréstitos que se llaman forzosos, verdaderos préstamos para los traficantes que se reem-

bolsan, verdaderas exacciones para los que no lo son, para los hombres de escaso haber, para los que no es posible el reembolso. ¡Justicia! clama el servidor de la nación, á quien los empleados de hacienda retardan el pago de su salario, obligándolo á malbaratar su crédito en favor del extranjero ó del rico, á los que pagan sin dificultad, y con quienes quizá comparten el pan que arrancaron de la boca del miserable.

Para no cansar á ustedes con la prolija enumeración de los vicios que han corrompido nuestras costumbres públicas y de las antinomias políticas que desnaturalizan nuestras instituciones, concluiré sentando, que es preciso arrancar las espinas de los abusos para que pueda arraigar y crecer la buena semilla de la justicia y dé por fruto la libertad; es preciso exterminar de un golpe las cabezas de esa hidra de la tiranía y sus funestos retoños, las revoluciones, monstruo que ha empobrecido y aniquilado á nuestro país.

Mas ¿quién será ese Hércules poderoso, extirpador de fieras tan dañinas, ese domador de la anarquía y reconstructor de una sociedad de disolución? ¿Quién?.....Nadie. Nosotros no poseemos un héroe en la actualidad, probablemente no lo tendremos, ni lo necesitamos. La cuestión de la felicidad de México no se ha de resolver con proezas ni á cañonazos: si así fuera, ¿cuántas resoluciones tuviéramos ya desde hace 45 años que estamos sin cesar oyendo tronar el cañon en vuestras luchas intestinas? El problema de nuestra felicidad debe resolverse bajo el imperio de los principios y en el dominio de las ideas, quizá las más sencillas, pero de seguro las más sanas y sublimes.

Cuando rija nuestros destinos un gobierno bastante experimentado y conocedor de las desdichas que hemos sufrido, bastante lógico para sacar de ellas con fruto las consecuencias más útiles á la política nacional, bastante exento

de pretensiones de brillo y de gloria vana; cuando haya un gobierno,—y esto es el todo,—que en primer lugar acate la voluntad de la nación sin desviarse jamás de sus preceptos; que en segundo lugar organice los ramos todos de la administración pública, haciendo converger las leyes á su natural y eterno objeto, que es garantizar los derechos del hombre y su libertad en el terreno práctico, y no en el puramente especulativo de nuestras constituciones; y que en tercer lugar haga cumplir rigurosamente las leyes, que hasta aquí sólo han sido trampas en que se hace caer al pobre pueblo, y juguetes para los poderosos; cuando haya un gobierno así, México se habrá regenerado, habrá desterrado los despotismos con sólo el alejamiento de los abusos; hará ahuyentado los tiranos, privándolos de su oportunidad,—el desorden,—y de su punto objetivo,—la sustitución de su voluntad á la voluntad del país,—y habrá preparado el advenimiento de esa libertad tan suspirada y tan difícil de alcanzar.

Si registramos los anales de México independiente, encontramos cabalmente el reverso de semejante prospecto, gobiernos de hecho por el asalto del poder, ó por haber roto los títulos con que la nación los elevó á él; gobiernos indolentes que en vez de fundar un sólido orden de cosas, cumpliendo la justicia, armando ajustadamente la máquina de la administración política, depurando el manejo de las rentas, organizando la fuerza pública, la instrucción, la beneficencia, las mejoras materiales, organizándolo todo, puesto que casi nada lo está: en vez de emprender estos arreglos, que son á un tiempo la organización de las garantías tutelares de la sociedad y la organización, digámoslo así, de la libertad, se sientan muellemente á gozar, á ostentar, á dar leyes de circunstancias y de influencias, entregando á sus sucesores el mando en peor estado que cuando lo han recibido. Encontraremos asimismo gobiernos débiles é ineptos,

que no han sabido ó podido hacer cumplir las leyes, dejando abrirse una ancha brecha al principio de la igualdad, que enseña que todos los hombres, sin distinción, deben someterse á sus preceptos.

Esta es, Señores, la historia de nuestros gobiernos puesta en extracto. De nosotros los que componemos la actual generación, dependen que se escriban en lo futuro páginas menos sombrías; de nosotros depende levantar el magnífico edificio de nuestra prosperidad. La voluntad del pueblo será el cimiento eterno y firme en que descansa, como toda construcción social: la organización acabada del gobierno será la fábrica que se alza soberbia en el orden más sólido y durable; y el cumplimiento de la ley, síntesis y resumen de toda la administración pública, será el coronamiento de la obra, en cuya cúspide entonces se dejará ver entrevelada la libertad, sonriendo á los hijos del Anáhuac (1) y derramando entre ellos la abundancia y el bienestar.

Este hermoso resultado sólo será para nosotros la palma del triunfo en la lucha que debemos emprender contra nuestras discordias y desarreglos. Porque no es ciertamente el extranjero el más formidable enemigo de México, no: somos nosotros mismos, son nuestras pasiones desenfrenadas, son nuestros odios irreconciliables, es nuestra eterna desunión. Sin esta nada importaría que se aliaran las naciones de Europa: México demostraría una vez más cuánto vale un pueblo unido que defiende sus patrios lares, y repetiría el heroico ejemplo de las pequeñas repúblicas griegas, destruyendo los innumerables ejércitos de Jerjes, rey de reyes.

Pero si hemos de seguir como hasta aquí, si en los conflictos más grandes del país hemos de continuar debilitándolo con nuestras disensiones, si no hemos de prescindir de

(1) Es costumbre llamar Anáhuac á toda la República Mexicana,

nuestra ambición, si siempre hemos de pretender por intrigas y tumultos un poder que se escapa ya de las manos y que no serviría al pretendiente sino para arrebatar los tristes despojos que aún quedan á la patria moribunda, no tiene entonces remedio nuestra ruina, y ya entreveo la partición de esta Polonia del Nuevo Mundo, cuya mayor parte se hundirá en ese sumidero inmenso que se llama la América del Norte, donde ya se ha sumergido la mitad de nuestro territorio.

En la previsión de semejante desastre, y en presencia de los males que nos aquejan, mi frente se anubla y se abisma pidiendo al Conservador de las sociedades la salvación del país en que abrí los ojos al mundo, que en el supuesto indicado sólo puede venirle de un movimiento de su misericordia. En espera de este desastre y en presencia de los males que nos abruman, he negado á mis palabras el aire festivo y gozoso de que se hace gala en este día, y les he comunicado el tinte melancólico que las desgracias públicas reflejan sobre mi espíritu y sobre el país. ¿Cómo he de dar yo á mi voz ecos alegres, cautiva mi patria en las cadenas del infortunio, víctima de las malas pasiones de sus hijos y de las violencias de extraños?

Sin embargo, compatriotas, no hay que desesperar; y cuando en virtud de nuestra fé, que no debe apagarse con los desengaños; de nuestra constancia, que no debe desmayar con los contratiempos; y de nuestros esfuerzos, que no deben flaquear ante los extremos rigores de la adversidad, háyamos conseguido hacernos propicia la fortuna, cuando nos háyamos corregido de nuestro natural defecto de desoir y no tomar en cuenta los votos y clamores de la nación, cuando nos háyamos puesto á labrar nuestra felicidad, no en el terreno de nuestros disturbios políticos, sino en el hermoso y apacible campo de la concordia, de la discusión razonada y del perfeccionamiento de nuestras instituciones y de nuestro

gobierno, cuando háyamos sometido nuestro cuello al yugo de la ley, única servidumbre posible en un país libre, entonces veremos venir días de ventura, días parecidos al 27 de Septiembre de 1821, días exentos de nublados, tempestades y zozobras; entonces sí cantaremos un himno á la prosperidad de la patria, y nos sentaremos junto al hogar doméstico á contar á nuestros hijos, ya adultos, las borrascas de una época en que estuvo á punto de naufragar nuestra existencia política y hundirse en el naufragio la obra grandiosa de Hidalgo é Iturbide.

HE DICHO.

## CONSTITUCIÓN

DE

# LA ATMÓSFERA

O LEYES QUE RIGEN

LA DENSIDAD, PESO, ALTITUD Y TEMPERATURA DEL AIRE

DESDE SU BASE A NIVEL DEL MAR, HASTA SU LIMITE SUPERIOR,  
Y PONEN DE MANIFIESTO LA ESTRUCTURA DE LA CAPA GASEOSA QUE ENVUELVE A LA TIERRA,  
ASI COMO LA DISTRIBUCION DEL CALOR EN LA MISMA,  
DANDO SOLUCION A FENOMENOS HASTA AHORA INEXPLICABLES, Y DEMOSTRANDO  
LO ERRONEO DE LAS FORMULAS USADAS ACTUALMENTE  
PARA CALCULAR ALTURAS.

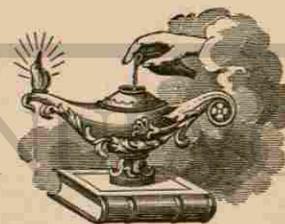
OBRA ESCRITA

POR EL

**LIC. EUSTAQUIO BUELNA**

MAGISTRADO

DE LA SUPREMA CORTE DE JUSTICIA DE LA REPUBLICA.



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

MÉXICO  
IMPRESA DE IGNACIO ESCALANTE

BAJOS DE SAN AGUSTIN, NUM. 1.

1889

gobierno, cuando háyamos sometido nuestro cuello al yugo de la ley, única servidumbre posible en un país libre, entonces veremos venir días de ventura, días parecidos al 27 de Septiembre de 1821, días exentos de nublados, tempestades y zozobras; entonces sí cantaremos un himno á la prosperidad de la patria, y nos sentaremos junto al hogar doméstico á contar á nuestros hijos, ya adultos, las borrascas de una época en que estuvo á punto de naufragar nuestra existencia política y hundirse en el naufragio la obra grandiosa de Hidalgo é Iturbide.

HE DICHO.

## CONSTITUCIÓN

DE

# LA ATMÓSFERA

O LEYES QUE RIGEN

LA DENSIDAD, PESO, ALTITUD Y TEMPERATURA DEL AIRE

DESDE SU BASE A NIVEL DEL MAR, HASTA SU LIMITE SUPERIOR,  
Y PONEN DE MANIFIESTO LA ESTRUCTURA DE LA CAPA GASEOSA QUE ENVUELVE A LA TIERRA,  
ASI COMO LA DISTRIBUCION DEL CALOR EN LA MISMA,  
DANDO SOLUCION A FENOMENOS HASTA AHORA INEXPLICABLES, Y DEMOSTRANDO  
LO ERRONEO DE LAS FORMULAS USADAS ACTUALMENTE  
PARA CALCULAR ALTURAS.

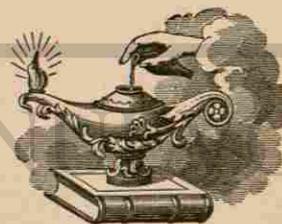
OBRA ESCRITA

POR EL

**LIC. EUSTAQUIO BUELNA**

MAGISTRADO

DE LA SUPREMA CORTE DE JUSTICIA DE LA REPUBLICA.

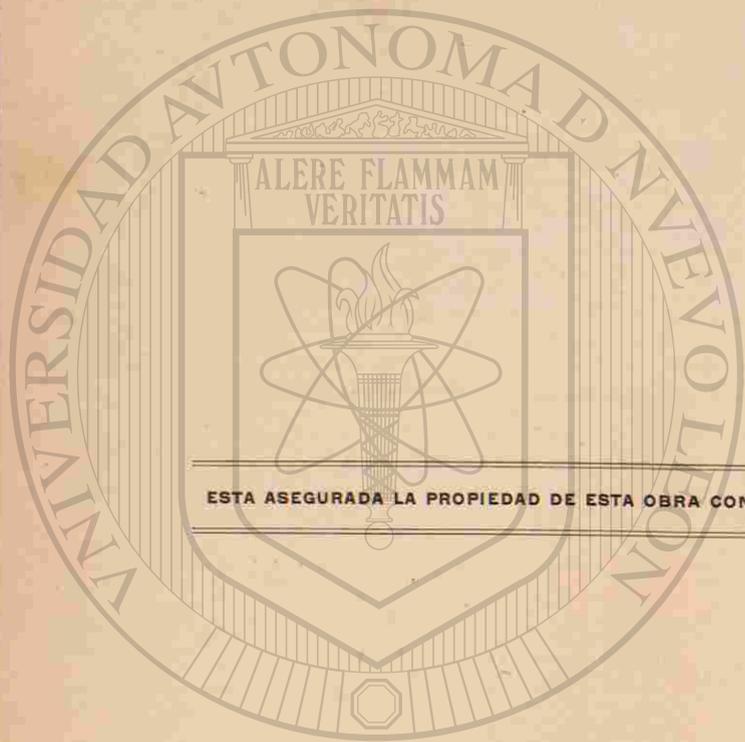


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

IMPRENTA DE IGNACIO ESCALANTE

BAJOS DE SAN AGUSTIN, NUM. 1.

1889



FONDO HISTÓRICO  
RICARDO COVARRUBIAS

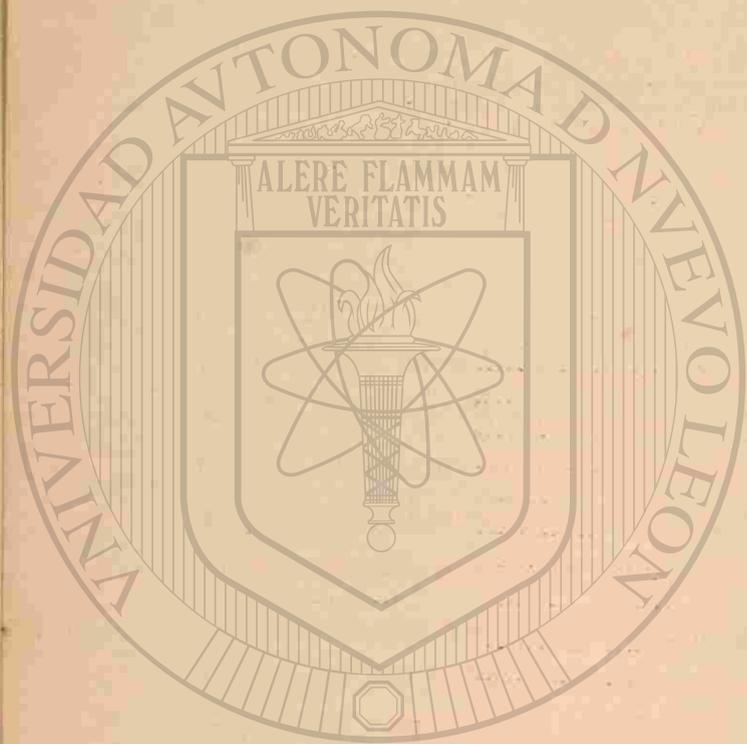
RECTIFICACIONES.

PÁGINAS.	LÍNEAS.	DICE.	DEBE DECIR.
15	21	1.033.....	1033
"	22	1.033×100=103.300 .....	1033×100=103300
40	6	2S.....	2s
"	7	2S (bis).....	2s
84	14	proporcinal.....	proporcional
89	16	proposición.....	proporción
101	14	(D+t).....	(D±t)
106	11	$\frac{T}{T}$ .....(D+t).....	$\frac{T'}{T}$ .....D±t
107	4	(D+t).....	(D±t)
112	16	14070.....	140.70

Al Señor D. Joaquín García  
Carbaleta, testigos de simpatía  
y recuerdo amistoso del autor. ®

*Joaquín García Carbaleta*

México, Marzo 19 de 1889.



## INTRODUCCIÓN.

Debo comenzar justificando el título de esta obra, con lo cual daré á un tiempo á conocer su objeto. La Meteorología se encarga de estudiar la variada multitud de fenómenos que presenta la atmósfera, y ya da cuenta de muchos de ellos, á pesar de ser una ciencia de creación reciente; pero hasta ahora no ha llegado á explicar todavía aquellos que se refieren á la atmósfera considerada en sí misma, esto es, en su estructura, en su conformación íntima, en la armonía de sus partes y determinación de las leyes á que obedecen sus diferentes densidades, pesos, altitudes y temperaturas. Y como explicados estos fenómenos, quedarían sentados los fundamentos de la ciencia meteorológica, pues ellos representan la organización, por decirlo así, de nuestra envolvente gaseosa, y precisan su forma permanente en medio de la inconstan-

cia de sus movimientos, por eso he puesto á este libro, en que procuré explicarlos, el nombre de *Constitución de la Atmósfera*.

En seguida conviene dar, aunque sea muy someramente, idea de algunos de los nuevos y más importantes principios y teorías consignados en la obra, así como de las partes de que se compone.

En ella defino la naturaleza matemática de las progresiones formadas por la densidad, peso y calor crecientes del aire, desde su origen en los lindes con el vacío hasta su límite natural á nivel del mar, señalando sus términos concretos, con lo cual queda establecida la base sobre que debe descansar el conocimiento teórico de esa cubierta terrestre, anticipándome á decir, que á ninguna de las progresiones aludidas pertenece la que hoy generalmente se dice que forman las densidades aéreas.

Expendo allí la teoría de la distribución del calor en la atmósfera con sus leyes, comprobadas, además, por fenómenos comunmente observados; la de ciertos cambios de temperatura, con explicación de sus causas y efectos; y la de la formación de los vientos, desemejante á la que hoy prevalece.

Indico y fundo de qué manera puede averiguarse, siguiendo las teorías desenvueltas, y con auxilio de

las fórmulas deducidas por ellas, la altura total de cualquiera columna aérea, así como la densidad, el peso y la temperatura del fluido en cualquiera sitio de la misma columna, y el espacio correspondiente al desarrollo de uno ó más grados entre dos puntos de diferente altitud.

Demuestro lo inexacta é inadecuada que es científicamente la fórmula usada hoy por lo común para calcular alturas, las cuales, por ella, deben resultar tanto más exageradas, cuanto más se retiran de la superficie de la tierra.

He dividido la obra en dos partes: la primera, que trata de la estructura, y la segunda, del calor de la atmósfera. Debiera añadir una tercera, sobre la resistencia que el aire opone á los cuerpos que en él se mueven, punto cuya verdadera resolución, que todavía es un *desideratum* en la ciencia, debe facilitarse con la adquisición de las leyes relativas á las densidades aéreas resistentes, y sobre el cual tengo trabajos adelantados; pero deseo saber antes las observaciones que pueda provocar la presente publicación.

Oportuno es, por fin, advertir, que no todos mis cálculos están hechos con exactitud rigurosa, pero sí con la suficiente para poner de manifiesto el procedimiento que en ellos he empleado, en lo cual he

puesto mi principal solicitud; y además, no siempre he usado de términos técnicos, que en mucha parte desconozco, porque no estoy muy versado en las ciencias físico-matemáticas, que sólo son objeto de mis simpatías, pero no materia de mi profesión.

Creo haber hecho un descubrimiento científico de trascendental importancia, resolviendo un problema tan complejo como el ya indicado, que envolvía un conjunto de cuestiones oscuras y desconocidas. Sin embargo si, á juicio de los hombres competentes en la materia, resultare que yo no he tenido éxito, no será esto motivo de sinsabor para mí, que sólo aspiro á la satisfacción que procura el hallazgo de la verdad, sin abrigar pretensiones impropias, y pueden tal vez mis pobres trabajos servir siempre, si no de guía, al menos de precedente, para emprender con más experiencia lucubraciones más provechosas.

## PRIMERA PARTE

### DE LA ESTRUCTURA DE LA ATMÓSFERA.

#### CAPÍTULO I.

##### NATURALEZA DE LA PROGRESION ATMOSFERICA: INDICACION DE SUS ELEMENTOS.

1.—La atmósfera, como es fácil de comprender, viene creciendo en densidad desde su límite más alto hasta la superficie de la tierra, de manera que los cuerpos que en ella se mueven, atravesando de arriba abajo, ó viceversa, capas de diferente densidad, sufren de parte de este fluido una resistencia mayor ó menor, según el movimiento es descendente ó ascendente. De aquí se deduce no ser posible dar paso alguno en la averiguación de los principios que norman esta resistencia, sin indagar primero á qué reglas están sujetos el aumento ó la disminución de esa densidad, ó lo que es igual, la estructura ó conformación de la gran capa gaseosa que envuelve á

puesto mi principal solicitud; y además, no siempre he usado de términos técnicos, que en mucha parte desconozco, porque no estoy muy versado en las ciencias físico-matemáticas, que sólo son objeto de mis simpatías, pero no materia de mi profesión.

Creo haber hecho un descubrimiento científico de trascendental importancia, resolviendo un problema tan complejo como el ya indicado, que envolvía un conjunto de cuestiones oscuras y desconocidas. Sin embargo si, á juicio de los hombres competentes en la materia, resultare que yo no he tenido éxito, no será esto motivo de sinsabor para mí, que sólo aspiro á la satisfacción que procura el hallazgo de la verdad, sin abrigar pretensiones impropias, y pueden tal vez mis pobres trabajos servir siempre, si no de guía, al menos de precedente, para emprender con más experiencia lucubraciones más provechosas.

## PRIMERA PARTE

### DE LA ESTRUCTURA DE LA ATMÓSFERA.

#### CAPÍTULO I.

##### NATURALEZA DE LA PROGRESION ATMOSFERICA: INDICACION DE SUS ELEMENTOS.

1.—La atmósfera, como es fácil de comprender, viene creciendo en densidad desde su límite más alto hasta la superficie de la tierra, de manera que los cuerpos que en ella se mueven, atravesando de arriba abajo, ó viceversa, capas de diferente densidad, sufren de parte de este fluido una resistencia mayor ó menor, según el movimiento es descendente ó ascendente. De aquí se deduce no ser posible dar paso alguno en la averiguación de los principios que norman esta resistencia, sin indagar primero á qué reglas están sujetos el aumento ó la disminución de esa densidad, ó lo que es igual, la estructura ó conformación de la gran capa gaseosa que envuelve á

nuestro globo, siendo las reglas de esta conformación uno de los datos con que debe contarse para la resolución del problema de la resistencia. No es posible que la ciencia quede conforme con las puras indicaciones que han dado el barómetro y las ascensiones aerostáticas, pues por importantes que ellas sean, como efectivamente lo son, no pasan de ser todavía simplemente experimentales; ponen de manifiesto la densidad creciente del fluido aéreo, pero no revelan matemáticamente el valor progresivo de ese crecimiento, y la revelación de este valor debe ser obra de las deducciones filosóficas.

2.—Hasta ahora, que yo sepa, sólo ha llegado á demostrarse, como resultado de las observaciones indicadas, que á alturas sucesivas en la atmósfera, que crezcan en progresión aritmética, la densidad de los estratos aéreos correspondientes disminuye en progresión geométrica. Pero este aserto carece de exactitud, pues admite una progresión geométrica que allí no existe, confunde la densidad con el peso del aire, que en la atmósfera siguen proporciones bien diferentes, y sobre todo, no satisface, dejando el ánimo perplejo, porque no determina las condiciones de esa progresión, ni especifica el primer término, ni el último, ni la diferencia de uno á otro, ni la suma de todos ellos, ni en fin, la fórmula que sintetice su expresión en el lenguaje algebraico. En último resultado, la conformación atmosférica, hasta hoy apenas imperfectamente bosquejada, necesita ser mejor y más concretamente definida, no sólo en su conjunto, sino también en sus elementos constitutivos, conforme á los principios de la ciencia.

3.—Que el peso y la densidad del aire, cada vez ma-

yores de arriba abajo, revelan la existencia de lo que en matemáticas se llama una progresión regular, no cabe duda, porque su crecimiento no debe su origen á la casualidad, ni los miembros de la serie están formados al capricho, sino por virtud de una causa física, constante y creciente, como es la atracción terrestre. Ahora bien, toda progresión, para merecer este nombre, debe constar de varios términos y de una diferencia, que hace que éstos vayan creciendo ó amenguando sucesivamente, por adición ó sustracción, multiplicación ó partición. Si no se tiene una idea cabal de esos términos, ni de su diferencia, ni de los otros elementos á que me he referido en el párrafo anterior, es claro que tampoco puede decirse conocida la natureleza de la progresión, por mas que conste el hecho de su existencia y que pueda conjeturarse su vaga é indeterminada composición, que es lo que precisamente ha sucedido hasta ahora con la formada por la densidad y peso atmosféricos.

4.—Yo creo, sin embargo, haber hallado todos esos elementos por medio del cálculo matemático y de los principios admitidos en física, y puedo hacer de ellos una exposición sintética tan clara y sencilla, como son sencillas y claras las verdades naturales, después de haber sido comprendidas, tanto que casi se siente uno inclinado á maravillarse de no haber antes tropezado con ellas ó descubiértolas á primera vista. Voy, pues, á reconstruir en seguida esa progresión y á despejar todos sus esenciales pormenores, y con esto habré hecho que se comprenda con evidencia, qué textura tiene el manto aéreo que nuestro planeta lleva sobre sus espaldas, y cuál es su forma permanente, invariable y sujeta á cálculos seguros.

5.—Cierto es, que en un elemento tan movedizo hay á cada instante accidentes que perturban la regularidad de la progresión referida, como el exceso del frío ó del calor sobre la temperatura que corresponde á cada capa de aire, la presencia de vapores acuosos en las alturas, las corrientes de dicho fluido más ó menos fuertes, etc.; pero nunca esas perturbaciones son profundas, jamás el aire de arriba será más denso ni pesará más que el de abajo, ni se llegarán á invertir sino momentáneamente las temperaturas respectivas: esas perturbaciones son siempre pasajeras, locales é impotentes para trastornar el organismo atmosférico, cuya inmutabilidad, por el contrario, en la parte que tiene de permanente, ha de servir en lo venidero de punto de partida, para investigar y reducir también á medida los indicados accidentes.

6.—Para el cálculo que me propongo, comenzaré suponiendo una columna vertical entera de la atmósfera, compuesta de un gran número de capas horizontales de idéntica altura, y partiré de este hecho indisputable, que por la superposición sucesiva de las capas, la primera de arriba añadirá su peso á la segunda; la primera y la segunda recargarán sobre la tercera; la primera, segunda y tercera sobre la cuarta, y así en lo de adelante hasta llegar á la inferior en contacto con el suelo, la cual recibe el peso creciente de todas las superiores, siendo la primera de éstas la única que no recibe el peso de otra alguna.

7.—Ahora bien, si la gravedad fuese uniforme en todas las alturas, de manera que cada una de dichas capas fuese atraída con la misma fuerza, no cabe duda, que pesando la primera de arriba como 1, la segunda aumentada con

el peso de la primera, pesaría como  $1+1=2$ , la tercera como  $1+1+1=3$ , y entonces la progresión atmosférica sería como 1, 2, 3, 4, 5 . . . . . Pero la gravedad, lejos de eso, es uniformemente acelerada, crece constantemente con pasos regulares, y es bien sabido en física, que siendo su primer término 1, aumenta de continuo con una diferencia como 2, de manera que la cantidad de fluido contenido en cada capa irá creciendo como la fuerza que singularmente las comprime, esto es, como 1, 3, 5, 7, 9 . . . . ., la densidad final en cada una de ellas subirá como 2, 4, 6, 8 . . . . ., y el peso de todas estará en la proporción de 1, 4, 9, 16, 25 . . . . ., todo de conformidad con las leyes matemáticas señaladas á esa progresión.

8.—Estos resultados se confirman por medio de otra demostración más directa, que voy á desarrollar en seguida. Si la primera de las capas superiores, como he dicho y es fácil de concebir, no recibe el peso de las otras, sin embargo sus mismas partículas, urgidas por la atracción hacia la tierra, van gravitando sobre las inferiores de la propia capa, lo que produce el efecto de que, al mismo tiempo que su parte superior linda y se confunde con el vacío, teniendo allí, por lo tanto, una densidad igual á 0, la inferior, recargada ya con el peso acumulado de las partículas de arriba, adquiere una densidad igual á un valor cualquiera,  $x$  por ejemplo, y entonces ambas densidades  $0+x$ , partidas por 2, deben ser la expresión de la densidad media ó del contenido de esa capa, que por ser el de la primera, llamaremos 1. De consiguiente, si en la ecuación  $1 = \frac{0+x}{2}$  despejamos á  $x$ , tendremos que ésta es igual á 2, lo que nos da á entender, que la densi-

dad en la superficie inferior de la primera capa es doble de la densidad media de la misma, ó de la masa fluida que en ella se contiene.

9.—Concluyendo la primera capa con una densidad como 2, según lo dicho en el párrafo anterior, con la misma debe comenzar la segunda, que tiene los propios límites, y con ella también debería continuar hasta su fin de una manera uniforme, si sólo se viese urgida por el mismo impulso de la gravedad que la capa anterior. Pero como la segunda recibe también de esta fuerza un nuevo impulso, un aumento de compresión, que por ser creciente, según la naturaleza de dicha fuerza, comienza á su vez arriba produciendo una densidad adicional como cero, y abajo otra como  $x$ , lo mismo que en la referida primera capa, es inconcuso que la segunda tendrá, además, por el mismo procedimiento, una densidad media como 1, y una densidad final como 2, que añadidas respectivamente á las otras con que se le ha considerado, darán  $2+1=3$  para aquella, y  $2+2=4$  para ésta. Del mismo modo se evidenciará, que el tercer término comienza con una densidad como 4, tiene una masa aérea como 5 y una densidad final como 6; el cuarto término comienza con densidad como 6, tiene masa como 7 y acaba con densidad como 8, y así sucesivamente.

10.—En suma, en este fenómeno de la naturaleza, aparecen cuatro progresiones de diferente especie. La primera, de los espacios, que marchan sucesivamente como 1, 2, 3, 4, 5, etc., á la cual se refieren como á su regla las otras tres. La segunda, de las densidades al fin de cada espacio, que son como 2, 4, 6, 8, 10, etc., esto es, como el doble de los espacios. La tercera, de las masas aéreas en-

cerradas en cada espacio, las cuales crecen como 1, 3, 5, 7, 9, etc., es decir, como el doble de los espacios menos 1. La cuarta, de la acumulación progresiva de los términos de la anterior, ó del peso de la atmósfera, que, como se ve, es 1, 1+3, 1+3+5, 1+3+5+7, ó como 1, 4, 9, 16, etc. Las tres primeras son aritméticas, y la última también, aunque de segundo orden, pues procede de adiciones sucesivas, y no de multiplicaciones, como sucede en las geométricas.

11.—Una representación gráfica de las progresiones referidas puede verse en la siguiente figura, en la que los triángulos oscuros denotan su crecimiento, y los claros su decrecimiento en sentido inverso.

Pesos totales.	Densidad media.	Densidad final.	Espacios.
1	1	2	1
4	3	4	2
9	5	6	3
16	7	8	4
25	9	10	5
36	11	12	6

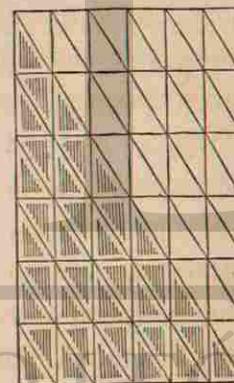


Figura 1.—Progresiones atmosféricas.

12.—Conviene llamar la atención en esta oportunidad acerca de una circunstancia, cuyo conocimiento servirá después para la resolución del problema sobre la resistencia del aire; y es que en cualquier parte puede par-

tirse la progresión relativa al peso especial de las capas aéreas en dos, que seguirán entonces por separado, la una caminando con paso uniforme, y la otra con paso acelerado y en el mismo orden que si arrancase de la cima de la atmósfera. Esto se comprende con la simple vista de la figura trazada en el párrafo anterior y de los cuadros siguientes:

1	1	1	1	1
3	2+1	3	3	3
5	2+3	4+1	5	5
7	2+5	4+3	6+1	7
9	2+7	4+5	6+3	8+1
11	2+9	4+7	6+5	8+3

13.—En los párrafos anteriores he especificado las progresiones que forman la densidad y el peso de la atmósfera con relación á espacios iguales; y ahora me voy á ocupar de las que forman los espacios con relación á capas aéreas de igual peso. Para esto es preciso advertir, que si es exacto, como ya queda demostrado, que el peso de la atmósfera aumenta de arriba abajo en razón del cuadrado de los espacios, se sigue que los espacios deben hallarse en razón de la raíz cuadrada de los pesos atmosféricos. De modo que, suponiendo la primera capa superior comprendida en un espacio como 1, la primera y la segunda, iguales en peso, ocuparían un espacio como  $\sqrt{2} = 1.414$ ; la primera, segunda y tercera, también iguales, un espacio como  $\sqrt{3} = 1.732$ ; la primera, segunda, tercera y cuarta, de la misma manera, un espacio como  $\sqrt{4} = 2$  etc. De donde resulta, que el primer espacio sería  $\sqrt{1} =$

1; el segundo como  $\sqrt{2} - \sqrt{1} = 0.414$ ; el tercero como  $\sqrt{3} - \sqrt{2} = 0.318$ ; el cuarto como  $\sqrt{4} - \sqrt{3} = 0.268$ ; y así sucesivamente.

14.—Lo expuesto basta para asentar con toda certidumbre, que la densidad y el peso de la atmósfera, formando las progresiones aritméticas que hemos visto, afectan una estructura bien determinada, una disposición bien definida, siguiendo en el desarrollo de su crecimiento leyes constantes, inquebrantables, indestructibles, ni aun por los más violentos accidentes meteóricos, los cuales no alcanzan jamás á producir en ellas más que insignificantes y pasajeras perturbaciones. También por lo visto es notorio, que entre esas progresiones no hay una geométrica, de donde se colige, que es muy expuesto á graves errores, emplear los logaritmos para calcular por el barómetro las alturas, ó lo que es lo mismo, el número de los términos ó capas atmosféricas, sobre cuyo punto volveré á hablar más adelante.

15.—Y nótese de paso, que las progresiones que siguen la densidad y el peso del aire, son absolutamente las mismas que rigen la caída de los cuerpos, como si ese fluido elástico que nos rodea por sobre nuestras cabezas, estuviese en una perpetua actitud de caer, y quisiese demostrarnos, por un medio más, la unidad de las leyes de la naturaleza: no hay más que una diferencia, que en la caída de los cuerpos el efecto de la gravedad se traduce por movimientos constantemente acelerados, y en el gas aéreo, que no puede caer, se convierte en densidad y pesantez gradualmente progresivas.

## CAPÍTULO II.

ELEMENTOS DE LAS PROGRESIONES ATMOSFERICAS  
QUE HASTA AHORA HAN PODIDO CALCULARSE: EL ÚLTIMO  
DE SUS TERMINOS Y SU SUMA.

16.—No con haber demostrado que en las regiones atmosféricas crecen la densidad y el peso del aire en rigurosas progresiones matemáticas, ni con haber determinado cuál es la naturaleza de éstas, se entienda que se ha avanzado todo lo que se necesita en esta materia, pues quedan por indagar todavía sus elementos concretos, la mayor parte de los cuales nos son desconocidos. Todavía hasta ahora no sabemos cuál es en ellas el primero de sus términos; ni su diferencia, que nos conduciría á averiguar los demás; ni su número, que nos revelaría la altura de la atmósfera. Sólo el último, que se halla á nuestro alcance en la superficie de la tierra, puede ser calculado en las dos progresiones de las densidades finales y de los pesos totales: en la otra, formada por las densidades medias ó pesos singulares de las capas aéreas, que es la que he dicho que crece como 1, 3, 5, 7. . . ., puede darse por conocido su último término, que con una insignificante diferencia es igual al último de la de densidades finales, y

también la suma de todos sus términos, ó lo que es lo mismo, el peso de toda una columna de aire sobre el nivel del mar, que es igual al último término de la de pesos totales. Así, pues, el último término y la suma de todos ellos, que son datos conocidos ó fáciles de calcular en esta progresión de las densidades medias, son los que deberán servirnos después para hallar los elementos que se buscan; pero antes de esto conviene dejar esos datos establecidos sobre reglas que siempre respondan á las diferentes circunstancias en que ellos puedan producirse.

17.—La suma de los términos, ó el peso de la atmósfera, nos lo da con exactitud el barómetro, instrumento al que con toda propiedad pudiéramos llamar la balanza del aire. Porque si suponemos en él una sección transversal interior del tamaño de un centímetro cuadrado, y recordamos que un centímetro cúbico de mercurio pesa 13 gramos y 596 milésimos de gramo, multiplicando esta cantidad por 76, que es la altura en centímetros á que este metal sube en el tubo barométrico, y con cuyo peso balancea el de la atmósfera al nivel del mar, tendremos que ésta pesa 1.033 gramos por centímetro cuadrado; luego por decímetro cuadrado pesará  $1.033 \times 100 = 103.300$  gramos. En medidas inglesas, una pulgada cúbica de mercurio pesa 491 milésimos de libra *avoir du poids*, que multiplicados por 30 pulgadas, altura á que éste llega en el barómetro de Fahrenheit, tendremos que la columna del mismo pesa 14.73 por pulgada cuadrada; luego por pié cuadrado pesará  $14.73 \times 144 = 2121$  libras.

18.—De todas las partes elementales de la progresión, sólo la suma de los términos ó el peso de la atmósfera es teóricamente constante, pues debe ser una misma en toda

la tierra al nivel del mar, si es cierto el principio de que los fluidos se condensan en proporción á la fuerza que obra sobre ellos, y si lo es el otro de que la altura de los fluidos de diversa densidad, comunicantes entre sí, está en razón inversa de la propia densidad. Por esta causa, en las regiones polares y ecuatoriales, aunque el aire no sea igualmente denso, como no debe serlo, pues en las primeras es urgido hácia la tierra por la gravedad con más energía, quedando más comprimido que en las segundas, y de consiguiente su altura debe ser mayor en las segundas que en las primeras, sin embargo debe ser igual el peso de la atmósfera en unas y otras, porque de lo contrario el fluido no guardaría las leyes del equilibrio que propende á conservar.

19.—Bien sé, que á esta conclusión parecen oponerse algunas observaciones hechas en varios puntos de la tierra, por las que se advierte, que la altura del barómetro es diversa en ciertas latitudes. Pero estas irregularidades no son efecto de la diversidad de pesos en las columnas atmosféricas, sino de la perturbación de éstas, procedente de los aires, que buscando su equilibrio establecen corrientes, y alteran así la gravitación de las columnas de ese fluido y su presión natural sobre el barómetro. Sin embargo, está reconocido, que los 76 centímetros ó las 30 pulgadas inglesas, que este instrumento acusa comunmente al nivel del mar, son su altura normal en toda la tierra, y marcan el peso medio en todas las latitudes.

20.—El último término de la progresión, que linda con la superficie terrestre, es el otro dato á que me he referido, y el cual puede ser calculado con facilidad. Se

sabe que un centímetro cúbico de aire á la temperatura del punto de congelación del agua, al nivel del mar, y por consiguiente bajo la indicación barométrica media de 76 centímetros, pesa 0.001293 de gramo, y de aquí se deduce, por la relación de las medidas, que un litro ó decímetro cúbico del mismo fluido deberá pesar 1 gramo y 293 milésimos de gramo, y un pié cúbico inglés, bajo la indicación barométrica de 30 pulgadas, 0.08065 de libra. Pero como este dato es variable, dependiendo del mayor ó menor grado de calor, el cual produce en el aire, como en todos los gases, disminución ó aumento de peso bajo el mismo volúmen, es preciso calcular estos cambios para obtener con exactitud el dato indicado, del cual depende la variedad que también se ha de notar en los demás elementos de la progresión. Porque, en efecto, siendo uno mismo el peso de la columna aérea, mientras menor sea el peso de su última capa, menor será la densidad relativa de las superiores y mayor el número de todas ellas, y viceversa.

21.—En Física se sabe, que dicho gas se dilata ó contrae uniformemente á razón de 0.003665 de su volúmen por cada grado de diferencia de calor en el termómetro Centígrado, y de 0.0020361 por cada grado en el de Fahrenheit, así como que su peso, en un mismo volúmen y bajo una presión constante, como es ordinariamente la de la atmósfera al nivel del mar, está en razón inversa de la temperatura. Para calcular ese peso, está científicamente establecida la fórmula siguiente:

$$p = \frac{p'}{1 + at},$$

en que  $p$  significa el peso que se busca,  $p'$  el peso fijo

del aire en el punto de congelación del agua,  $t$  la temperatura de  $p$ , y  $a$  el coeficiente de dilatación, según la escala termométrica que se use. Y haciendo la sustitución de los términos conocidos, teniendo en cuenta que yo llamaré  $U$  á  $p$ , por ser el último término de la progresión, y sin olvidar que en el termómetro de Fahrenheit el punto de congelación cae á los 32 grados, tendremos por peso:

Para un decímetro cúbico en gramos

$$U = \frac{1.293}{1 + 0.003665t} = \frac{352.795}{272.85 + t} \quad (1)$$

Para un pie cúbico en libras inglesas

$$U = \frac{0.08065}{1 + 0.0020361(t - 32)} = \frac{39.61}{459.13 + t} \quad (2)$$

22.—Con arreglo á estas fórmulas, y por vía de ejemplo, á fin de que se vean los cambios que se operan en las densidades del aire al nivel del mar por efecto del calor, voy á calcular el peso que deben adquirir un litro y un pie cúbico inglés de ese fluido, bajo las diferentes temperaturas que se expresan á continuación.

Bajo la temperatura de 0° en el termómetro Centígrado = 32° del de Fahrenheit, el litro y el pie cúbico pesarán respectivamente

$$U = \frac{352.795}{272.85 + 0} = 1.2930 \text{ gramos}$$

$$U = \frac{39.61}{459.13 + 32} = 0.08065 \text{ de libra.}$$

Bajo la temperatura de 27°77 C. = 82° F., que es la media en el ecuador

$$U = \frac{352.795}{272.85 + 27.77} = 1.1735 \text{ gramos}$$

$$U = \frac{39.61}{459.13 + 82} = 0.0732 \text{ de libra.}$$

Bajo la temperatura de 11°11 C. = 52° F., que es la media á los 45° de latitud

$$U = \frac{352.795}{272.85 + 11.11} = 1.2424 \text{ gramos}$$

$$U = \frac{39.61}{459.13 + 52} = 0.07749 \text{ de libra.}$$

Bajo la temperatura de -5°55 C. = 22° F., que es la media en las regiones polares

$$U = \frac{352.795}{272.85 - 5.55} = 1.3198 \text{ gramos}$$

$$U = \frac{39.61}{459.13 + 22} = 0.08232 \text{ de libra.}$$

En el polo, cuya temperatura media se calcula en  $-16^{\circ}11 \text{ C.} = 3^{\circ} \text{ F.}$

$$U = \frac{352.795}{272.85 - 16.11} = 1.3780 \text{ gramos}$$

$$U = \frac{39.61}{459.13 + 3} = 0.08571 \text{ de libra.}$$

Se dice que la temperatura mínima observada en el aire es de  $-48^{\circ}88 \text{ C.} = -56^{\circ} \text{ F.}$ ; en este caso el último litro y pie serán

$$U = \frac{352.795}{272.85 - 48.88} = 1.4546 \text{ gramos}$$

$$U = \frac{39.61}{459.13 - 56} = 0.0982 \text{ de libra.}$$

Si fuese posible que el aire permaneciera gaseoso á la temperatura de  $1^{\circ} \text{ absoluto} = -271^{\circ}85 \text{ C.} = -458^{\circ}13 \text{ F.}$ , los pesos aludidos serían

$$U = \frac{352.795}{272.85 - 271.85} = 352.7950 \text{ gramos}$$

$$U = \frac{39.61}{459.13 - 458.13} = 39.61 \text{ libras.}$$

### CAPÍTULO III.

AVERIGUACION DEL PRIMER TERMINO, DE LA DIFERENCIA Y DEL NUMERO DE TERMINOS DE LA PROGRESION ATMOSFERICA: ALTURAS DE LA ATMOSFERA EN DIFERENTES TEMPERATURAS: COMPROBACION.

23.—Ya vemos, por lo expuesto, que existen dos datos conocidos ó averiguables, el último término de la progresión y la suma de todos los términos, esto es, el peso de la última capa de aire y el de toda la columna atmosférica respectiva. ¿Serán tales datos suficientes para hallar los demás elementos? Voy á demostrar que sí; y para este efecto conviene designar á todos ellos por medio de letras, para sujetarlos al análisis algebraico, llamando A al primer término, que será el peso de un decímetro cúbico de aire en la cima de la columna atmosférica, lindando con el vacío, el cual vendrá á representar la unidad de la medida de dicho gas; 2A la diferencia de los términos de la progresión, la cual, según su propiedad característica, es siempre el doble del primero; H el número de ellos, que representará la altura de la atmósfera; U el último, al nivel del mar; y S la suma de todos ó su peso acumulado.

24.—Comenzaré por averiguar el peso del primer de-

En el polo, cuya temperatura media se calcula en  $-16^{\circ}11$  C. =  $3^{\circ}$  F.

$$U = \frac{352.795}{272.85 - 16.11} = 1.3780 \text{ gramos}$$

$$U = \frac{39.61}{459.13 + 3} = 0.08571 \text{ de libra.}$$

Se dice que la temperatura mínima observada en el aire es de  $-48^{\circ}88$  C. =  $-56^{\circ}$  F.; en este caso el último litro y pie serán

$$U = \frac{352.795}{272.85 - 48.88} = 1.4546 \text{ gramos}$$

$$U = \frac{39.61}{459.13 - 56} = 0.0982 \text{ de libra.}$$

Si fuese posible que el aire permaneciera gaseoso á la temperatura de  $1^{\circ}$  absoluto =  $-271^{\circ}85$  C. =  $-458^{\circ}13$  F., los pesos aludidos serían

$$U = \frac{352.795}{272.85 - 271.85} = 352.7950 \text{ gramos}$$

$$U = \frac{39.61}{459.13 - 458.13} = 39.61 \text{ libras.}$$

### CAPÍTULO III.

AVERIGUACION DEL PRIMER TERMINO, DE LA DIFERENCIA Y DEL NUMERO DE TERMINOS DE LA PROGRESION ATMOSFERICA: ALTURAS DE LA ATMOSFERA EN DIFERENTES TEMPERATURAS: COMPROBACION.

23.—Ya vemos, por lo expuesto, que existen dos datos conocidos ó averiguables, el último término de la progresión y la suma de todos los términos, esto es, el peso de la última capa de aire y el de toda la columna atmosférica respectiva. ¿Serán tales datos suficientes para hallar los demás elementos? Voy á demostrar que sí; y para este efecto conviene designar á todos ellos por medio de letras, para sujetarlos al análisis algebraico, llamando A al primer término, que será el peso de un decímetro cúbico de aire en la cima de la columna atmosférica, lindando con el vacío, el cual vendrá á representar la unidad de la medida de dicho gas; 2A la diferencia de los términos de la progresión, la cual, según su propiedad característica, es siempre el doble del primero; H el número de ellos, que representará la altura de la atmósfera; U el último, al nivel del mar; y S la suma de todos ó su peso acumulado.

24.—Comenzaré por averiguar el peso del primer de-

címetro cúbico de aire A, lo que parecerá un acto de audacia, pues nadie hasta aquí lo ha hecho, ni aun intentado, pero los argumentos matemáticos son de una lógica incontrastable. Con este objeto haré observar lo que ya es bien sabido, que en la progresión 1, 3, 5, 7, 9. . . . que vengo examinando, la suma de sus términos es igual al primero de ellos multiplicado por el cuadrado de su número; esto es, si la progresión consta de dos, su suma 1 + 3 es igual á 1 multiplicado por 4, que es el cuadrado de 2; si consta de tres, 1+3+5 son iguales á 1 multiplicado por 9, que es cuadrado de 3; si de cuatro, 1+3+5+7 son iguales á 1 multiplicado por 16, cuadrado de 4: lo que quiere decir, que el peso de la atmósfera es igual al del primer término de arriba multiplicado por el cuadrado de la altura. De consiguiente, si aplicamos al caso la nomenclatura algebraica que dejé establecida en el párrafo anterior, tendremos

$$S = A H^2;$$

y despejando H, hallaremos

$$H = \sqrt{\frac{S}{A}} \quad (1).$$

Por otra parte, en matemáticas es una cosa demostrada, que el número de los términos de una progresión aritmética es igual á la suma del primero y del último, partida por la diferencia de la progresión, esto es,

$$H = \frac{A+U}{2A} \quad (2)$$

25.— Si los dos primeros miembros de las dos ecuaciones próximo-precedentes son iguales, deben serlo también entre sí los dos segundos, y por lo tanto será

$$\sqrt{\frac{S}{A}} = \frac{A+U}{2A},$$

y despejando A, resulta

$$A = 2S - U - 2\sqrt{S(S-U)},$$

y por consiguiente, sin más datos que el peso de la atmósfera S y el del último decímetro cúbico de aire al nivel del mar U, quedará averiguado el del primer decímetro cúbico del mismo fluido A en los lindes con el vacío. Yo, sin embargo, simplifico esta ecuación, haciendo

$$\sqrt{\frac{S}{A}} = \frac{A+U}{2A} = \frac{U}{2A} + \frac{1}{2},$$

y suprimiendo el término  $\frac{1}{2}$  por su insignificante valor relativo, y porque algo complica las operaciones, obtengo la ecuación

$$\sqrt{\frac{S}{A}} = \frac{U}{2A},$$

de la cual, despejando el término que me he propuesto, deduzco

$$A = \frac{U^2}{4S} \quad (3).$$

Esta ecuación, sin embargo, sólo es muy aproximada tratándose de la altura total de la atmósfera, pero no respecto de alturas menores.

26.—Si se desea hallar la incógnita A, sustitúyanse por U y por S los valores que se les han dado respectivamente en los párrafos 17 y 22, como voy á hacerlo á continuación, siguiendo el orden en que los problemas están propuestos en el último de los párrafos citados.

A la temperatura de congelación del agua en la capa aérea inferior, el litro y el pié cúbico de aire en la parte superior de la atmósfera serán:

$$A = \frac{U^2}{4S} = \frac{1.2930^2}{4 \times 103300} = \frac{1.6718}{413200} = 0.000004046 \text{ de gramo}$$

$$A = \frac{U^2}{4S} = \frac{0.08065^2}{4 \times 2121} = \frac{0.0065044}{8484} = 0.0000007667 \text{ de libra.}$$

A la temperatura de 27°77 C. serán respectivamente:

0.000003333 de gramo, y 0.0000006316 de libra.

A la de 11°11:

0.0000037356, y 0.0000007077.

A la de -5°55:

0.000004230, y 0.0000007987

A la de -16°11:

0.000004602, y 0.0000008658.

A la de -48°88:

0.000005121, y 0.0000011366.

A la de -271°85 (1° absoluto):

0.3012 gramos, y 0.05705 libras.

27.—Conocido así el valor del primer término A, tendremos en el doble de él la diferencia de la progresión que nos ocupa 1, 3, 5, 7. . . . y que es al mismo tiempo el primer término de las densidades finales que crecen como 2, 4, 6, 8. . . . , según se ha manifestado antes.

28.—Asimismo, será ya fácil averiguar el número de términos H, ó la altura de la atmósfera, mediante cualquiera de las fórmulas (1) y (2) sentadas en el párrafo 24, cuyos segundos miembros son ya fáciles de conocer. Emplearé la segunda, por ser más sencilla, y deduciré las alturas atmosféricas correspondientes á las temperaturas que se han supuesto en los párrafos 22 y 26, con los mismos datos allí obtenidos.

A la temperatura 0° del Centígrado, la altura atmosférica será en metros y en piés ingleses:

$$H = \frac{A+U}{2A} = \frac{0.000004046+1.293}{0.000008092} = 159788 \text{ decímetros} = (15978.80 \text{ metros.})$$

$$H = \frac{A+U}{2A} = \frac{0.0000007667+0.08065}{0.0000015334} = 52609 \text{ piés.}$$

A la temperatura de 27°77, las alturas en ambas medidas serán:

17609 metros; 57948 piés,

A la de 11°11:

16629 metros, y 54740 piés,

casi cuatro leguas mexicanas.

A la de —5°55:

15600 metros, y 51534 piés.

A la de —16°11:

14972 metros, y 49498 piés.

A la de —48°88:

14202 metros, y 43200 piés.

A la de 1° absoluto:

58.56 metros, y 193 piés.

29.—Como se ve, la temperatura es un factor importantísimo y, á mi juicio, el único con que debe contarse en la elevación ó depresión de la altura de la atmósfera. Todas las fuerzas que obran sobre ésta, produciendo condensación ó dilatación, se resuelven en cambios de calor. Estos cambios se manifiestan con motivo de la compresión gradual de las capas de aire de arriba abajo, provenientes de la acumulación progresiva de ellas en la columna atmosférica, como explicaré más adelante. Proceden tam-

bién de la fuerza centrífuga por una parte, dilatando el aire más y más hácia el ecuador, y de la gravedad por la otra, condensándolo más y más hácia los polos, lo que hace que dichas regiones no sean respectivamente tan cálidas ni tan frías, como lo serían sin la dilatación y condensación expresadas. Deben originarse asimismo por las atracciones del sol y de la luna, motivando expansión por un lado y compresión por el opuesto hemisferio. Quizá se adviertan igualmente en las oscilaciones de la atmósfera, cuando al seguir ésta á la tierra en su carrera desigual al rededor del sol, se infla ó deprime alternativamente en la parte anterior ó posterior de la dirección del movimiento de nuestro planeta. Pero dichos cambios de calor dimanán más directa y principalmente de la radiación solar, que bañando la columna aérea más ó menos cerca y más ó menos á plomo, eleva ó abate su altura, enrareciendo ó condensando cada una de las capas que la componen. Por estas causas, la temperatura de la capa inferior, revelando el estado térmico relativo de las superiores, sirve para calcular la amplitud de su volúmen, y de consiguiente la altura formada por todas ellas.

30.—La altura de la atmósfera, por lo expuesto, depende en mucha parte de la alternativa de las estaciones, de los días, de las noches y aun de cada momento, de las distancias de la luna y del sol, de la rotación de las manchas de este astro que alteran la intensidad de sus rayos caloríficos y de otras varias causas que deben producir en el piélago aéreo, con los cambios de temperatura, modificaciones continuas en su densidad y volúmen, mareas constantes, concordando en períodos con las del océano de agua, pero quizá tanto más altas y más violentas,

cuanto la densidad de un elemento dista más de la del otro. Es cierto que las capas de aire contiguas al suelo están sujetas á irregularidades en su temperatura, á causa de ciertos accidentes locales, pero casi lo mismo sucede con las demás; y sobre todo, esas irregularidades perturban á veces la normalidad térmica de la parte inferior de una columna atmosférica, pero no pueden destruirla.

31.—No quiero pasar adelante, sin dejar comprobada la demostración que he hecho de las alturas de los aires por otro medio más directo, y para esto, á fin de no acumular ejemplos, concretaré mis referencias á algunos de los casos de que me he ocupado anteriormente. El barómetro, lo mismo que la bomba para sacar agua, son como dos balanzas fidelísimas, en que se contrapesan y equilibran dos cuerpos de diversa densidad, esto es, el mercurio y el agua respectivamente con el aire, y tanto gravita hácia la tierra una columna de 76 centímetros de altura del primer fluido, como otra de 10.3345 metros del segundo, ú otra del tercero elevada hasta su nivel superior, todas por supuesto de igual corte transversal. En esos instrumentos mantienen dichos fluidos entre sí la misma posición y producen los mismos efectos que si se hallasen contenidos en vasos comunicantes, y ya se sabe, porque es una ley reconocida en la Hidrostática, que las alturas de las columnas que en vasos comunicantes se equilibran, están en razón inversa de las densidades de los fluidos respectivos. En consecuencia, podrá plantearse esta proporción: como la densidad del aire es á la del mercurio ó del agua, así la altura del mercurio ó del agua será á la del aire. Y siendo que los tres primeros términos de la proporción sentada son fáciles de determinar, es claro que por ellos

puede venirse en conocimiento del cuarto, que es la altura atmosférica en el lugar de que se trata.

32.—Debe tenerse presente, que para averiguar la densidad de los fluidos en función de la temperatura, hay en Física la fórmula

$$d' = \frac{d}{1+a(t-t')},$$

en la cual  $d'$  significa la densidad que se busca,  $d$  la que se toma como punto de comparación,  $a$  el coeficiente de dilatación y  $t-t'$  la diferencia de temperaturas. Sabemos que el mercurio tiene una densidad de 13.598 á cero grados del Centígrado, y que su expansión es de 0.00018 de su volúmen por grado; y el aire tiene una densidad de 0.001293 á cero, dilatándose 0.003665 de su volúmen, también por cada grado de calor. Ahora, si buscamos la densidad de estos fluidos á cualquiera temperatura, por ejemplo, á los 11°11, que es la que reina por término medio á los 45° de latitud, tendremos

$$d' = \frac{d}{1+a(t-t')} = \frac{13.598}{1+(0.00018 \times 11.11)} = 13.571 \text{ para el}$$

mercurio, y

$$d' = \frac{d}{1+a(t-t')} = \frac{0.001293}{1+(0.003665 \times 11.11)} = 0.001242 \text{ para}$$

el aire. Hay que advertir, que como esta última densidad es la del aire al nivel del mar, y la correspondiente á la cima, confundíendose con el vacío, es igual á cero, es claro que la densidad media de toda la columna es  $\frac{0.001242}{2} =$

0.000621. Además, sabemos por Ganot (Tratado elemental de Física, número 317) que la densidad del agua á los 11°11 es 0.99965.

33.—Obtenidas estas densidades, y conocida como es la altura del mercurio en el barómetro, que es de 76 centímetros, y la del agua en las bombas, al nivel del mar, que es de 10.33 metros, la cual llamaremos  $h$ , así como  $H$  la del aire que se busca, plantearemos la siguiente proporción recíproca:

$$d' : d = h : H,$$

de donde sale

$$H = \frac{dh}{d'}$$

y haciendo la aplicación de su resultado á los dos casos propuestos, hallaremos:

$$H = \frac{dh}{d'} = \frac{13.571 \times 76}{0.000621} = 16610 \text{ metros.}$$

$$H = \frac{dh}{d'} = \frac{0.99965 \times 10.33}{0.000621} = 16629 \text{ metros.}$$

Estas cifras son una repetición aproximada de la altura atmosférica á los 45° de latitud, obtenida por el método que expuse primero, lo que prueba la verdad de mis razonamientos, prescindiendo de ligeras diferencias, provenientes sin duda de la inevitable falta de exactitud en los datos acerca de un elemento tan variable.

34.—Se ha tratado de medir ópticamente la altura de la atmósfera por la duración de los crepúsculos, medio expuesto á notables inexactitudes, pero que puede corro-

borar de algún modo los resultados obtenidos por los métodos á que antes me he referido. El procedimiento es el siguiente: Sea en la figura 2 adjunta, que representa la tierra con su atmósfera, el horizonte  $FACB$ , en el punto que ocupa el observador  $A$ . Cuando se vean los posteros rayos del sol, alumbrando la extrema parte visible de la atmósfera en  $C$ , el astro estará en  $J$ , y habrá bajado desde su ocaso cierto número de grados, de los que es preciso deducir 33' por la refracción horizontal causada en el tránsito de la luz de  $D$  á  $C$ , y otros tantos por la de  $J$  á  $D$ . Ahora bien, el ángulo  $BCJ$  es suplementario del otro  $FCJ$ , pues entre los dos hacen 180°; luego, conocido el primero por la observación, lo será el segundo, y también su mitad, que es el ángulo  $ACO$ , y como este triángulo es recto en  $A$ , también será conocido el ángulo en  $O$ , que es igual á la diferencia de los otros dos á 180°. Conocidos los tres ángulos y el lado  $AO$ , que es el radio de la tierra, se deduce por trigonometría el lado  $CO$ , del cual sustraído  $EO$ , igual á  $AO$ , resulta el valor de  $CE$ , altura de la atmósfera.

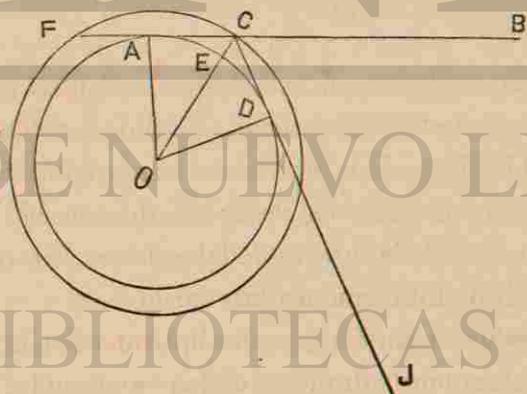


Figura 2.

35.—Entre los astrónomos se distinguen dos clases de crepúsculos. El primero es producido por la luz directa del sol, que bajando desde el horizonte en B termina en J, donde lanza sus últimos rayos á la atmósfera en C, visible desde A, y entonces ha recorrido, según unos, 8 grados, según otros, 11. El segundo es producido por la luz difusa del mismo sol, cuando éste, bajando todavía más, ya no puede comunicar su luz directa al aire que aparece sobre el horizonte, y termina cuando la noche es cerrada y ha concluido toda luz, en cuyo momento se dice que el descenso del astro importa 18 grados. Como el ángulo de difusión de la luz solar no sé que sea calculable, juzgo que este crepúsculo no puede servir de base para un cálculo sobre la altura atmosférica; mas el primero bien puede prestar este servicio, aunque no ofrezca mediana precisión.

36.—Si en lugar de 8 ú 11 grados, suponemos que el primer crepúsculo concluye cuando el sol ha bajado un término medio entre aquellos dos guarismos, esto es,  $9^{\circ}30'$ , hecha la deducción de  $1^{\circ}6'$  de que hablé en el párrafo 34, quedan  $8^{\circ}24'$ , que restados de  $180^{\circ}$  y partiendo el residuo por la mitad, resulta para el ángulo ACO el valor de  $85^{\circ}48'$ , y por consiguiente al ángulo AOC el de  $4^{\circ}12'$ . La secante OC de este ángulo es 1.0027 en medidas del radio terrestre, y siendo 1 el radio EO, es evidente que la altura de la atmósfera queda en 0.0027, que multiplicada por 6366513, valor del radio de la tierra en metros, da 17189 de éstos para la altura de la atmósfera. Por esta cifra se ve, que á pesar de la inconsistencia de los crepúsculos para fundar en ellos un cálculo exacto, dan resultados que no difieren gran cosa de los que he obtenido en los cálculos precedentes.

37.—En México calculé, con el reloj, en media hora la duración del primer crepúsculo, aunque no me lisonjee de la exactitud, y como ese tiempo equivale á  $7^{\circ}30'$  de arco, deduje para la altura atmosférica 13370 metros, que añadidos á 2131 que tiene la ciudad sobre el nivel del mar, hacen un total de 15500 metros, cantidad que tampoco es desproporcionada con relación á las alturas más comunes de la atmósfera.

## CAPÍTULO IV.

DIVERGENCIA DE PARECERES ACERCA  
DE LAS ALTURAS ATMOSFERICAS: OPINION SOBRE  
LA ATMOSFERA SUPERIOR HIDROGENICA:  
DESARROLLO DE LAS DEMAS PROGRESIONES AEREAS:  
LEYES Y FORMULAS: APLICACIONES PRACTICAS.

38.—En sus laboriosas investigaciones acerca de la verdadera elevación de la masa aérea sobre nuestras cabezas, los físicos han diferido en pareceres, y aun se han entregado á exageraciones y conjeturas, á mi juicio, infundadas, dado que no es posible recusar la inflexible lógica de los argumentos matemáticos que, como hemos visto, dan resultados tan diferentes de los que aquellos proclaman. Unos atribuyen á dicho fluido la altura de 20 leguas métricas (80000 metros), añadiendo que después sigue un aire sumamente enrarecido y que á unas 25 leguas el vacío es absoluto. Otros la hacen subir á 80. Hay quienes ponen su minimum en 12 y su maximum en 10000, concepto que confieso no comprender. Y yo, perdóneseme el atrevimiento, la hago descender de tanta altura, hasta dejarla en 4 leguas poco más ó menos, según el estado térmico del aire, conforme llevo demostrado.

39.—Sorprende tanta variedad de opiniones, que no es posible atribuir más que al desconocimiento de la verdadera conformación de la atmósfera, y es extraño que se hayan desatendido las indicaciones indubitables del barómetro y de la bomba de agua, que sirven de contrapeso al aire, datos con los que pudiera haberse averiguado una elevación más reducida que la que obtuvieron los referidos sabios.

40.—Si la progresión de las densidades del aire de arriba abajo es aritmética, y debe comenzar con cero á distancia no muy lejana del suelo, según dejé demostrado con pruebas rigurosamente matemáticas, no se concibe á qué leyes podría estar sujeta la continuación de la atmósfera más arriba de ese cero. Por más que este aire superior se supusiera en extremo enrarecido, sin embargo es un cuerpo, y como tal debería gravitar hácia la tierra, revelando su peso natural por un aumento de altura en la columna barométrica, la cual sería entonces de más de 76 centímetros. Pero si por su extrema sutileza se le llegase á suponer imponderable y exento del influjo de la gravedad, debería también suponérsele libre de todo motivo para permanecer al rededor de la tierra y seguir el sempiterno movimiento de este planeta; por consiguiente debería entonces vagar perdido en los espacios y sin adherencias con ningún otro cuerpo.

41.—En rigor de principios, no es posible la prolongación de la atmósfera aérea más allá de las 4 leguas que le he asignado poco más ó menos. Pero como no nos son conocidos los espacios que ella ocupa más que hasta la mitad de su altura, según el resultado que han tenido las más notables ascensiones aeronáuticas, no puede, en el estado

actual de la ciencia, parecer imposible que las regiones superiores, aun no exploradas por el hombre, estén ocupadas por gases de suyo más ligeros, pero reemplazando con un peso igual alguna parte de la progresión aérea, pues el peso total de la columna, que bien se sabe cuál es, no pudiera decirse que en tal suposición quedaba alterado. Concedamos, por ejemplo, que de las 4 leguas, que son la altura de la atmósfera toda de aire, la primera media de arriba es sustituida por hidrógeno, que es catorce veces menos denso; luego esta parte hidrogénica de la columna ocupará por sí sola una altura de siete leguas, que añadidas á las tres y media que quedaba ocupando la inferior, harán la suma de diez y media. Si el reemplazo fuese de toda una legua, la altura total sería entonces de diez y siete. Sólo una hipótesis semejante podría satisfacer la exigencia de una elevación mayor que la que corresponde á una columna de puro aire; mas en tal caso, si se supiese cuál es la de la atmósfera superpuesta, se podría determinar el peso que debe tener en su punto de contacto con la de abajo, y sería facil construir esa nueva progresión, la cual sólo truncaría, pero en nada más podría alterar las condiciones de la de aire.

42.— Siendo el elemento en medio del cual vivimos, tan movedido, tan sensible á cualquiera presión por pequeña que sea, es de inferirse la suma inestabilidad de su altura, que burla la exactitud de toda computación permanente, y será siempre el tormento de los calculadores meteorologistas; mas á pesar de su movilidad incansable, aparte de las leyes que, como he demostrado, presiden á su conformación en lo que tiene de estable y firme, él está también sujeto en todas y aun en sus más insignificantes

evoluciones á otras reglas constantes é imprescindibles, cuyo conocimiento completo y pormenorizado será algún día del dominio de la ciencia.

43.— Conocidos todos los elementos de la progresión que hasta aquí me ha ocupado, esto es, de la formada por las densidades medias ó las masas aéreas encerradas en cada espacio igual, pueden ya con su auxilio averiguarse los de las otras á que me he referido en el párrafo 10. En la de las densidades finales 2, 4, 6, 8. . . . , cualquier término ( $d$ , siendo el último  $D$ ) es igual al correspondiente de la primera que acabo de examinar, más el primero, así:  $1+1=2$ ;  $3+1=4$ ;  $5+1=6$  etc., y de este modo se determinarán el primero y último términos de la progresión que ahora examino. La diferencia 2 es siempre igual al primer término de la misma. El número de todos ellos es igual á la densidad final, ó lo que es lo mismo, al primero y al último de la primera progresión, partidos por la diferencia. Pero la suma de los términos de esta segunda no tiene aplicación; las densidades siempre son singulares, no se acumulan.

44.— En la formada por las sumas de los términos de la primera 1, 4, 9, 16. . . . , el primer término es como el de la primera progresión. El último y cualquiera otro de ellos equivale al cuadrado de los contados hasta allí, multiplicado por el primero. La diferencia no es uniforme, sino progresiva, consistiendo en los términos correspondientes de la primera progresión, que se añaden como sigue:  $1$ ,  $1+3=4$ ,  $4+5=9$ ,  $9+7=16$ ,  $16+9=25$ . . . . El número de sus términos es el mismo de las dos anteriores progresiones. La suma tampoco tiene objeto.

45.— De la progresión de espacios con relación á ca-

pas de iguales pesos, á que aludí en el párrafo 13, daré después una idea más concreta, cuando trate de la temperatura en el aire.

46.—De lo expuesto hasta aquí, se deducen las leyes siguientes, que resumen toda la doctrina sobre la estructura de la atmósfera.

LEY PRIMERA.—Las densidades medias de las capas de aire, ó sus pesos singulares, á espacios iguales desde la cima de la atmósfera para abajo, crecen uniformemente con una diferencia igual al duplo de la densidad de la primera capa de arriba, esto es, como 1, 3, 5, 7. . . .

LEY SEGUNDA.—Las densidades finales de las capas de aire, también á espacios iguales, crecen con una diferencia igual á su primer término, siendo éste el duplo del primero de la progresión á que se refiere la ley anterior; así, 2, 4, 6, 8, 10. . . .

LEY TERCERA.—Los pesos de la atmósfera aumentan como el cuadrado de los espacios, esto es, como 1, 4, 9, 16. . . .

LEY CUARTA.—Los espacios, contados desde los lindes del aire con el vacío, están como la raíz cuadrada de los pesos de la atmósfera; y cualquiera espacio dentro de ésta se halla como la diferencia de las raíces cuadradas de dichos pesos observados en uno y otro límite del mismo espacio.

47.—Réstame ahora consignar los resultados que he obtenido por medio de los cálculos precedentes, en expresiones algebraicas, combinándolas en la forma siguiente:

$$A = \frac{U}{2H-1} = \frac{2S}{H} - U = \frac{S}{H^2} = 2S - U - 2\sqrt{S(S-U)} =$$

$$\left( \frac{D}{2H} = D - U = \frac{D^2}{4S} \right)$$

$$D = A + U = 2AH = \frac{2S}{H} = 2\sqrt{AS}$$

$$H = \frac{U}{2A} + \frac{1}{2} = \frac{D}{2A} = \frac{2S}{A+U} = \frac{2S}{D} = \sqrt{\frac{S}{A}} = \frac{A+U}{2A}$$

$$S = AH^2 = \frac{(A+U)^2}{4A} = \frac{D^2}{4A} = \frac{H(A+U)}{2} = \frac{DH}{2}$$

$$U = A(2H-1) = \frac{2S}{H} - A = 2\sqrt{\frac{S}{A}} - A = D - A$$

Adviértase que la altura H puede también obtenerse por el método empleado en el párrafo 33.

48.—Hasta aquí he considerado la progresión aérea en toda su magnitud, contándola desde su origen en los lindes del vacío, hasta su fin en contacto con el mar, y á esa magnitud he referido la altura atmosférica, el primer término, el último, la densidad final y el peso del aire. Ahora me ocuparé de hacer igual averiguación respecto de cualquiera otro punto que no se halle al nivel del mar, en cuyo caso hay necesidad de dejar establecido, que en realidad se trata siempre de la misma progresión, pero trunca, debiendo contarse con deducción de la parte que corre desde la cima hasta el punto señalado. De consiguiente, para determinar sus elementos, se pueden usar las mismas fórmulas empleadas para la determinación de los de la columna atmosférica íntegra, teniendo en cuenta la indicada deducción, y cambiando nomás las letras D, H, S y U por las minúsculas respectivas, en la inteligencia que, entonces, cortada la progresión á la altura h, la parte que le queda de allí para arriba será representada

por  $H-h$ , y que el primer término  $A$  queda inalterable, por hallarse en la cúspide de la serie, fuera del alcance de los cambios que envuelve el problema. Así, pues, haciéndose las sustituciones correspondientes en las fórmulas del párrafo anterior, obtendremos estas otras:

$$d = A + u = 2A(H-h) = \frac{2S}{H-h} = 2\sqrt{As}.$$

$$h = H - \frac{A+u}{2A} = H - \frac{d}{2A} = H - \frac{2S}{A+u} = H - \frac{2S}{d} =$$

$$\left( H - \sqrt{\frac{s}{A}} = H \frac{u+1}{U+1} = H \frac{d}{D} \right).$$

$$s = A(H-h)^2 = \frac{(A+u)^2}{4A} = \frac{d^2}{4A} = \frac{(H-h)(A+u)}{2} = \frac{d(H-h)}{2}.$$

$$u = A(2(H-h) - 1) = \frac{2s}{H-h} - A = 2\sqrt{As} - A = d - A.$$

49.—Hagamos aplicación de algunas de estas fórmulas á casos particulares. Primeramente, se desea saber á qué altura el peso de la atmósfera se reduce á la mitad de la que se observa al nivel del mar, y es de 103300 gramos: suponiendo, como se propone en la cuestión, que  $s$  es igual á la mitad de dicha cantidad, y refiriéndose el problema, por ejemplo, á la temperatura de  $11^{\circ}11$  C. al pie de la columna, serán

$$h = H - \sqrt{\frac{s}{A}} = 16629 - \sqrt{\frac{51650}{0.0000037356}} = 4871 \text{ metros} =$$

(0.29 de la altura total.

Ahora, se pregunta en qué altura el peso de la atmósfera queda reducido á la tercera parte, y hallaremos:

$$h = H - \sqrt{\frac{s}{A}} = 16629 - \sqrt{\frac{34433}{0.0000037356}} = 7018 \text{ metros} =$$

(0.42 de la total.

Queriendo sacar la altura en que el peso quedará en la cuarta parte, veremos que es á la mitad de la total de la atmósfera, de la manera siguiente:

$$h = 16629 - \sqrt{\frac{25825}{0.0000037356}} = 8314 \text{ metros} = 0.50 \text{ de la total.}$$

50.—Veamos en seguida, en qué altura quedará reducida á la mitad la densidad del aire frontero al mar, que en el caso propuesto es  $D = A + U = 1.2424037356$ ; y como suponemos que esa densidad debe ser la mitad, esto es, 0.6212018678, resultará, según una de las fórmulas anteriores,

$$h = H - \frac{d}{2A} = 16629 - \frac{0.6212018678}{0.0000074712} = 8314 \text{ metros.}$$

Lo cual quiere decir, que á la mitad de la altura se obtendrá la mitad de la densidad, siendo así que á igual altura sólo existe la cuarta parte del peso de la atmósfera, como se ha visto en el ejemplo anterior.

51.—Si se quieren obtener las alturas por medio del peso de la atmósfera, que con tanta exactitud indica el barómetro, hallaremos la fórmula relativa de la manera

siguiente: En la fórmula  $H = \sqrt{\frac{S}{A}}$  tómesese, en vez del peso total  $S$ , la parte  $\frac{p}{P}$  que indique aquel instrumento, significando  $P$  el peso total del azogue, igual siempre al de la columna aérea al nivel del mar, y  $p$  el peso del mismo en cualquiera elevación  $H-h$ . Haciendo la sustitución correspondiente, obtendremos la reforma de la ecuación así:

$$H-h = \sqrt{\frac{pS}{AP}}$$

y despejando  $h$ , será

$$h = H - \sqrt{\frac{pS}{AP}}$$

Siendo  $H = \sqrt{\frac{S}{A}}$ , sustituyendo, hallaremos

$$h = H - H\sqrt{\frac{p}{P}} = H \left( 1 - \sqrt{\frac{p}{P}} \right)$$

De aquí resulta, que usando del barómetro de escala milimétrica, se obtiene la altura por medio de la siguiente fórmula más concreta:

$$h = H \left( 1 - \frac{\sqrt{p}}{27.568} \right) \quad (1)$$

Si el barómetro tiene escala de pulgadas inglesas,

$$h = H \left( 1 - \frac{\sqrt{p}}{5.477} \right) \quad (2)$$

52.—Y para obtener en diferentes alturas las densidades del aire, que son como la raíz cuadrada de las indicaciones barométricas, llamando  $D$  á la que se calcule al pié de la columna de aire al nivel del mar, y  $d$  á la que se busca, tendremos

$$d = D\sqrt{\frac{p}{P}}$$

53.—Tratándose de alturas comparadas, si en las fórmulas (1) y (2) del párrafo 51 hacemos uso de  $p'$  para significar el peso del aire en la estación más alta, y de  $p$  en la más baja, tendremos también en medidas métricas é inglesas:

$$h = H \left( 1 - \frac{\sqrt{p'}}{27.568} \right) - H \left( 1 - \frac{\sqrt{p}}{27.568} \right)$$

$$h = H \left( 1 - \frac{\sqrt{p'}}{5.477} \right) - H \left( 1 - \frac{\sqrt{p}}{5.477} \right)$$

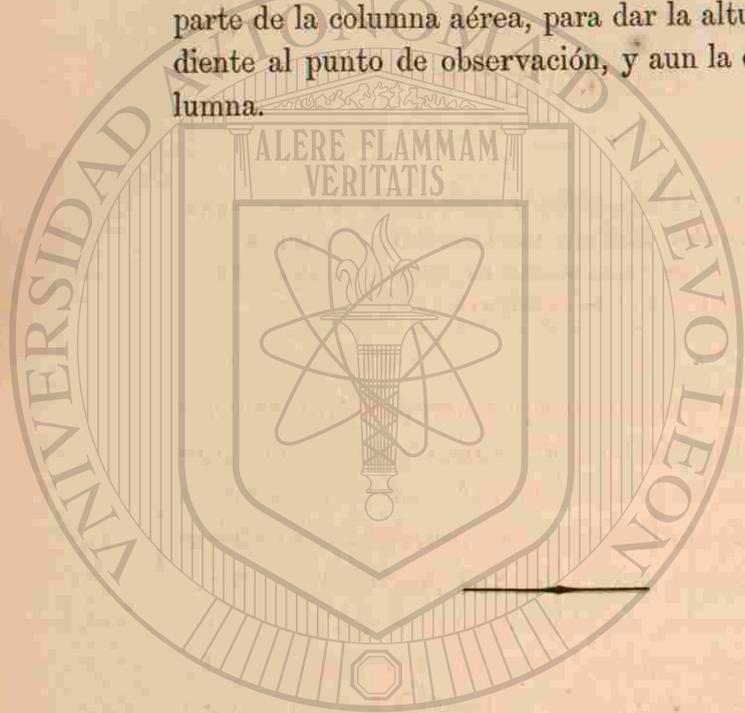
y reduciendo, resultan respectivamente

$$h = (\sqrt{p} - \sqrt{p'}) \frac{H}{27.568}$$

$$h = (\sqrt{p} - \sqrt{p'}) \frac{H}{5.477}$$

54.—En las fórmulas precedentes hay siempre la necesidad de averiguar la altura total  $H$ , contada desde el nivel del mar, y correspondiente á la atmósfera en el punto en que se opere, lo que á menudo ofrecerá dificultad. En

la parte segunda de este opúsculo, en que debo desarrollar mi teoría sobre la distribución del calor en la atmósfera, propondré una fórmula, que no exige más que la indicación del termómetro y del barómetro en cualquiera parte de la columna aérea, para dar la altura correspondiente al punto de observación, y aun la de toda la columna.



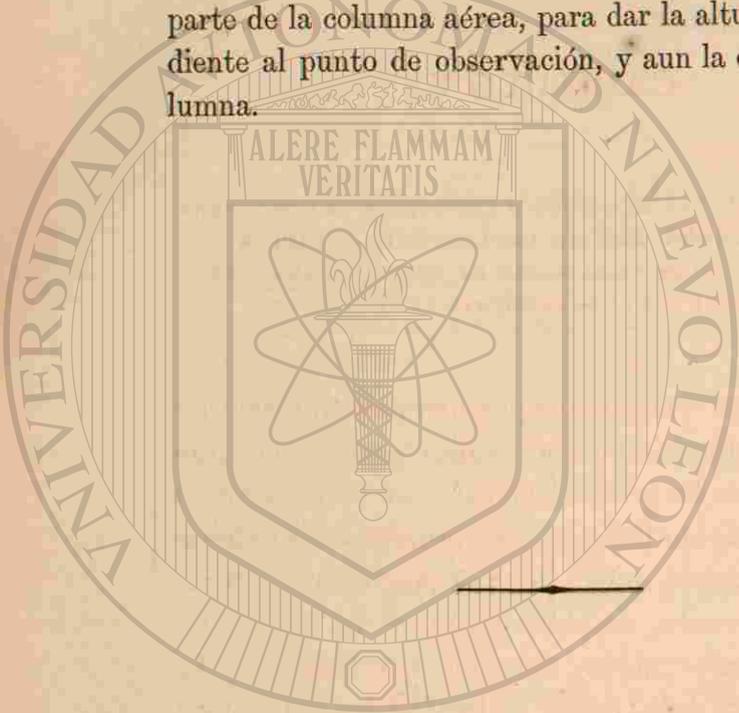
## CAPÍTULO V.

DIFERENCIA ENTRE LA DENSIDAD Y EL PESO DE LA ATMÓSFERA:  
FORMULA ERRONEA DE MR. LAPLACE PARA CALCULAR  
ALTURAS: EJEMPLOS DE ALGUNAS DE ESTAS EXAGERADAS:  
DIAGRAMA DE LAS PROGRESIONES ATMOSFERICAS.

55.—Aquí es el momento oportuno para tratar de dos puntos, cuya dilucidación habrá de contribuir en gran manera á poner en perfecta claridad mi teoría sobre la conformación de la atmósfera. El primero es la explicación de por qué la densidad del aire, que debe ser el resultado de la presión, no crece en razón del peso de las capas aéreas superpuestas, cuestión que hasta hoy ha sido el tormento de los físicos, induciéndolos con justicia aun á dudar del influjo de la ley de Mariotte en este caso de presiones de gases por gases. El segundo es la medida de las alturas por el barómetro con la fórmula que hasta ahora se ha usado para ese efecto con más crédito, la cual, sin embargo, da un resultado que continuamente debe exceder más y más del positivo, conforme las alturas vayan siendo mayores.

56.—En cuanto al primero, es preciso convenir en que la densidad de cada capa no crece en la misma proporción que el peso de las superiores que sobre ella gravitan.

la parte segunda de este opúsculo, en que debo desarrollar mi teoría sobre la distribución del calor en la atmósfera, propondré una fórmula, que no exige más que la indicación del termómetro y del barómetro en cualquiera parte de la columna aérea, para dar la altura correspondiente al punto de observación, y aun la de toda la columna.



## CAPÍTULO V.

DIFERENCIA ENTRE LA DENSIDAD Y EL PESO DE LA ATMÓSFERA:  
FORMULA ERRONEA DE MR. LAPLACE PARA CALCULAR  
ALTURAS: EJEMPLOS DE ALGUNAS DE ESTAS EXAGERADAS:  
DIAGRAMA DE LAS PROGRESIONES ATMOSFERICAS.

55.—Aquí es el momento oportuno para tratar de dos puntos, cuya dilucidación habrá de contribuir en gran manera á poner en perfecta claridad mi teoría sobre la conformación de la atmósfera. El primero es la explicación de por qué la densidad del aire, que debe ser el resultado de la presión, no crece en razón del peso de las capas aéreas superpuestas, cuestión que hasta hoy ha sido el tormento de los físicos, induciéndolos con justicia aun á dudar del influjo de la ley de Mariotte en este caso de presiones de gases por gases. El segundo es la medida de las alturas por el barómetro con la fórmula que hasta ahora se ha usado para ese efecto con más crédito, la cual, sin embargo, da un resultado que continuamente debe exceder más y más del positivo, conforme las alturas vayan siendo mayores.

56.—En cuanto al primero, es preciso convenir en que la densidad de cada capa no crece en la misma proporción que el peso de las superiores que sobre ella gravitan.

Las densidades medias ascienden como 1, 3, 5, 7..., las finales como 2, 4, 6, 8..., y siendo que los pesos, comenzando también con un término primero igual al de las otras progresiones, marchan más rápidamente, esto es, como 1, 4, 9, 16..., es inconcuso que éstos no guardan la misma proporcionalidad que aquellas. Y la razón es clara, puesto que las densidades son el resultado de las presiones sobre cada capa, según dejé demostrado en los párrafos 6 á 10, y los pesos son el resultado de la suma de esas presiones: aquellas representan el peso de las capas aisladamente, éstos el de las capas acumuladas. De aquí se sigue, que si los pesos aumentan como el cuadrado de los espacios, y las densidades finales como el doble de éstos, deben ellas hallarse como el doble de la raíz cuadrada de los pesos, y por lo mismo no pueden confundirse los pesos con las densidades. No tiene, pues, lugar en este caso, la ley de Mariotte en cuanto al peso del aire de arriba que carga sobre el de abajo, sino en cuanto á la presión que le va imprimiendo la fuerza de gravedad, que hemos visto que crece como las densidades medias. Algún autor afirma que las densidades del aire son proporcionales á las alturas del azogue en el barómetro. Por lo dicho, esto es una equivocación, pues el barómetro acusa el peso del aire y no su densidad.

57.—Voy en seguida á ocuparme del otro punto, demostrando no sólo la inexactitud científica de la fórmula dada por Mr. Laplace, conforme á la cual se han construido las tablas barométricas para el cómputo de las alturas, sino también el excesivo apartamiento de los resultados de ese cómputo respecto de la verdad ó de una prudente aproximación.

58.—La fórmula, prescindiendo por ahora de algunas correcciones que suelen hacersele, y de las cuales me ocuparé también en la parte segunda, es

$$Z = \log. \frac{H}{h} \times 18336,$$

en la que  $Z$  es la altura que se busca, ó la distancia vertical entre dos lugares,  $H$  la altura del barómetro en el lugar más bajo,  $h$  en el más alto, 18336 la altura media que se atribuye á la atmósfera en metros. El fundamento del cálculo estriba en la aserción de que, á alturas sucesivas en la atmósfera, que crezcan en progresión aritmética, la densidad de las capas de aire correspondientes disminuirá en progresión geométrica, y que siendo estas densidades proporcionales á la altura del azogue en el barómetro, se sigue que la diferencia de alturas entre dos lugares debe ser proporcional á la diferencia de los logaritmos de las alturas del barómetro.

59.—Quiero suponer, que en vez de la densidad de las capas de aire, que, según he probado, crece de arriba abajo en progresión aritmética, y por consiguiente disminuye de abajo arriba en la misma progresión y no en la geométrica, quiero suponer, repito, que en vez de la densidad hubo la intención de hablar del peso de la columna atmosférica, que es lo único que revela el referido instrumento. Pues, aun en este caso, sostengo que no hay tal progresión geométrica, y por lo tanto, falta absolutamente el fundamento del cálculo de donde se ha originado la fórmula, porque, repitiendo lo que tantas veces he dicho anteriormente, al lado de la progresión de alturas su-

cesivas que de arriba abajo viene como 1, 2, 3, 4...., descende otra de las densidades finales de cada espacio 2, 4, 6, 8...., otra de las densidades medias ó del peso de las mismas capas como 1, 3, 5, 7...., y otra de los pesos de ellas sucesivamente acumulados ó sumados como 1,  $1+3=4$ ,  $4+5=9$ ,  $9+7=16$ , esto es, 1, 4, 9, 16, etc., ninguna de las cuales es geométrica, todas son aritméticas, y la última lo es de segundo orden, no pudiendo, por lo mismo, fundar el empleo de logaritmos para la investigación de alturas, como hasta ahora se ha hecho.

60.—Y no solamente no hay en este caso ninguna progresión geométrica, pero ni puede haberla, dada la manera como se forma la serie, pues siendo que unas capas van recargando sobre las otras, sólo se verifica en este evento una acumulación progresiva de pesos, y esos pesos acumulados no envuelven, por cierto, una multiplicación, sino una simple adición, una suma continua de los términos hasta llegar al propuesto. Y como por otra parte es bien sabido que con sumas, y no con multiplicaciones, se desarrollan las progresiones aritméticas, por eso digo, que aquí solo puede haber de éstas y no de las geométricas, y que por lo tanto la fórmula indicada es científicamente inexacta.

61.—De aquí viene que es también, y debe ser forzosamente, absurda en sus resultados y contradictoria consigo misma, para demostración de lo cual me voy á valer de puros ejemplos, patentizando su completa falta de adecuación para el objeto á que está destinada. Doy el caso, que se pretenda averiguar la altura sobre el nivel del mar, de un punto atmosférico, donde la columna barométrica tenga ya sobre sí muy poco peso, hallándose re-

ducida, quiero suponer, á 76 milímetros, esto es, á la décima parte del peso total, que es de 760. En este supuesto será

$$Z = \log. \frac{H}{h} \times 18336 = \log. \frac{760}{76} \times 18336 = 18336 \text{ metros.}$$

Aquí el logaritmo de 760 dividido por 76 es igual al logaritmo de 10, el logaritmo de este número es 1, y 1 multiplicado por 18336 da esta misma cantidad en metros por altura del lugar propuesto, es decir, da la misma cantidad que si se tratara de la altura total de la atmósfera, resultando de allí que la parte es igual al todo.

62.—Supongamos ahora que el mercurio haya bajado hasta quedar en 7.6 milímetros, y tendremos entonces que 760 partido por 7.6, da por cociente 100, que el logaritmo de 100 es 2, el cual multiplicado por 18336 da 36672 metros de altura atmosférica, resultando de esto, que la parte es el doble del todo. Si sucesivamente suponemos que baje el mercurio hasta 0.76, 0.076, 0.0076 milímetros etc., hallaremos por el mismo procedimiento, que la altura del punto intra-atmosférico indicado sube hasta el triple, cuádruplo ó quintuplo de la altura de 18336 que se ha atribuido á nuestra envoltura gaseosa. Pero el resultado es todavía más repugnante á la razón, considerando al denominador de la fracción  $\frac{H}{h}$  de tal manera disminuido, que quede reducido á cero, como no podría dejar de suceder al terminar la altura del fluido aéreo y comenzar el vacío. Pues bien, en tal caso  $\frac{H}{0}$  es igual al infinito, y fijese la atención en que resulta de la fórmula una altura infinita, precisamente cuando se la ha

supuesto finita, por haber cesado toda presión barométrica, por haber quedado  $h$  reducido á cero, lo cual envuelve una contradicción inexplicable, un absurdo inconcebible. Es, por otra parte, matemáticamente cierto, que la progresión geométrica descendente no tiene límite, y lo es en Física que la atmósfera debe tenerlo, luego es incompatible el decrecimiento de las masas aéreas con la progresión geométrica indicada. Con semejantes resultados no es posible sostener una fórmula como la de que me ocupó, que se excede á sí misma, salta sobre sus límites naturales ó supuestos, se dispara y se precipita al abismo de lo inconmensurable.

63.—La causa de haberse introducido y conservado este error, proviene quizá de que en cortas alturas, al alcance de la investigación experimental del hombre, casi coinciden los términos de la progresión geométrica, que supone la fórmula del eminente físico francés, con la aritmética que siguen las densidades aéreas; pero á mayores elevaciones, cuando ya no se puede comprobar ni aun aproximadamente la verdad, van aquellos divergiendo más y más entre sí, hasta llegar los resultados de la referida fórmula á cantidades inverosímiles y aun imposibles. En efecto, partiendo de la superficie del mar ambas progresiones en sentido descendente, en el comienzo los términos de la geométrica son muy poco menores que los de la aritmética; vienen luego á coincidir unos y otros en un solo punto; y en seguida los de la primera van quedando superiores á los de la segunda con un exceso ya algo apreciable, el que á cada paso se va acentuando más y más hasta abortar en el absurdo, no siendo posible conocerlo sino por el cálculo y la inducción racional.

64.—He aquí á la vista un ejemplo compendiado de esas progresiones comparadas, suponiendo, para ver luego los resultados, que la diferencia de la geométrica sea 1.25, y despreciando en ella las fracciones para mayor claridad.

Aritmética. 100, 81, 64, 49, 36, 25, 16, 9, 4, 1, 0.

Geométrica. 100, 80, 64, 51, 41, 33, 26, 21, 16, 13, 10....

Aquí se ve con toda luz, cómo es que siendo el primer término idéntico en ambas progresiones, el segundo aparece mayor en la aritmética que en la geométrica, el tercero es igual en una y otra, pero ya el cuarto es mayor en la segunda que en la primera, y los demás de la misma siguen creciendo de tal modo, que al terminar la aritmética con 0, la geométrica representa un término como 10, y continúa así en una serie de límite indefinido.

65.—Parece que la coincidencia á que me he referido en el párrafo 63, se verifica poco más ó menos cuando el barómetro señala algo más de 500 milímetros, á una altura aproximada de 3000 metros, en el caso de que la columna atmosférica cuente un total de 16600. Cuando dicho instrumento señale 380 milímetros, que es la mitad del peso del aire, en las circunstancias indicadas en el párrafo 49, la altura será, según allí calculé, de 4871 metros, y según la fórmula de Laplace 5520, con 649 de diferencia. Si señalase 253.33 milímetros, tercera parte del peso, las alturas respectivas serían 7018 y 8749 metros, con una diferencia de 1731. Y si la indicación fuese de 190 milímetros, cuarta parte, las alturas serían 8314 y 11040 metros, siendo la diferencia 2726. Todo lo cual demuestra ejemplarmente el aumento creciente de las diferencias en favor de la supuesta progresión geométrica.

66.—Por este motivo, me parece también que algunas alturas calculadas con dicha fórmula se expresan con un guarismo mayor de lo que debiera ser en realidad. En Julio de 1804, con una temperatura de 31° Centígrados, verificó Mr. Gay-Lussac una ascensión aeronáutica en París, cuya altura sobre el nivel del mar es de 64 metros, siendo la altura barométrica 325 milímetros en el punto más culminante de su viaje aéreo. La temperatura debiera tomarse al nivel del mar, 64 metros más abajo del piso de París, lo cual aumentaría, aunque bien poco, su graduación; pero la dejo tal como está, teniendo en cuenta que en la ciudad debe siempre reinar mayor calor que el regular. El peso del decímetro cúbico de aire al pie y en la cabeza de la columna, y la altura de ésta, debían ser en tales circunstancias (21, 25 y 28)

$$U = \frac{352.795}{272.85 + 31} = 1.161 \text{ gramos.}$$

$$A = \frac{U^2}{4S} = \frac{1.3479}{413200} = 0.000003262 \text{ de gramo.}$$

$$H = \frac{A+U}{2A} = \frac{1.161003262}{0.000006524} = 17797 \text{ metros.}$$

Como el barómetro en su mayor descenso señaló 325 milímetros, la altura correspondiente á esa indicación del instrumento debió ser (51)

$$h = H \left( 1 - \frac{\sqrt{p}}{27.568} \right) = 17797 \left( 1 - \frac{\sqrt{325}}{27.568} \right) = 6128 \text{ metros.}$$

Deducida esta cantidad de la de 7016 metros, á que, se-

gún se dice, ascendió el sabio físico francés, resulta una diferencia de 888 metros.

67.—Un exceso más notable se observa en el cálculo de las ascensiones que verificaron Mr. Glaisher en 5 de Septiembre de 1862, y Mr. Welsh en Noviembre de no sé qué año, ambos cerca de la ciudad de Lóndres y desde muy pequeña altura sobre el nivel del mar; y la razón de ser mayor el exceso aludido, es porque fué mayor la elevación y mayor por consiguiente la divergencia que debía acusar la fórmula de Mr. Laplace. Respecto de la primera, la temperatura observada al partir el globo, era de 15° Centígrados; la altura mínima del barómetro fué de 165 milímetros; y la que se calculó desde el nivel del mar hasta el punto de la mayor subida, fué de 11000 metros. Tocante á la segunda, la temperatura en el suelo era de 9°6 Centígrados, la altura del mercurio 311 milímetros, y la correspondiente del aire se calculó en 6989 metros. Pues bien, practicando ahora operaciones semejantes á las del párrafo anterior, obtendremos los resultados siguientes:

*En la ascensión de Glaisher.*

$$H = \frac{A+U}{2A} = \frac{1.225603635}{0.00000727} = 16858 \text{ metros.}$$

$$h = 16858 \left( 1 - \frac{\sqrt{165}}{27.568} \right) = 9004 \text{ metros.}$$

Si de 11000 se deducen 9004, resulta una diferencia de 1996 metros. Dividiendo 9004 por 16858, resulta que el atrevido aeronauta subió un cincuenta y cuatro por ciento

de la altura que en la actualidad tenía la atmósfera, es decir, pasó 575 metros más allá de su mitad. El litro de aire, que abajo pesaba 1.2256 gramos, quedó en 0.57, reduciéndose su densidad á un cuarenta y seis por ciento.

*En la ascensión de Welsh.*

$$H = \frac{A+U}{2A} = \frac{1.249003776}{0.000007552} = 16543 \text{ metros.}$$

$$h = 16543 \left( 1 - \frac{\sqrt{311}}{27.568} \right) = 5960 \text{ metros.}$$

Restando esta cantidad de la de 6989 metros que se han calculado por máxima altura en esta ascensión, queda una diferencia de 1029 metros.

68.—Para dar una representación gráfica de la estructura de la atmósfera, he formado un cuadro que se ve á continuación, en el que supongo la altura de aquella en 16000 metros. (Véase la figura 3.) En la primera línea vertical de la derecha se hallan las alturas sucesivas en orden de progresión simple, comenzando desde cero, 2000, 4000, 6000 etc. En las líneas horizontales PR, OS, NT.... están representadas las densidades finales de las capas aéreas, que comenzando desde arriba Q con cero, siguen también una progresión de primer orden, como 2, 4, 6, 8...., cantidades que se pueden comprobar por el crecimiento matemático de los triángulos QPR, QOS, QNT etc. Los paralelogramos AQRB, BRSC, CSTD etc., representan el volumen de las capas; los trapecios AQP, BPOC, COND.... su enrarecimiento; y el triángulo QPR, así como los trapecios PROS, OSNT.... la masa creciente

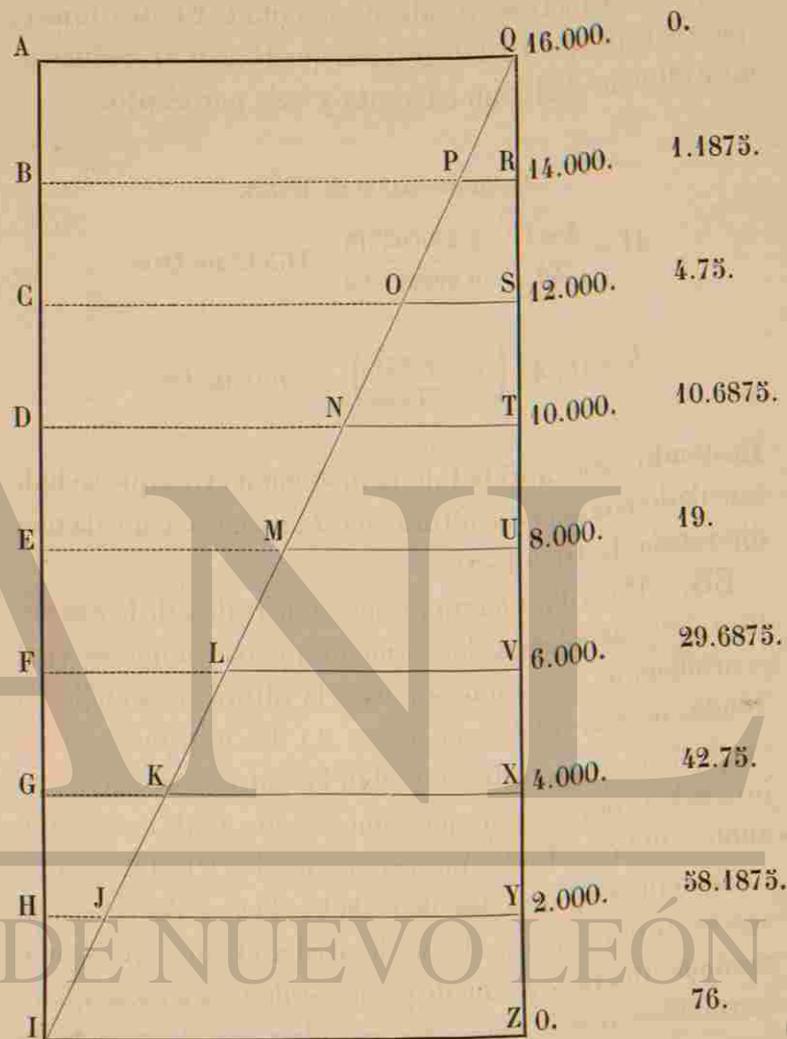
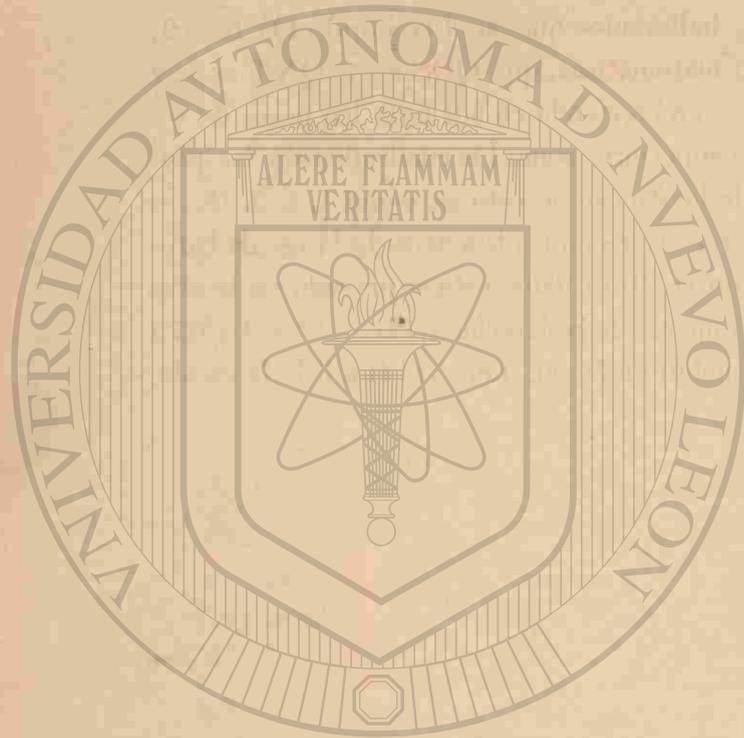


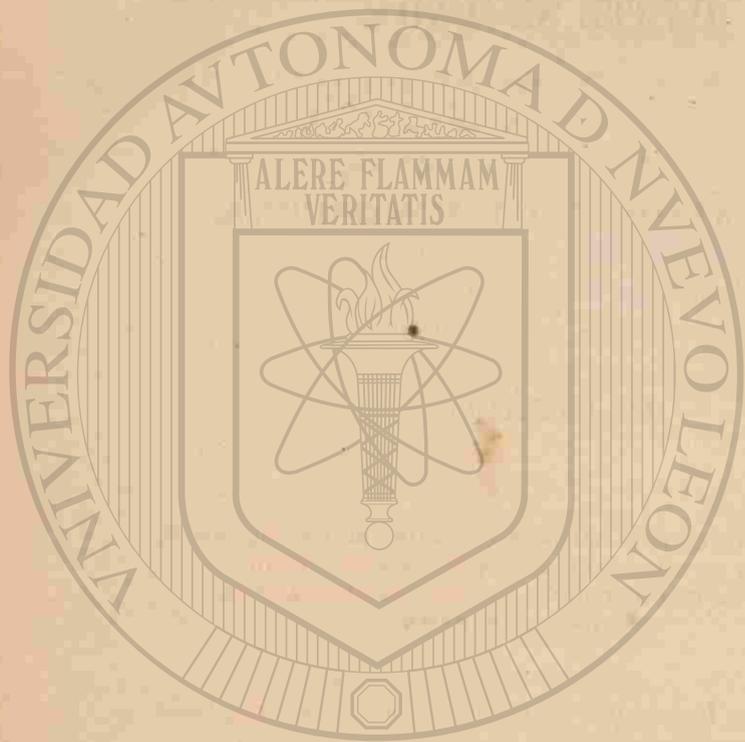
Figura 3.  
Diagrama de la estructura atmosférica, demostrando la densidad y peso del aire con relación á los espacios.

de las mismas, ó lo que yo he llamado su densidad media, en el orden de 1, 3, 5, 7. . . ., pues esta progresión siguen sus áreas. Por último, si sucesivamente vamos sumando estas masas, hallaremos que, si el triángulo QPR es 1, se prueba en matemáticas, que QOS es 4, QNT es 9, y de este modo van creciendo en adelante los pesos de todas las capas superiores como los cuadrados de las profundidades de la atmósfera, esto es, como 1, 4, 9, 16. . . . El peso de estas capas en centímetros de la escala barométrica, según la altura dada, está expresado en la otra columna de números de la derecha 1.1875, 4.75, 10.6875 etc., hasta concluir en 76.00, que es el total de la escala.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## PARTE SEGUNDA.

### DEL CALOR EN LA ATMÓSFERA.

#### CAPÍTULO I.

CONSIDERACIONES PRELIMINARES: CLASIFICACION DEL CALOR:  
TEORIA DE SU DISTRIBUCION EN LA ATMOSFERA:  
SUS LEYES: SU CONFORMIDAD CON LOS FENOMENOS  
TERMICOS: DIAGRAMA.

69.—Las leyes que rigen el calor en las regiones aéreas han sido hasta ahora, como las relativas á la densidad atmosférica, enteramente desconocidas. Datos hay para afirmar de un modo general, que él disminuye gradualmente de abajo para arriba, pero esos datos han sido recogidos sólo hasta cierta altura, y por otra parte revis-ten una variedad tan grande en sus enunciados, que no han servido para deducir experimentalmente las reglas del descenso de la temperatura. Creo yo haberlas descubierto por medio del cálculo y con apoyo de esos mismos datos, pudiendo por ellas explicar satisfactoriamente el estado térmico normal de la atmósfera, *salvas pasaje-*

ras aunque frecuentes perturbaciones, que habían impedido á los físicos lograr la averiguación de dichas reglas.

70.—Debo ante todo hacer la siguiente observación. La cantidad de calor emitida por el sol es sensiblemente la misma para toda la extensión de la columna de aire, puesto que ésta no tiene más que cuatro leguas de elevación, y distando el sol de la tierra treinta y ocho millones, es claro que de 38000000 en la cima á 38000004 al pié de la atmósfera, la diferencia es insignificante, llegando apenas á cosa de un diezmillonésimo de toda la distancia. Y sin embargo de esto, nada hay tan extremo como las temperaturas que se observan desde la superficie del planeta á diferentes puntos de su cubierta gaseosa, siendo tan violenta la rapidez de su disminución, que en dos leguas de altura á que han podido llegar los aeronautas, se han recorrido á veces más de cuarenta grados del Centígrado. De aquí se desprenden á la vez dos consecuencias: que no todo el calor *absoluto* emitido por el sol queda en los aires; y que la temperatura que sentimos, la temperatura perceptible á nuestros sentidos y apreciable por los instrumentos termométricos, á saber, el calor *sensible*, es un fenómeno puramente atmosférico, obedeciendo sus modificaciones á las del aire y viceversa, y viviendo ambos en cierto modo bajo el imperio de las mismas leyes. Estas leyes, que siendo comunes tanto al fluido aéreo como al calorífico, dan un nuevo testimonio de la unidad de las que gobiernan á la naturaleza, son las que voy á explicar en seguida.

71.—En la atmósfera distingo tres manifestaciones del calor sensible. Llamaré á la primera *calor al sol*, y es el que se siente, exponiéndose directamente á la acción de

los rayos de este astro: á la segunda *calor á la sombra*, que es el que comunicado por el sol, pero fuera ya de su acción directa, conserva el aire en virtud de su poder absorbente: á la tercera *calor reversivo*, siendo aquel que, absorbido por el suelo, es devuelto por éste á la atmósfera y al vacío por irradiación. Estas tres especies de calor no son más que el mismo del sol, según la diferente cuantía en que es retenido por el aire, y el modo con que es percibido por nuestros sentidos. Ellas están sujetas á las leyes siguientes, que demostraré, y que son confirmadas por la experiencia.

72.—PRIMERA LEY.—*El calor al sol* crece de la base á la cabeza de la columna aérea como el cuadrado de los espacios.

73.—Los rayos solares, á medida que penetran en el interior de la atmósfera, tropiezan con masas de aire cada vez más densas, entre las cuales dejan una parte de sus partículas caloríferas, de donde se sigue forzosamente que la intensidad de esos rayos debe ir disminuyendo, conforme van aumentando las masas que ellos atraviesan. Ahora bien, como he demostrado anteriormente, que esas masas, contadas á espacios iguales, deben crecer como 1, 3, 5, 7, 9. . . . , es evidente que los rayos caloríficos, ó la temperatura al sol, disminuyen de arriba abajo en la misma proporción, y por lo tanto de abajo para arriba aumentan de la propia manera, esto es, también como 1, 3, 5, 7. . . . .

74.—Esto se patentizará mejor con la siguiente demostración ejemplar: Si suponemos que el sol penetra en la atmósfera con un calor de 12 grados, y que en las capas aéreas, á iguales distancias, como se ha dicho, va

dejando sucesivamente calor como 1, 3, 5, 7. . . . , restando de 12 cada uno de los términos de esta progresión, que expresa el calor que se pierde de arriba abajo, queda otra progresión inversa y de la misma especie, que demuestra el calor solar que va quedando de abajo para arriba, así:

12,	12,	12,	12,	12,	12.
— 1,	3,	5,	7,	9,	11.
11,	9,	7,	5,	3,	1.

75.—Pues bien, como la suma sucesiva de los términos de esa progresión da esta otra 1, 4, 9, 16. . . . , cuyos términos son como el cuadrado de los espacios, luego queda demostrado, que la ley de su crecimiento está en razón de dichos cuadrados.

76.—Esta ley explica satisfactoriamente el fenómeno observado por algunos aeronautas, que á mayores alturas encontraban un *calor al sol* cada vez más fuerte, contrastando con la disminución también progresiva de la temperatura en la sombra. Es cierto que, á pesar de esto, los hielos en las altas montañas desafían la intensidad de los rayos solares sin derretirse, mientras abajo se líquidan con más facilidad, lo cual parecería desmentir la ley sobredicha; pero esto depende de otras circunstancias. El efecto de dichos rayos obedece á la mayor ó menor aptitud que los cuerpos tienen para absorber y guardar el calor, devolviendo el resto por reflexión á los espacios; y los hielos no tienen esa aptitud, sino al contrario, un poder reflector muy grande que no les permite dejarse penetrar de aquellos. El aire ambiente es el que hace los des-

hielos, cuando su temperatura es superior al punto de congelación; pero como ella es constantemente inferior en ciertas alturas atmosféricas, esta es la razón porque allí se observan las nieves perpetuas.

77.—La cantidad de calor absoluto que llega á la superficie de la tierra por entre los intersticios del aire no es conocida, á causa del regreso por reflexión de una parte de los rayos solares al espacio. Pudiera ser averiguada, empleando para medirla algún cuerpo de poder absorbente completo, que no dejase escapar ninguna porción del calor que de aquel astro recibiese. Hecha la adquisición de este dato, y haciendo además algunas observaciones en las alturas con el propio objeto, podría también construirse en términos concretos la progresión térmica del *calor al sol*, deducirse por ella el que hay en la cumbre de la atmósfera, y de éste el que existe en el propio astro, foco incandescente que lo emite á todo el sistema planetario. Algunos aparatos se han inventado, donde se recoge y guarda ese calor en mayor cantidad que la que revela el termómetro, pero ellos no encierran la totalidad, que seguirá huyendo de toda investigación, hasta que, como he dicho, se encuentre un cuerpo de poder absorbente absoluto. Por lo expuesto, los cálculos con que se pretende haber fijado la cantidad del calor solar en centenares y aun miles de grados, me parecen imaginarios, como fundados en datos inseguros.

78.—Hay que advertir, que los que suministra el termómetro, no lo son menos en ciertas circunstancias. A la sombra, donde el instrumento está rodeado de aire con temperatura uniforme por todos lados, sus indicaciones deben ser verídicas. Pero expuesto al sol, dará siempre

temperaturas relativamente más bajas, porque si de un lado recibe los rayos solares, del opuesto no los recibe, se halla á la sombra, y por consiguiente tiene que indicar un término medio entre ambas temperaturas, que no es precisamente la del sol que se busca. Esta causa de error dará resultados más sensibles á mayores altitudes, donde el calor al sol y á la sombra deben ser más divergentes, principalmente si se atiende á que la forma cilíndrica y la tersura del vidrio de que se compone el tubo termométrico, así como el brillo del mercurio en él contenido, dispersan una buena parte de los rayos solares que sobre él caen, la cual, por cierto, no podrá ser acusada por el instrumento.

79.—SEGUNDA LEY.—El calor á la sombra crece, de la cabeza á la base de la columna atmosférica, como el cuadrado de los espacios.

80.—Como se ve, este crecimiento es inverso del que enuncia la ley primera, y al mismo tiempo parece una paradoja, porque habiéndose dicho en el párrafo 73, que la intensidad de los rayos solares disminuye más y más de arriba para abajo al penetrar en la atmósfera, lo cual es muy natural, puesto que capas aéreas cada vez más densas impiden el tránsito á un número cada vez mayor de partículas caloríferas, sin embargo la ley expresada y la experiencia enseñan de consuno, que se siente más calor abajo que arriba, lo cual parece envolver un absurdo.

81.—Pero toda dificultad desaparecerá fijando la atención en que, si efectivamente la atmósfera es penetrada por el sol con una intensidad decreciente, debido á las masas aéreas que atraviesa, en cambio, cuando el aire está á la sombra, y las emisiones solares que lo bañaban no son, por lo mismo, reemplazadas incesantemente por otras, las

partículas caloríferas que no son retenidas por el poder absorbente del fluido, huyen instantáneamente á los espacios por la radiación, escapando con tanta mayor facilidad, cuanto menores son las masas aéreas que puedan impedirselo en el tránsito.

82.—Y como esas masas aéreas que se interponen al paso de abajo para arriba, según ya se ha repetido, disminuyen como . . . . 7, 5, 3, 1, resulta que el calor que en ellas queda, es de arriba abajo como 1, 3, 5, 7. . . . con relación á cada uno de los espacios, ó bien como 1, 4, 9, 16. . . , con relación á los totales; ó lo que es lo mismo, el calor á la sombra aumenta, de la cabeza al pié de toda la columna atmosférica, como el cuadrado de los espacios, que es lo que expresa la ley segunda.

83.—Para comprender mejor lo que acabo de explicar, debe fijarse la atención en la diferencia que hay entre el calor emitido por el sol y que atraviesa por los intersticios de las partículas aéreas, y aquél que éstas absorben y retienen á causa de su afinidad con los átomos caloríferos de aquel astro. El primero tiene que ir menguando al pasar por tamices de aire cada vez más tupidos, habiéndose probado su decrecimiento en varias ascensiones aeronáuticas; y el segundo, que se manifiesta á la sombra, sin intervención directa de los rayos solares, es el que ha quedado retenido por dichas partículas y se revela al contacto de las mismas con nuestros sentidos y nuestros instrumentos termométricos. Y como á ese contacto pueden concurrir capas de aire más ó menos densas, he aquí por qué podemos, en consecuencia, sentir más ó menos calor, explicándose así satisfactoriamente la verdadera causa de la depresión de la temperatura por el

enrarecimiento del expresado gas en las alturas. Esto puede confirmarse, además, con ejemplos de muchísimos fenómenos vulgares análogos, de los cuales citaré sólo algunos bien sencillos. Si de un suelo abrasado por los ardores del sol, recogemos algunos granos de arena y los ponemos en la palma de la mano, de seguro sentiremos menos calor que si en ella arrojásemos un gran puñado que la cubriese completamente, no obstante que todos los granos debían tener la misma temperatura, comunicada por los rayos solares. Y si en alguna parte del cuerpo recibiésemos unas gotas de agua hirviendo, no nos quemaríamos tanto como si allí mismo recibiésemos un grueso chorro, aunque en ambos casos salga el agua del mismo caldero puesto al fuego.

84.—La condensación de los gases no engendra propiamente calor, ni el enrarecimiento frío; sólo producen un cambio en el modo con que el mismo calor es percibido por nuestros sentidos ó señalado por nuestros instrumentos. Puede un volumen de aire aparecer en su dilatación con un descenso relativo de temperatura, y sin embargo conservar la misma cantidad absoluta de calor. Así es que, aun suponiendo las partículas aéreas superiores con el mismo ó mayor grado de temperatura que las inferiores, no obstante esto, aquéllas, más separadas entre sí, deberán acusar un estado térmico relativamente menor.

85.—Corolario es de la ley que nos ocupa, que los espacios deben crecer de arriba abajo como la raíz cuadrada de los grados de calor que en el aire se van desarrollando; porque si á espacios iguales que forman la serie 1, 2, 3, 4, 5...., hay temperatura como 1, 4, 9, 16, 25....,

según la ley referida, es claro que á grados iguales que á su vez forman la serie 1, 2, 3, 4, 5...., los espacios se extenderán entonces como  $\sqrt{1}$ ,  $\sqrt{2}$ ,  $\sqrt{3}$ ,  $\sqrt{4}$ ,  $\sqrt{5}$ ...., ó como 1, 1.41, 1.73, 2, 2.24.... Otra consecuencia se saca, y es, que si el espacio correspondiente al primer grado que se desarrolla dentro de la atmósfera es 1, los demás espacios correspondientes á los demás grados van corriendo como 1.41—1, 1.73—1.41, 2—1.73, 2.24—2...., ó como 1, 0.41, 0.32, 0.27, 0.24.... Esto explica perfectísimamente el fenómeno observado en las ascensiones aerostáticas, que revela una disminución de los espacios de arriba abajo más rápida que el crecimiento de la temperatura, y viceversa, el crecimiento de los primeros de abajo para arriba con mayor celeridad que la disminución de la segunda, como se acaba de ver y se patentizará también con ejemplos más adelante; siendo esta circunstancia una prueba más de que la ley expresada es verdadera, puesto que aparece conforme con ese fenómeno térmico, que hasta hoy había permanecido sin explicación.

86.—Para facilitar la inteligencia de lo que dejo expuesto, he formado el diagrama que se ve á continuación bajo la figura 4, en la que supongo el número de 64 grados de calor, á los cuales corresponde una altura de 16904 metros y una temperatura de más de 15 grados Centígrados en la base: yo, sin embargo, pongo 16°, para hacer más cómoda la demostración. Según se demostrará más adelante, el primer espacio en que se desarrolla el primer grado de arriba, es fijamente de 2113 metros, y él da la norma para el cómputo de los demás espacios y de las temperaturas aéreas. Así vemos en la primera columna de números de la izquierda los espacios, de á 2113 metros

cada uno, al nivel de las líneas salientes del diagrama, los que contados desde la cima, llegan á sumar 16904 en la base; y allí mismo están señalados los correspondientes á los grados de calor que se van desarrollando hácia abajo en la proporción indicada en el párrafo anterior, esto es, 2113, 2988, 3660. . . . , al paso que en la segunda columna se registran los espacios correspondientes al desarrollo de cada grado aisladamente, que son 2113, 875, 672, 566, . . . . . 133. En la primera columna de la derecha se hallan los grados de calor atmosférico del 1 al 64, debiendo fijarse la atención en que en el primer espacio de 2113 cabe 1 grado, en el segundo de aquellos caben 3 de éstos, en el tercero 5, en el cuarto 7, de tal manera que si en el primero cabe 1, como he dicho, en el primero y segundo caben 4, en el primero, segundo y tercero 9. . . . y en todos ellos 64. En la segunda columna del mismo lado están los grados termométricos desde el 16 en la base hasta el — 48 en la cima. A su tiempo se verá la diferencia que hay entre los grados atmosféricos y termométricos, y la manera de hacer la conversión de los unos en los otros.

87.—TERCERA LEY.—El *calor reversivo* es muy irregular, dependiendo de la diversa calidad absorbente y configuración de los suelos, y ejerce muy poco influjo sobre la densidad y temperatura de los aires.

88.—Siendo tan varia la aptitud de los terrenos para recoger calor, es consiguiente la diversidad de temperaturas que debe observarse en el que ellos devuelvan á la atmósfera; y de aquí la irregularidad del de que se trata. Además, una población con numerosos edificios, un terreno muy accidentado, ó circuido de cerros, ó recibiendo los reflejos solares de una pendiente etc., están por esta razón

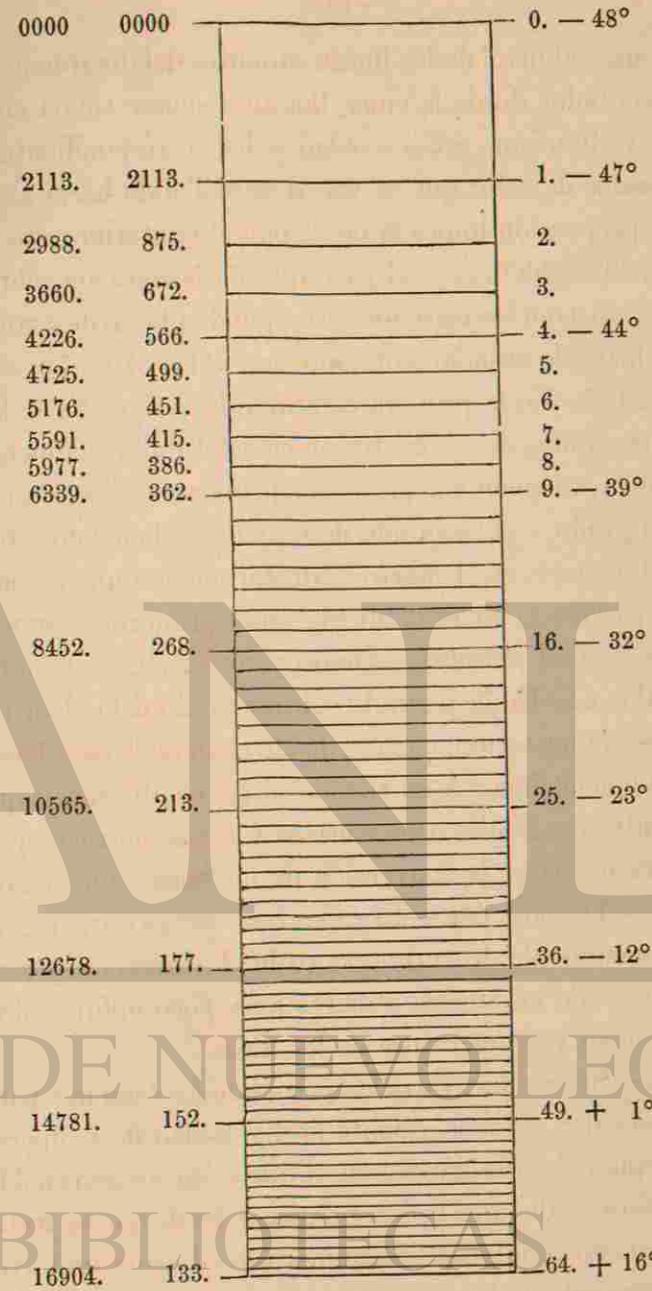


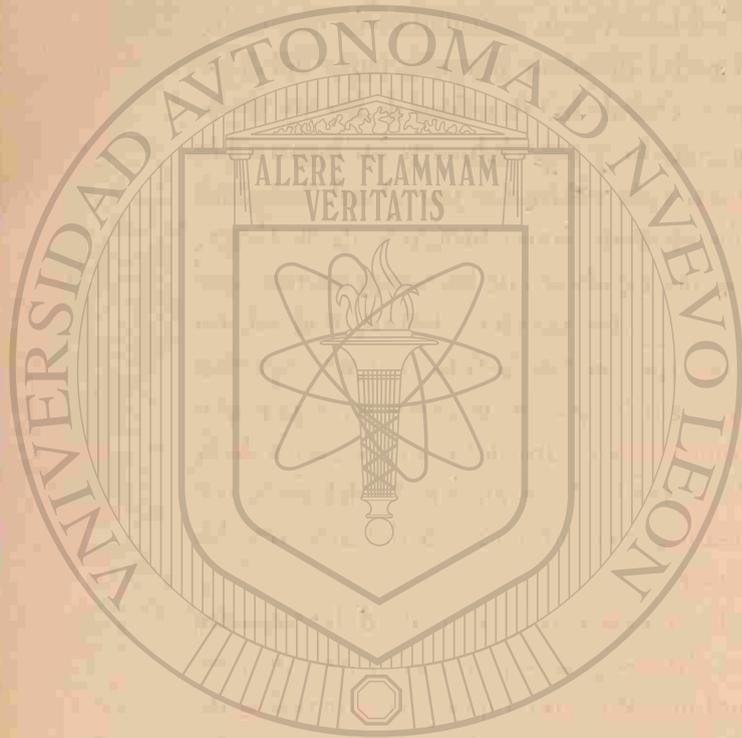
Figura 4.

Diagrama de la estructura atmosférica, demostrando la distribución teórica de la temperatura con relación á los espacios y á las masas de aire.

expuestos á mayores temperaturas, que lugares despejados y en la misma altura.

89.—Mientras la tierra se encuentre ocupada en atraer los rayos que el sol le envíe en cantidad creciente, es indudable que no podrá devolver ninguna parte del calor que almacena; pero cuando la intensidad de los rayos que reciba vaya menguando, y especialmente en lugares á la sombra que hayan sido caldeados por el sol, entonces aparecerá el *calor reversivo* como brotando de la tierra. Esto es un efecto del equilibrio de las temperaturas, que tiende á establecerse entre cuerpos vecinos, y al mismo tiempo explica por qué, según la frase vulgar, *vaporiza* más la tierra en la tarde que en la mañana, y por qué también la máxima temperatura del día se registra de la una á las dos de la tarde, hora en que la del suelo comienza á manifestarse más alta que la del aire, que ha comenzado á decaer.

90.—El efecto de esta especie de calor debe consistir en enrarecer las últimas y más próximas capas de este fluido, con lo cual no sólo interrumpirá la progresión de la densidad atmosférica que crece de arriba para abajo, sino que á veces formará otra inversa de abajo para arriba, que concorra con la primera á muy corta distancia de la superficie terrestre. La línea de concurso es donde el aire debe entonces tener mayor densidad, é imagino que á ella se deban los espejismos que se observan, cuando la tierra recalentada reverbera y dilata dicho fluido. Quizá esta línea de máxima densidad sirva también de explicación al aumento de temperatura que ha solido advertirse á algunas alturas respecto de la del suelo. El *calor reversivo* debe observarse también por sobre las nubes, que por



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL DE

idéntica causa devuelven á los espacios parte del calor que habían absorbido, trastornando allí, del mismo modo, la regularidad de la progresión térmica, y á esto deben atribuirse los antelios y otros fenómenos ópticos, observados por los aeronautas, al remontarse en globo más allá de la región en que ellas se hallan aglomeradas.

91.—Puesto que el *calor reversivo* se observa pocas ocasiones, por corto tiempo, es decir, mientras se restablece el calor normal de la progresión, y hasta muy cortas y variables alturas, se comprende muy bien, que no ha de poder influir gran cosa en la estructura ni en la temperatura regular de la atmósfera, á las cuales sólo pasajera y muy localmente alcanza á perturbar. Se infiere también, que las alturas y los demas elementos de las progresiones atmosféricas no podrán depender de él, supuestos sus cambios irregulares y aun repentinos de uno á otro lugar próximos, sino sólo del calor normal no perturbado.

## CAPÍTULO II.

ORIGEN DEL CALOR ATMOSFERICO: CAUSAS DE CIERTOS CAMBIOS EN LA TEMPERATURA: ESTOS CAMBIOS NO MODIFICAN LAS LEYES DE LAS PROGRESIONES AEREAS: SUS EFECTOS EN LA PROLONGACION DE LAS ALTURAS: VIENTOS: ATMOSFERAS PLANETARIAS.

92.—Cualquiera que sea la realidad en el punto tan discutido sobre el calor central de la tierra, lo cierto es que él no ejerce un influjo sensible desde la superficie del planeta para arriba, donde únicamente el sol da pábulo á las temperaturas atmosféricas. El calor solar obedece á un tiempo á dos circunstancias, que no deben perderse de vista: al aumento ó disminución de los rayos caloríferos que el astro envía á la tierra, y á la mayor ó menor cantidad de masas de aire que dichos rayos tienen que atravesar para calentar una columna aérea. Tanto el *calor al sol*, como el *calor á la sombra*, aumentan á proporción del que el astro rey emite; pero el primero se hace percibir mejor en los cuerpos de mayor poder absorbente de calor, y el segundo en las capas de aire de mayor densidad.

93.—Si el *calor á la sombra* depende, como acabo de indicar, de la fuerza de los rayos solares y de la densidad atmosférica, es evidente que, en cuanto á la primera de dichas causas, los cambios de temperatura podrán venir de la mayor ó menor aproximación de la tierra al sol al

idéntica causa devuelven á los espacios parte del calor que habían absorbido, trastornando allí, del mismo modo, la regularidad de la progresión térmica, y á esto deben atribuirse los antelios y otros fenómenos ópticos, observados por los aeronautas, al remontarse en globo más allá de la región en que ellas se hallan aglomeradas.

91.—Puesto que el *calor reversivo* se observa pocas ocasiones, por corto tiempo, es decir, mientras se restablece el calor normal de la progresión, y hasta muy cortas y variables alturas, se comprende muy bien, que no ha de poder influir gran cosa en la estructura ni en la temperatura regular de la atmósfera, á las cuales sólo pasajera y muy localmente alcanza á perturbar. Se infiere también, que las alturas y los demas elementos de las progresiones atmosféricas no podrán depender de él, supuestos sus cambios irregulares y aun repentinos de uno á otro lugar próximos, sino sólo del calor normal no perturbado.

## CAPÍTULO II.

ORIGEN DEL CALOR ATMOSFERICO: CAUSAS DE CIERTOS CAMBIOS EN LA TEMPERATURA: ESTOS CAMBIOS NO MODIFICAN LAS LEYES DE LAS PROGRESIONES AEREAS: SUS EFECTOS EN LA PROLONGACION DE LAS ALTURAS: VIENTOS: ATMOSFERAS PLANETARIAS.

92.—Cualquiera que sea la realidad en el punto tan discutido sobre el calor central de la tierra, lo cierto es que él no ejerce un influjo sensible desde la superficie del planeta para arriba, donde únicamente el sol da pábulo á las temperaturas atmosféricas. El calor solar obedece á un tiempo á dos circunstancias, que no deben perderse de vista: al aumento ó disminución de los rayos caloríferos que el astro envía á la tierra, y á la mayor ó menor cantidad de masas de aire que dichos rayos tienen que atravesar para calentar una columna aérea. Tanto el *calor al sol*, como el *calor á la sombra*, aumentan á proporción del que el astro rey emite; pero el primero se hace percibir mejor en los cuerpos de mayor poder absorbente de calor, y el segundo en las capas de aire de mayor densidad.

93.—Si el *calor á la sombra* depende, como acabo de indicar, de la fuerza de los rayos solares y de la densidad atmosférica, es evidente que, en cuanto á la primera de dichas causas, los cambios de temperatura podrán venir de la mayor ó menor aproximación de la tierra al sol al

correr en su órbita, de la sucesión de los días y de las noches más ó menos largos, de la rotación cuasi-decenal de las máculas y fáculas solares, y de otras circunstancias que contribuyen á transmitir directamente á nuestro planeta mayor ó menor cantidad de calor. Tocante á la segunda de las causas expresadas, esto es, la densidad atmosférica, puesto que donde quiera que ésta es mayor, bajo la misma emisión solar, aparece mayor la temperatura, es claro que todas las causas que acarrear al aire un cambio en la primera, necesariamente tienen que producirlo también en la segunda.

94.—Y de paso diré, que si el enrarecimiento de un gas va acompañado de un descenso en la temperatura, no hay para qué atribuir la desaparición de calor al *trabajo interior* del gas, como hace cierto autor. Parece que no hay necesidad de acudir al misterio de fuerzas ocultas, cuando hay causas físicas de suficiente congruencia para explicar dicho fenómeno. En el presente caso, la desaparición del calor más es aparente que efectiva: no hay más que expansión de las partículas caloríficas, á medida que se verifica la del aire que las ha absorbido y lleva consigo; y así como este gas, en virtud de su enrarecimiento, pone menos partículas en contacto con las superficies de los cuerpos á que se arrima, así también el calor se hará sentir menos sobre ellas, porque serán en menor número los átomos del fluido ígneo que las afecten. En un sentido inverso puede decirse lo mismo del calor por la compresión.

95.—La primera y más patente manifestación de los cambios de temperatura por la densidad, es la que se observa en las alturas atmosféricas, más cálidas mientras

más densas, aumentando su calidez en razón del cuadrado de los espacios, conforme á la segunda de las leyes establecidas en el capítulo precedente. Y debido á esta condición acontece, como es lógico, que mientras más calor arroje sobre la atmósfera el astro del día, mayor cantidad de él recogerá cada capa, pero en proporción á la medida indicada en dicha ley. Así es que, si abajo aumenta la temperatura un grado, no tendrá igual valor el aumento de la misma en los estratos aéreos superiores, sino cada vez menos; pero en cada estrato y bajo la misma presión los aumentos serán proporcionales á las emisiones solares.

96.—La segunda causa de cambios térmicos es la gravedad que aumenta del ecuador á los polos, y la fuerza centrífuga, que crece á la inversa, de los polos al ecuador. En efecto, como la primera ejerce presión sobre el aire, y la segunda la neutraliza en parte, es inconcuso que aquella debe causar en dicho gas mayor densidad que ésta, á lo que es consiguiente que el aire acusaría mayor temperatura en las tierras polares y menor en las ecuatoriales, si no fuera porque en el primer caso recibe menos, y en el segundo más calor, directamente del sol. Si éste, en idénticas circunstancias, se colocase á los 45 grados de latitud, igualmente distante de las unas que de las otras, no cabe duda que, en tal evento, el aire más denso en el polo se calentaría más, que el menos denso del ecuador.

97.—La tercera de las causas que yo contemplo capaces de producir los cambios referidos, consiste en las atracciones ejercidas por el sol y la luna. Es natural que la presencia de dichos astros sobre una región aérea, especialmente



Suponiendo C el centro de la tierra, O el punto de ésta donde se halla situado el observador, H el cenit y S el punto por donde el sol penetra á la atmósfera, figurada por el cuadrante de círculo FSHGJ, si se tira una recta de C á S, otra de S á B y otra de C á H, tendremos dos triángulos rectángulos: uno, CBO, compuesto del radio terrestre CO, de CB, igual al seno de la latitud del punto de observación y del coseno BO de la misma: y el otro, CBS, en el que el lado CS se compone de CD, igual al radio de la tierra, y de la altura atmosférica DS, igual á HO; el lado BS se compone del coseno de la latitud antes dicho, y del espacio OS, que es el que se busca; y el lado BC es el seno de la latitud ya indicado. Llamando  $l$  á la latitud,  $H$  á la altura de la atmósfera DS,  $A$  á la altura inclinada OS, y  $R$  al radio de la tierra, y por consiguiente  $\frac{R+H}{R} = 1 + \frac{H}{R}$  al lado CS, sentaremos la siguiente ecuación sobre el principio tan universalmente admitido en matemáticas, de que en todo triángulo rectángulo el cuadrado de la hipotenusa es igual á los cuadrados de los catetos ó lados

$$\left(1 + \frac{H}{R}\right)^2 = \text{sen.}^2 l + (\text{cos. } l + A)^2$$

Despejando  $A$ , tendremos

$$A = \sqrt{\left(1 + \frac{H}{R}\right)^2 - \text{sen.}^2 l} - \text{cos. } l. \quad (1)$$

100.—Bien se comprende, que si el observador se hallase en el polo P y el sol entrase por G á la atmósfera, los

rayos solares atravesarían todo el trayecto GP, y como entonces el seno de la latitud es igual á 1 y el coseno importa cero, sería

$$A = \sqrt{\left(1 + \frac{H}{R}\right)^2 - 1} \quad (2)$$

Y si el observador estuviese en el ecuador E, recibiendo el sol por el zenit F, en cuya circunstancia el seno es nulo y el coseno igual á 1, la ecuación quedaría

$$A = \sqrt{\left(1 + \frac{H}{R}\right)^2 - 1} = \frac{H}{R}. \quad (3)$$

101.—Aclaremos el punto con ejemplos. Si la atmósfera en el polo se hallase á  $-16^{\circ}11$  del Centígrado, que es su temperatura media, siendo entonces su altura de 14.600 metros, tendremos el valor de GP en medidas del radio terrestre, que es de 6366513 metros, conforme á la ecuación (2) del párrafo anterior, así:

$$A = \sqrt{\left(1 + \frac{H}{R}\right)^2 - 1} = \sqrt{\left(1 + \frac{14.600}{6366513}\right)^2 - 1} = 0.068557$$

(del radio.

Como en tal suposición la altura de la atmósfera JP, en radios de la tierra, es (3)

$$A = \frac{H}{R} = \frac{14600}{6366513} = 0.002351 \text{ del radio,}$$

si dividimos aquel resultado por éste, hallaremos que en

el caso referido la altura JP en el polo es 29 veces menor que la columna horizontal GP. Haciendo la misma operación comparativa de GP con las alturas atmosféricas EF y SO, en el ecuador y á los 45° de latitud, correspondientes á sus temperaturas medias 27°77 y 11°11, hallaremos que dicha columna horizontal es 24.8 veces más larga que la primera, y 18.6 veces más que la segunda.

102.—Una advertencia hay que dejar consignada, y es que la altura GP y las demás inclinadas al horizonte que siguen el curso de la luz del sol, no son fijas, dependiendo su magnitud de la de las alturas rectas en el punto de observación, como es fácil de reconocer por medio del cálculo.

103.—Sin embargo de lo expuesto, no se entienda que la cantidad de aire atravesada por el sol da en proporción recíproca la medida del calor en la base y en el cuerpo de la columna atmosférica. Si las alturas de las columnas recta y horizontal de un lugar están como 1 á 29, no por esto la relación del calor entre ambas estará como 29 á 1, aunque en lo general puede decirse que mientras en una columna oblicua haya más cantidad de aire interpuesto, se ha de observar en la recta menor temperatura, pero no he podido alcanzar la proporción precisa, y he tenido que renunciar por ahora al empeño de investigarla.

104.—De lo expuesto en la parte precedente de este capítulo resulta, que el peso del aire, decreciendo en las alturas, produce cambios en la densidad del fluido; los produce la atracción terrestre y la fuerza centrífuga, que obran en sentido inverso y según la latitud; no menos los causa la atracción del sol y de la luna, enrareciendo

ó comprimiendo el aire, así como también la oscilación periódica que en él debe efectuarse en cada estación del año á causa del variado movimiento de proyección de la tierra; y no es la menos eficaz para producirlos la oblicuidad con que penetran á la atmósfera los rayos solares, deprimiendo la columna aérea á proporción que dicha oblicuidad sea más pronunciada. Pues bien, si todas esas circunstancias originan cambios en la densidad atmosférica, y los cambios en la densidad producen cambios en la temperatura, y los cambios en la temperatura, ó el estado térmico del aire, son los que me han servido de base para calcular las alturas y los demás elementos de la progresión atmosférica, es claro que en esos cálculos y en las fórmulas por cuyo medio se efectúan, en las que van implícitamente consideradas las predichas circunstancias, no hay necesidad de hacer las correcciones que en éstas se han querido fundar, y que actualmente se acostumbra entre los físicos. Si hay alguna fórmula que necesite corrección, será porque no se funde en principios verdaderos y precisos, que comprendan á la vez los puntos todos del asunto á que ella debe servir de expresión.

105.—Del modo con que se forma el calor en los aires, se infiere también que sus cambios no producen modificación alguna en las condiciones naturales de la progresión aérea. Porque si la temperatura procede de que las masas de aire impiden á los rayos del sol penetrar todos hasta el suelo, y al calor absorbido por el fluido salir todo por irradiación á los espacios; si el calor al sol, por la causa indicada, es de abajo arriba como el cuadrado de los espacios, y también como el cuadrado de los espacios

el calor á la sombra de arriba abajo, es claro que, cualquiera que sea el calor que emita el sol, mucho ó poco, no puede perturbar esas leyes, subsistiendo siempre la progresión térmica, que depende exclusivamente de las densidades aéreas, y subsistiendo también la progresión atmosférica, sin ser trastornada por aquella, porque el efecto no puede modificar la causa.

106.— Solamente una modificación general produce el calor en la atmósfera, pero sin destruir las leyes de su progresión, y consiste en que, dilatándose el aire, las columnas se prolongan, pesan menos por su retiro del centro de la tierra, y pierden por esto el equilibrio con las demás columnas más frías y más bajas, de las cuales toman la masa aérea suficiente para restablecer la igualdad de los pesos, pues esta es una ley ineludible para todos los fluidos. De consiguiente, cuando hay mayor temperatura que la normal en una columna, habrá en ella desde luego la misma masa aérea, aunque menos densa, pero con tendencia á llamar sobre sí mayor ó menor cantidad del fluido vecino, y con más ó menos violencia, según el grado de calor que la haya enrarecido, y la extensión de la comarca en que el desequilibrio se haya efectuado.

107.—A esta circunstancia se debe cabalmente la formación de los vientos, aunque á mi juicio no es el procedimiento como el que se enseña comunmente. Dícese que el aire, fuertemente caldeado en la zona ecuatorial, se eleva en masa hacia las altas regiones de la atmósfera, tomando á cierta altura la dirección de los polos, y que el movimiento ascensional, producido de este modo, provoca una aspiración del aire, colocado en las regiones vecinas, que se dirige á reemplazar al que se eleva. Varias

razones me persuaden, de que el aire no toma ni puede tomar el movimiento ascensional en masa que se le atribuye. La primera, porque en las regiones donde el aire se elevase, el peso de éste ya no se ejercería por entonces en dirección de la gravedad, ni produciría efecto comprimente sobre la columna barométrica, la cual por esta causa debería abatirse totalmente; y sin embargo, este abatimiento apenas se observa en muy corta escala, fenómeno que explicaré más adelante. La segunda, porque si las corrientes horizontales, á veces sumamente fuertes, están destinadas á reemplazar á las ascensionales, éstas deberían tener la misma velocidad que aquellas, lo cual no tiene el más pequeño asomo de exactitud real. El calor que el sol derrama en la atmósfera, no enrarece únicamente la base de las columnas aéreas, sino á todo el cuerpo de las mismas, este es un hecho que no puede desconocerse; y si es así, no puede haber esa succión á que se atribuye el ascenso del aire. El calor reversivo trastornaría algo los estratos contiguos al suelo, pero sus efectos no pueden pasar de alturas muy limitadas, como antes he dicho.

108.—El verdadero procedimiento de la atmósfera en la formación de los vientos, no puede ser otro que el siguiente, que responde á las enunciadas dificultades. Pero ante todo, conviene dejar demostrado, que cuando el aire sube á las regiones superiores, no es por virtud del aumento de calor en las inferiores, como vulgarmente se cree. Si así fuera, el aire estaría animado de un movimiento ascensional constante, porque, por su constitución orgánica, está constantemente más cálido abajo que arriba. Ese aumento de calor es precisamente un *efecto*

de la mayor densidad del gas, y por consiguiente no puede convertirse al mismo tiempo en *causa* de su atenuación y ascenso. Cuando el sol emite más calor, éste se distribuye proporcionalmente en toda la columna aérea y no alcanza á trastornar las progresiones térmica y atmosférica, como demostré en el párrafo 105.

109.—Ahora bien, hiriendo el sol con sus rayos una columna, le comunica su calor en todas las alturas á la vez, y en proporción á sus masas decrecientes; aumentando su temperatura, el gas se dilata en la misma medida; la dilatación causa la elevación, y ésta hace que la cabeza de la columna se aleje algo de la tierra, minorando así el peso de toda ella, disminución que revela el barómetro con el descenso proporcional de algunos centímetros de su escala, que comunmente no pasan de cinco á seis. El enrarecimiento y la disminución del peso rompen el equilibrio, que es una ley natural de todos los fluidos, y en consecuencia los aires vecinos acuden á restablecerlo, penetrando en la columna débil, comprimiéndola y haciéndola desbordarse por la parte superior, donde se forman corrientes inversas á las de abajo; y de aquí viene á su vez un aumento en el peso de la columna, que acusa también el barómetro. A medida que el calor es más fuerte y que ha enrarecido el aire por comarcas más extensas, el viento que se forme será más violento, porque obedeciendo á los impulsos de la gravedad en cualquiera dirección, según otra propiedad de los gases, debida á su elasticidad, al correr de regiones más frías á comarcas donde por el calor se ha vuelto menos denso, tiene tiempo de ir aumentando su velocidad por un trayecto más largo. El viento, corriendo horizontalmente,

obedece á las leyes de la gravedad, como si cayera de arriba en medio de un fluido más ligero.

110.—La atmósfera es propiamente un regulador del calor, que no permite que nos llegue y se nos haga sensible toda la enorme cantidad que el sol nos envía, ni que se escape luego todo el que nos llega. Y por lo que en este respecto pasa en la tierra, podemos conjeturar racionalmente lo que acontece en los demás planetas. Porque si sus atmósferas fuesen de la misma naturaleza que la nuestra, devolverán al espacio más calor, ó lo guardarán menos, aunque estén más próximos al sol, como la de Mercurio, si están más enrarecidas, como deben estarlo, supuesto que se hallan comprimidas por una fuerza de gravedad menor, correspondiente á la menor masa del planeta; y viceversa, guardarán más calor, aunque estén más retiradas del sol, como la de Júpiter, si son más densas, como deben serlo, por ser mayor la masa del planeta, y por lo tanto, su fuerza de gravedad comprime. Y deben ser también factores en esta composición de las temperaturas atmosféricas, lo mismo que en la tierra, no sólo la gravedad según las masas de los planetas, sino la fuerza centrífuga procedente de la velocidad de su rotación diurna, la aptitud de sus terrenos para absorber el calor y sobre todo la altura de sus atmósferas.

### CAPÍTULO III.

PROGRESIONES TERMICAS: ESCALA ATMOSFERICA:  
AVERIGUACION DE LOS ELEMENTOS DE DICHAS PROGRESIONES:  
GRADOS DE CALOR EN LA ATMOSFERA:  
ESPACIO CORRESPONDIENTE AL PRIMER GRADO: ESPACIO  
CORRESPONDIENTE AL ULTIMO: CONVERSION  
DE LA TEMPERATURA ATMOSFERICA EN TERMOMETRICA:  
CASOS PRACTICOS.

111.—He demostrado que el calor del aire aumenta de arriba para abajo como el cuadrado de los espacios, siendo ésta la segunda de las leyes que he dejado establecidas en el capítulo primero de esta segunda parte; y como el peso de la atmósfera, revelado por el barómetro, crece también en la misma proporción y dirección, principio que igualmente dejé fundado en la primera parte, se infiere que el peso y el calor de la atmósfera marchan al mismo compás, formando una progresión semejante. En consecuencia, si los pesos sucesivos de cada capa atmosférica van siendo como 1, 3, 5, 7, 9. . . . , y los totales como 1, 4, 9, 16. . . . , los grados de calor correspondientes á espacios iguales irán creciendo también como 1, 3, 5, 7. . . . ,

y los totales, contando desde el primero de arriba, serán como 1, 4, 9, 16. . . . .

112.—Ahora bien, si los grados de calor vienen creciendo como el cuadrado de los espacios, es evidente que, á la inversa, los espacios crecerán como la raíz cuadrada de los grados de calor; es decir, al primer grado, desarrollado dentro de la atmósfera, corresponderá un espacio como 1; al primero y segundo, un espacio como 1.41; al primero, segundo y tercero, un espacio como 1.73; y por lo tanto á cada uno de ellos aisladamente tocarán espacios sucesivos como 1, 0.41, 0.32, 0.27. . . . , como dejé explicado en los párrafos 13 y 85. Hay, pues, que considerar en el presente caso cuatro progresiones: las dos primeras, que marcan las temperaturas en función de espacios iguales y sucesivos 1, 2, 3. . . . ; y las otras dos, que señalan los espacios en función de los grados también iguales 1, 2, 3, 4. . . . .

113.—Para la mejor inteligencia hay necesidad de advertir, que los grados á que por ahora me refiero, no son termométricos; tienen la misma extensión que los del Centígrado, pero su numeración no arranca de cero en el punto de congelación del agua. Establezco una escala aparte, para el efecto de facilitar los cálculos y hacer más perceptibles mis razonamientos, escala que llamo atmosférica, porque sólo comprende los diversos grados de temperatura desarrollada en ese elemento, comenzando el cero en el linde con el vacío, señalando con 1 el primer grado de calor, formado en el primer espacio de arriba, con 2 el segundo grado, y así sucesivamente. Más adelante determinaré la manera de hacer la conversión de los grados atmosféricos en termométricos.

114.—Pero si bien es verdad que la progresión térmica sigue las mismas leyes que la aérea, sin embargo no tenemos, como en ésta, datos directamente conocidos y suficientes para descubrir todos sus elementos. Sabemos que los términos de esa progresión, ó los grados de calor atmosférico, son como 1, 2, 3, 4 . . . , es decir, sabemos su primer término y su diferencia, pero no podremos por estos únicos datos determinar el último de abajo ni la suma de todos ellos. Ignoramos también el espacio en que se desarrolla el primero y los demás grados de calor, y sólo conocemos ó podemos calcular la suma de los espacios, que forma la altura del aire. En este punto estamos más escasos de noticias, que lo estábamos para reconstruir la progresión aérea. ¿Será preciso, en vista de esto, renunciar á la resolución concreta de este importantísimo problema? No; y á falta de datos directos he procurado obtener el apetecido resultado, aplicando la teoría del calor que tengo explicada, á algunas observaciones hechas en ascensiones aerostáticas adecuadas al objeto.

115.—En algunas de esas ascensiones, verificadas por sabios europeos, se ha tenido cuidado de tomar simultáneamente nota de la temperatura y de la indicación barométrica, tanto al verificarse la partida del suelo, como á ciertas alturas en el aire. De lo poquísimo que en los libros de Física aparece publicado, ó ha llegado á mi conocimiento, acerca de estas anotaciones simultáneas, he aprovechado algo para sentar una base de cálculo, con que proceder á la puntualización de los elementos que trataba de averiguar. Conocida la temperatura en el suelo al nivel del mar, se deduce por las reglas dadas (párrafo 28) la altura de la atmósfera; y conocida por la

observación simultánea del barómetro y del termómetro la altura á que ella se ha hecho, así como la temperatura respectiva, se podrá obtener la totalidad de los grados de calor que hay en la totalidad de la columna atmosférica, aplicando el principio, ya demostrado, de que la temperatura del aire á la sombra crece como el cuadrado de los espacios.

116.—Desarrollemos primeramente este principio, sacando desde luego las fórmulas adecuadas á nuestro propósito. Para esto, llamemos  $T$  al número de grados que hay en toda la columna,  $T'$  á los que hay desde cierta altura para abajo,  $T - T'$  á los que se cuentan desde esa misma altura para arriba,  $H$  á la altura atmosférica, y  $h$  á la correspondiente al número de grados  $T'$ . De conformidad con la expresada ley, podemos sentar la siguiente proposición:

$$(H - h)^2 : H^2 = T - T' : T,$$

de donde sacaremos esta ecuación:

$$T = (T - T') \left( \frac{H}{H - h} \right)^2,$$

y despejando cada una de las letras en ella contenidas, hallaremos

$$T = \frac{T'}{1 - \left(1 - \frac{h}{H}\right)^2} \quad (1)$$

$$T' = T \left(1 - \left(1 - \frac{h}{H}\right)^2\right) \quad (2)$$

$$H = \frac{h}{1 - \sqrt{1 - \frac{T'}{T}}} \quad (3)$$

$$h = H \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{T'}{T}} \right) \quad (4)$$

Nótese que en la ecuación (1) precedente, el segundo miembro consta de términos conocidos por la observación ó por el cálculo, y por consiguiente puede darnos el valor de T, que es el número de grados en la atmósfera.

117.—También es digno de observarse, que en la mitad superior de la columna atmosférica hay la cuarta parte, y en la inferior las tres cuartas partes, del número de grados que hay en toda ella, lo que es conforme con la naturaleza de la progresión térmica, pues si consideramos la altura dividida en dos mitades, y al número de grados contenidos en la de arriba como el primer término de la progresión, es decir, como 1, luego á la inferior debemos suponerla con el valor de 3, siendo, por consiguiente, la suma como 4, y el valor de dichas partes como  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{3}{4}$  del de la progresión completa. En la proporción del párrafo anterior, si suponemos, según la cuestión, H igual á 1, y h con el valor de  $\frac{1}{2}$ , tendremos el mismo resultado con la indicación de las siguientes ecuaciones:

$$T - T' = T (H - h)^2 = T \left( 1 - \frac{1}{2} \right)^2 = \frac{1}{4} T$$

$$T' = T - T (H - h)^2 = T \left( 1 - \frac{1}{4} \right) = \frac{3}{4} T$$

118.—Obtenida la suma de grados T, por un procedimiento semejante se hallará el primer espacio, que llama-

maré a, correspondiente al primer grado de arriba, planteando la siguiente proporción:

$$H^2 : a^2 = T : 1,$$

de donde saldrán las siguientes ecuaciones:

$$a = \frac{H}{\sqrt{T}} \quad (1)$$

$$H = a\sqrt{T} \quad (2)$$

$$T = \left( \frac{H}{a} \right)^2 \quad (3)$$

Este primer espacio en que se desarrolla el primer grado atmosférico, es igual al segundo en que se desarrollan 3, al tercero en que se desarrollan 5, etc. Tiene también de particular, como se evidenciará en los ejemplos siguientes, que es igual en todas las columnas atmosféricas, cualquiera que sea la altura de éstas: a en la progresión térmica es una cantidad fija, como en la aérea lo es S. La suma de esos espacios, ó la altura atmosférica en medidas de a, que yo llamaré K, por lo expuesto anteriormente, es igual á la raíz cuadrada de la temperatura atmosférica, esto es,  $K = \sqrt{T} = \frac{H}{a}$ .

119.—El último espacio contiguo al suelo, igual al primero a, debe contener tanto mayor número de grados, cuanto mayor sea la elevación de la columna aérea. Pero interesa más obtener el espacio, que llamaré b, en que se desarrolla el último grado de calor sobre el nivel del mar, y que bajo el influjo de la ley repetida, puede buscarse por medio de la siguiente proporción:

$$H : b = \sqrt{T} : (\sqrt{T} - \sqrt{T-1}),$$

de donde se sacan las siguientes ecuaciones:

$$b = H \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{T}} \right) \quad (1)$$

$$\frac{1}{1 - \left( 1 - \frac{b}{H} \right)^2} = T \quad (2)$$

$$H = \frac{b}{1 - \sqrt{1 - \frac{1}{T}}} \quad (3)$$

En la misma proporción resulta esta otra igualdad:

$$b = \frac{H}{\sqrt{T}} (\sqrt{T} - \sqrt{T-1}),$$

y como  $\frac{H}{\sqrt{T}}$  es igual á  $a$ , según quedó demostrado en el párrafo 118, sustituyendo, tendremos:

$$b = a (\sqrt{T} - \sqrt{T-1}) \quad (4)$$

Asimismo, á cualquiera altura  $H-h$ , en la que se hayan desarrollado los grados de calor  $T-T'$  contados desde la cúspide de los aires, podremos tener el espacio  $b'$  que allí corresponde, sustituyendo esas letras en la fórmula (1), que saldrá en los términos siguientes:

$$b' = (H-h) \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{T-T'}} \right) \quad (5)$$

120.—La fórmula (1) del párrafo anterior da por espacio para el desarrollo del último grado de calor al ni-

vel del mar una cantidad de metros tanto menor, cuanto mayor es la altura de la atmósfera y la temperatura en su base; y la fórmula (5) proporciona para los demás grados sucesivamente superiores de la misma columna espacios cada vez mayores; circunstancia que, como antes he dicho, explica satisfactoriamente un fenómeno hasta ahora incomprensible, y es el crecimiento rápido de la temperatura á medida que se desciende de las alturas, y la amplitud también rápida de los espacios correspondientes á cada grado, á proporción que se sube, según dejé expresado gráficamente en la figura 4. Esto confirma la teoría del calor que he sentado, y que se hará todavía más patente con las demostraciones ejemplares que pondré más adelante.

121.—Convirtamos ahora los grados astronómicos en termométricos. Como los primeros son la suma de los que se cuentan desde la base solamente hasta la altura requerida, es claro que deben ser iguales á los termométricos de la base y de la altura, restándose si tienen el mismo signo, y sumándose si son de signos opuestos. Así es que, llamando  $t$  á la temperatura termométrica de la base, y  $t'$  á la de la altura, siendo  $T'$ , como he dicho antes, la atmosférica contada desde la base, establezco las siguientes ecuaciones:

$$T' = t - t' \quad (1), \quad t = T' + t' \quad (2), \quad t' = t - T' \quad (3);$$

con la última de las cuales se puede hacer la conversión referida.

122.—Obtenidas las fórmulas que preceden, apliquémoslas á alguno de los casos de ascensiones aerostáticas,

en que se hayan recogido con mayor escrupulosidad los datos termométricos y barométricos requeridos, aunque siempre es de temerse alguna inexactitud, porque el viaje aéreo comienza, culmina y acaba en lugares quizá muy distantes, atravesando columnas atmosféricas que no siempre estarán en idénticas ó parecidas circunstancias. El que en mi entender debe suministrarlos mejores, á reserva de que se hagan experimentos expreso para determinarlos con la precisión posible, es el de Mr. Gay-Lussac, que habiéndose elevado en París poco antes de las diez de la mañana, hora en que no es de creer que el calor reversivo haya podido turbar la indicación regular del termómetro, bajó poco antes de las tres de la tarde, navegando así entre dos horas en que no podían presentarse grandes diferencias de temperatura, y ya se sabe que las diferencias en la altura de las columnas provienen más bien de la temperatura, que de la distancia de las localidades.

123.—En dicha ascensión, habiendo en el suelo un calor de 31° del Centígrado, subió el sabio físico á una altura donde el termómetro marcaba —9°50, lo que daba una suma de 40.50 grados atmosféricos corridos desde el suelo hasta allí; datos que junto con la altura correspondiente, van á prestar base para obtener desde luego el número de grados que existía en la columna. He dicho (párrafo 66), que ésta era de 17797 metros en el momento de la ascensión, y que el globo se elevó á 6128; en consecuencia, la temperatura atmosférica  $T$ , el primer espacio  $a$ , el último  $b$ , la temperatura termométrica  $t'$  en la cima de la columna, y la altura en medidas de  $a$ , son las siguientes:

$$T = \frac{T'}{1 - \left(1 - \frac{h}{H}\right)^2} = \frac{40.50}{1 - \left(1 - \frac{6128}{17797}\right)^2} = 71.0451 \text{ grados at-} \\ \text{(mosféricos.)}$$

$$a = \frac{H}{\sqrt{T}} = \frac{17797}{\sqrt{71.0451}} = 2113 \text{ metros.}$$

$$b = H \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1}{T}}\right) = 17797 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1}{71.0451}}\right) = 126 \\ \text{(metros.)}$$

$$t' = t - T' = 31 - 71.0451 = -40^{\circ}0451.$$

$$K = \frac{H}{a} = \frac{17797}{2113} = 8.42.$$

Si se desea saber el espacio  $b'$  á la mitad de la altura, y la temperatura termométrica que le corresponde, deberá tenerse presente que en ese caso la temperatura  $T'$  debe ser tres cuartas partes de  $T$ , según lo demostrado en el párrafo 117, y que  $\frac{3}{4} 71.0451 = 53.28$ ; así es que las ecuaciones se plantearán de la manera siguiente:

$$b' = (H - h) \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1}{T - T'}}\right) = 8898.5 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1}{17.76}}\right) = \\ \text{(254 metros.)}$$

$$t' = t - T' = 31 - 53.28 = -22^{\circ}28.$$

124.—Si las alturas son como la raíz cuadrada de las temperaturas atmosféricas, los datos que acabamos de obtener pueden servirnos para sacar la temperatura at-

mosférica de la columna aérea en que la termométrica de la base sea igual á cero, la cual á su vez servirá para todos los demás casos en que ocurra hacer la inquisición de datos semejantes. De consiguiente, llamando  $H^\circ$  y  $T^\circ$  respectivamente á la altura y temperatura de esa columna, cuya base tenga un calor como cero del Centígrado, plantearemos la siguiente proporción y sentaremos la ecuación respectiva, con los demás elementos que dedujimos en el ejemplo anterior.

$$H : H^\circ = \sqrt{T} : \sqrt{T^\circ}$$

$$T^\circ = T \left( \frac{H^\circ}{H} \right)^2 = 71.0451 \left( \frac{15978.8}{17797} \right)^2 = 57.27 \text{ grados at-} \\ \text{(mosféricos.)}$$

$$a = \frac{H}{\sqrt{T}} = \frac{15978.8}{\sqrt{71.0451}} = 2113 \text{ metros.}$$

$$b = H \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{T}} \right) = 15978.8 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{71.0451}} \right) = 140 \\ \text{(metros.)}$$

$$t' = t - T' = 0 - 57.27 = -57^\circ 27.$$

$$K = \frac{H}{a} = \frac{15978.8}{2113} = 7.56.$$

$$b' = (H - h) \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{T - T'}} \right) = 7989.4 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{14.32}} \right) = \\ \text{(284 metros.)}$$

$$t' = t - T' = 0 - 42.95 = -42^\circ 95.$$

## CAPÍTULO IV.

OTRAS FORMULAS: AVERIGUACION DE LAS ALTURAS  
CON SOLO LAS INDICACIONES DEL TERMOMETRO  
Y DEL BAROMETRO: ERROR DE LA FORMULA DE MR. LAPLACE  
PARA LA CORRECCION DE LAS ALTURAS  
POR LA TEMPERATURA DEL AIRE.

125.—Conocida está ya la progresión térmica en todos sus elementos: se sabe cuál es su primer término y su diferencia; se puede determinar la suma de los términos, ó el número de grados correspondiente á la columna atmosférica, y el espacio en que se desarrolla cada grado, desde el primero de arriba hasta el último de abajo; y por fin, se puede calcular la temperatura termométrica de las alturas á que no ha podido llegar el hombre, con sólo seguir el desarrollo de la progresión hácia su origen. Pero no está por demás tomar en consideración otras relaciones del calor atmosférico que hasta ahora no se han tenido en cuenta, sentando las fórmulas que de ellas se deducen, además de las que constan en el capítulo precedente, lo que servirá para conocer mejor y en todos sus detalles esta importante materia, que se había conservado completamente fuera de las investigaciones de los físicos.

mosférica de la columna aérea en que la termométrica de la base sea igual á cero, la cual á su vez servirá para todos los demás casos en que ocurra hacer la inquisición de datos semejantes. De consiguiente, llamando  $H^\circ$  y  $T^\circ$  respectivamente á la altura y temperatura de esa columna, cuya base tenga un calor como cero del Centígrado, plantearemos la siguiente proporción y sentaremos la ecuación respectiva, con los demás elementos que dedujimos en el ejemplo anterior.

$$H : H^\circ = \sqrt{T} : \sqrt{T^\circ}$$

$$T^\circ = T \left( \frac{H^\circ}{H} \right)^2 = 71.0451 \left( \frac{15978.8}{17797} \right)^2 = 57.27 \text{ grados at-} \\ \text{(mosféricos.)}$$

$$a = \frac{H}{\sqrt{T}} = \frac{15978.8}{\sqrt{71.0451}} = 2113 \text{ metros.}$$

$$b = H \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{T}} \right) = 15978.8 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{71.0451}} \right) = 140 \\ \text{(metros.)}$$

$$t' = t - T' = 0 - 57.27 = -57^\circ 27.$$

$$K = \frac{H}{a} = \frac{15978.8}{2113} = 7.56.$$

$$b' = (H - h) \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{T - T'}} \right) = 7989.4 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{14.32}} \right) = \\ \text{(284 metros.)}$$

$$t' = t - T' = 0 - 42.95 = -42^\circ 95.$$

## CAPÍTULO IV.

OTRAS FORMULAS: AVERIGUACION DE LAS ALTURAS  
CON SOLO LAS INDICACIONES DEL TERMOMETRO  
Y DEL BAROMETRO: ERROR DE LA FORMULA DE MR. LAPLACE  
PARA LA CORRECCION DE LAS ALTURAS  
POR LA TEMPERATURA DEL AIRE.

125.—Conocida está ya la progresión térmica en todos sus elementos: se sabe cuál es su primer término y su diferencia; se puede determinar la suma de los términos, ó el número de grados correspondiente á la columna atmosférica, y el espacio en que se desarrolla cada grado, desde el primero de arriba hasta el último de abajo; y por fin, se puede calcular la temperatura termométrica de las alturas á que no ha podido llegar el hombre, con sólo seguir el desarrollo de la progresión hácia su origen. Pero no está por demás tomar en consideración otras relaciones del calor atmosférico que hasta ahora no se han tenido en cuenta, sentando las fórmulas que de ellas se deducen, además de las que constan en el capítulo precedente, lo que servirá para conocer mejor y en todos sus detalles esta importante materia, que se había conservado completamente fuera de las investigaciones de los físicos.

126.—En el párrafo 124 dejé planteada la siguiente proporción:

$$H : H^{\circ} = \sqrt{T} : \sqrt{T^{\circ}},$$

en la cual  $H^{\circ}$  es igual á 15978.8 metros, altura de la atmósfera correspondiente á la temperatura de cero del Centígrado en la base, y  $T^{\circ}$  igual á 57.27 grados, temperatura atmosférica desarrollada bajo las mismas circunstancias. Y como estos datos han de servir de punto de partida para inquirir la altura y temperatura de otras columnas, conviene deducir las ecuaciones que de esa proporción se desprenden, y son las siguientes:

$$H = H^{\circ} \sqrt{\frac{T}{T^{\circ}}} = 15978.8 \sqrt{\frac{T}{57.27}} = 2113 \sqrt{T} \quad (1)$$

$$T = T^{\circ} \left( \frac{H}{H^{\circ}} \right)^2 = 57.27 \left( \frac{H}{15978.8} \right)^2 = \frac{H^2}{4458216} \quad (2)$$

127.—Como el aire se dilata ó comprime un 0.003665 de su volumen por cada grado de calor en el Centígrado, al pié de la columna atmosférica, esta circunstancia da una nueva medida para calcular su altura: por este principio, llamando  $D$  á los 272.85 grados de calor absoluto que hay hasta el cero del termómetro expresado, y conservando á  $t$  la significación de calor en la base, tendremos:

$$H = H^{\circ} (1 \pm 0.003665 t) = 15978.8 (1 \pm 0.003665 t) = 58.5623 (D \pm t) \quad (1)$$

$$t = \frac{H}{58.5623} - D \quad (2)$$

128.—Bajo el mismo principio, de que el aire se comprime ó dilata á proporción de la temperatura termométrica  $t$  del suelo, siendo uno mismo el peso de la atmósfera, se establece la siguiente proporción con las ecuaciones respectivas:

$$H^{\circ} : H = D : D \pm t$$

$$H = H^{\circ} \frac{D \pm t}{D} = 15978.8 \left( 1 \pm \frac{t}{D} \right) \quad (1)$$

$$t = D \frac{H}{H^{\circ}} - D = D \left( \frac{H}{15978.8} - 1 \right) \quad (2)$$

129.—Pero si el aire ocupa más ó menos espacio á proporción de la temperatura termométrica del suelo, como acaba de decirse y tantas veces se ha repetido, sin embargo, la temperatura en su desarrollo por la columna atmosférica crece como el cuadrado de los espacios; luego también crece como el cuadrado de la temperatura termométrica del suelo, y de aquí la proporción y ecuaciones siguientes:

$$D^2 : (D \pm t)^2 = T^{\circ} : T$$

$$T = T^{\circ} \left( 1 \pm \frac{t}{D} \right)^2 = 57.27 \left( 1 \pm \frac{t}{D} \right)^2 \quad (1)$$

$$t = D \left( \sqrt{\frac{T}{T^{\circ}}} - 1 \right) = D \left( \sqrt{\frac{T}{7.5676}} - 1 \right) \quad (2)$$

130.—Tanto el calor atmosférico, como el peso del aire, según tengo demostrado, crecen como el cuadrado

de los espacios, luego ambos entre sí se hallan en razón directa. De aquí es que, si llamamos P el peso del aire en el barómetro al nivel del mar, y p al que tenga en cualquiera otro punto superior, se obtendrá la proporción y ecuaciones siguientes:

$$P - p : P = T - T' : T;$$

$$T = \frac{T'P}{1 - \frac{p}{P}} \quad (1); \quad T' = T \left( 1 - \frac{p}{P} \right) \quad (2);$$

$$p = P \left( 1 - \frac{T'}{T} \right) \quad (3).$$

131.—La temperatura atmosférica T crece de arriba para abajo como  $\frac{p}{P}$ ; en consecuencia, lo hará de abajo para arriba como  $1 - \frac{p}{P}$ , expresión algebraica que viene á ser el equivalente de T', que es igual á t - t', según se dijo en el párrafo 121. Así es que, haciendo la debida sustitución, sacaremos:

$$T \left( 1 - \frac{p}{P} \right) = t - t';$$

$$T = \frac{t - t'}{1 - \frac{p}{P}} \quad (1); \quad t = T \left( 1 - \frac{p}{P} \right) + t' \quad (2);$$

$$t' = t - T \left( 1 - \frac{p}{P} \right) \quad (3).$$

132.—Si suponemos la temperatura de 1° absoluto, ó lo que es lo mismo, de -271°85 termométricos en la base de la columna atmosférica, suposición que no cabe

actualmente en los hechos posibles, pero sirve para los cálculos, hallaremos que la altura del aire y la temperatura atmosférica son, en el origen de su desarrollo, lo que indican como resultado las ecuaciones número (1) de los párrafos 128 y 129, en los términos siguientes:

$$H = 15.978.8 \left( 1 - \frac{271.85}{272.85} \right) = 58.5623 \text{ metros.}$$

$$T = 57.27 \left( 1 - \frac{271.85}{272.85} \right)^2 = 0.00077.$$

Ahora, tomando estos resultados como principio del desarrollo de la altura y temperatura atmosféricas, y recordando que la primera crece como la raíz cuadrada de la segunda, y ésta como el cuadrado de la temperatura de la base de la columna, sentaremos también las siguientes ecuaciones:

$$H = 58.5623 \sqrt{\frac{T}{0.00077}} \quad (1); \quad T = 0.00077 (D + t)^2 \quad (2);$$

de donde sacaremos estas otras:

$$T = 0.00077 \left( \frac{H}{58.56} \right)^2 \quad (3); \quad t = \frac{\sqrt{T}}{0.027749} - D \quad (4).$$

133.—He dicho que las alturas de la atmósfera son proporcionales á la temperatura del suelo al nivel del mar; de donde se infiere que partes alicuotas de aquellas guardarán también con ésta la misma proporción: en consecuencia, podremos decir;

$$H^{\circ} \left(1 - \sqrt{\frac{p}{P}}\right) : H \left(1 - \sqrt{\frac{p}{P}}\right) = D : D \pm t.$$

Y como  $H \left(1 - \sqrt{\frac{p}{P}}\right)$  es la altura que antes he denominado  $h$ , tendremos las siguientes ecuaciones:

$$h = H^{\circ} \left(1 - \sqrt{\frac{p}{P}}\right) \left(\frac{D \pm t}{D}\right) = 15978.8 \left(1 - \sqrt{\frac{p}{P}}\right) \left(1 \pm \frac{t}{D}\right),$$

$$t = \frac{Dh}{H^{\circ} \left(1 - \sqrt{\frac{p}{P}}\right)} - D = D \left(\frac{h}{15978.8 \left(1 - \sqrt{\frac{p}{P}}\right)} - 1\right).$$

134.—Así como las alturas totales de la atmósfera son proporcionales á las raíces cuadradas de sus temperaturas atmosféricas, según he demostrado ántes, del mismo modo cualesquiera distancias verticales, tomadas en cualquiera parte de la columna aérea, deben ser proporcionales á las raíces cuadradas de las temperaturas ó número de grados de calor que se desarrollan dentro de esas distancias ó espacios. Con el objeto de plantear la proporción respectiva, voy á determinar algebraicamente sus términos, y para esto llamaré, como ántes,  $P$  al peso total del aire, según la indicación barométrica, que es de 760 milímetros,  $P'$  al que da el barómetro en el punto de observación inferior,  $P''$  al de la estación superior,  $t'$  á la temperatura que señala el termómetro donde el barómetro indica  $P'$ , y  $t''$  donde indica  $P''$ , siendo  $H^{\circ}$  y  $T^{\circ}$  los que ya he dicho en otro lugar (párrafo 124), y  $Z$  la distancia vertical ó diferencia de nivel que se busca.

135.—En la columna  $H^{\circ}$  y en la estación de más abajo, la temperatura, que sigue la progresión de los pesos del aire, debe ser  $T^{\circ} \frac{P'}{P}$ , y en la estación de más arriba  $T^{\circ} \frac{P''}{P}$ ; luego entre una y otra estación se comprende un número de grados igual á  $T^{\circ} \frac{P' - P''}{P}$ . En la misma columna  $H^{\circ}$  que, lo mismo que todas las alturas, crece de arriba para abajo como la raíz cuadrada de los pesos atmosféricos, la distancia de la estación inferior á su origen arriba es  $H^{\circ} \sqrt{\frac{P'}{P}}$ , y la de la superior es  $H^{\circ} \sqrt{\frac{P''}{P}}$ ; por lo

cual la distancia entre ambas será  $H^{\circ} \left(\sqrt{\frac{P'}{P}} - \sqrt{\frac{P''}{P}}\right) = H^{\circ} \frac{\sqrt{P'} - \sqrt{P''}}{\sqrt{P}}$ . En cualquiera otra columna hay á los extremos de la distancia  $Z$  los grados  $t'$  y  $t''$ , que se sacan por la observación, siendo  $t' - t''$  el número que media entre ellos. Pues bien, siendo que las alturas ó sus partes alicuotas son como las raíces cuadradas de las temperaturas ó del número de grados que en ellas se comprenden, formaremos la siguiente proporción:

$$\sqrt{T^{\circ} \frac{P' - P''}{P}} : \sqrt{t' - t''} = H^{\circ} \frac{\sqrt{P'} - \sqrt{P''}}{\sqrt{P}} : Z.$$

Formando la ecuación respectiva y despejando á  $Z$ , sacaremos

$$Z = \sqrt{t' - t''} \frac{H^{\circ} (\sqrt{P'} - \sqrt{P''})}{\sqrt{T^{\circ} (P' - P'')}}.$$

y puesto que  $H^\circ$  y  $T^\circ$  son cantidades conocidas, y que  $a$  es igual á 2113, reduciendo hallaremos

$$Z = a\sqrt{t' - t''} \frac{\sqrt{P' - P''}}{\sqrt{P' - P''}} \quad (1).$$

136.—Con esta fórmula y con sólo las indicaciones simultáneas del termómetro y del barómetro en dos puntos de observación situados verticalmente, se puede medir la distancia que entre ellos existe, sin necesidad de tomar en cuenta otros datos, pues en ella se han considerado ya los que pudieran modificar el volumen del aire, según demostré en el párrafo 104. Y como dicha fórmula toma los datos relativos á la temperatura á distancias elevadas, fuera del alcance de las irregularidades producidas en la progresión atmosférica por el calor reversivo de la tierra, se halla menos expuesta á errores que la que los tomase en la superficie de ésta, y mucho menos también, aunque por otro motivo, que la de Mr. Laplace, á que me referí en los párrafos 57 y siguientes, y de la cual voy á ocuparme de nuevo, para discutir la corrección que le hace, á fin de acomodarla á los cambios que en la altura produce el calor, así como la fuerza de gravedad según la latitud. La fórmula indicada es

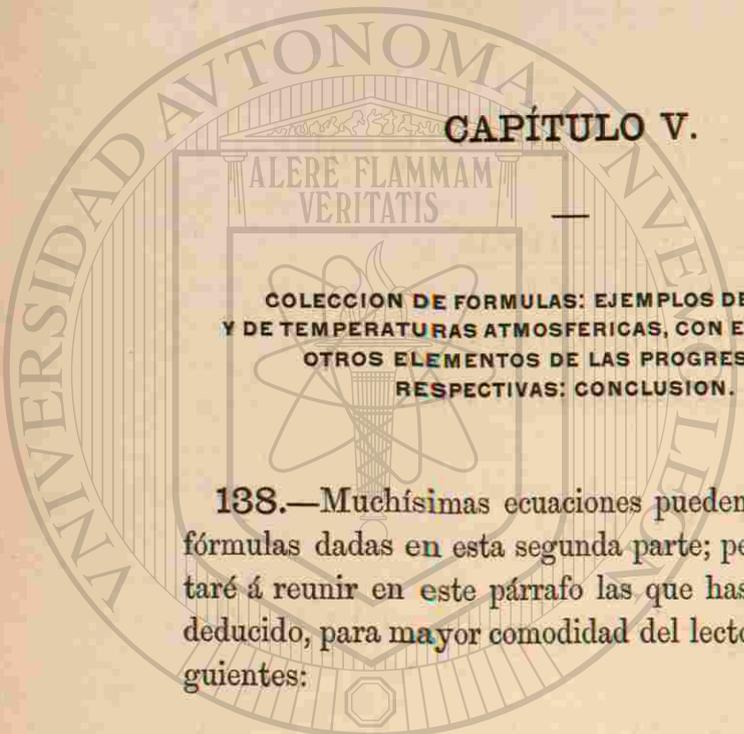
$$Z = 18336 \log. \frac{H}{h} (1 + 0.002837 \cos. 2l.) \left(1 + \frac{T+t}{545.70}\right),$$

en la cual  $Z$  designa la distancia vertical entre dos lugares cuya diferencia de nivel se busca;  $H$  representa la altura del barómetro en la estación inferior, y  $h$  la de la superior;  $T$  y  $t$  son las temperaturas del aire correspondientes á cada punto de observación, y  $l$  es la latitud.

137.—Ya antes he dicho (párrafo 57 y siguientes), cuán errónea es la parte principal de esa fórmula

$$Z = 18336 \log. \frac{H}{h};$$

y en otro lugar (párrafo 29) he indicado también, que las diferencias de la gravedad según la latitud se resuelven en cambio de temperatura, que es el dato concreto que sirve de base á mi fórmula. Por esto deberé ahora ocuparme solamente de examinar si la corrección que se pretende hacer con aquella otra parte  $\left(1 + \frac{T+t}{545.7}\right)$  se apoya en buenos principios físicos, lo que me anticipo á expresar en sentido negativo. Basta, para calificarla de inexacta por esta otra causa, con advertir que esa corrección supone el crecimiento de la altura proporcional á la temperatura, y que es aditiva ó sustractiva, según que la temperatura suba ó baje del cero termométrico. Pero ya he demostrado científicamente, demostración que resulta de entera conformidad con repetidas observaciones hechas en globos aerostáticos, que los espacios correspondientes á cada grado de calor, lejos de aumentar uniformemente, crecen más y más, á medida que se alejan de la superficie de la tierra, y este crecimiento acelerado de los espacios no puede ir de acuerdo con la temperatura, que cabalmente disminuye más en las alturas. Pero aun suponiendo dicha corrección bien establecida con total arreglo á las leyes físicas, ella sería innecesaria en mi fórmula, una vez que ésta se ha calculado de entera conformidad con dichas leyes.



CAPÍTULO V.

138.—Muchísimas ecuaciones pueden sacarse de las fórmulas dadas en esta segunda parte; pero yo me limitaré á reunir en este párrafo las que hasta aquí se han deducido, para mayor comodidad del lector, y son las siguientes:

$$H = \frac{h}{1 - \sqrt{1 - \frac{T}{T'}}} = a\sqrt{T} = \frac{b}{1 - \sqrt{1 - \frac{1}{T}}} = 58.5623 (D+t) = 15978.8 \left(1 \pm \frac{t}{D}\right)$$

$$T = \frac{T'}{1 - \left(1 - \frac{h}{H}\right)^2} = \left(\frac{H}{a}\right)^2 = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{b}{H}\right)^2} = \frac{H^2}{4458216} = \left(57.27 \left(1 \pm \frac{t}{D}\right)\right)^2 = \frac{T'}{1 - \frac{p}{P}} = \frac{t-t'}{1 - \frac{p}{P}}$$

$$T' = T \left(1 - \left(1 - \frac{h}{H}\right)^2\right) = t - t' = T \left(1 - \frac{p}{P}\right)$$

$$K = \sqrt{T} = \frac{H}{a}$$

$$h = H \left(1 - \sqrt{1 - \frac{T}{T'}}\right) = 15978.8 \left(1 - \frac{p}{P}\right) \left(1 \pm \frac{t}{D}\right)$$

$$a = \frac{H}{\sqrt{T}} = \frac{b}{\sqrt{T} - \sqrt{T-1}} = \frac{58.56 (D+t)}{\sqrt{T}}$$

$$b = H \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1}{T}}\right) = a \left(\sqrt{T} - \sqrt{T-1}\right)$$

$$b' = (H-h) \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1}{T-T'}}\right)$$

$$t = T' + t' = \frac{H}{58.5623} - D = D \left(\frac{H}{15978.8} - 1\right) = D \left(\frac{\sqrt{T}}{7.5676} - 1\right) = \left(T \left(1 - \frac{p}{P}\right) + t'\right) = D \left(\frac{h}{15978.8 \left(1 - \frac{\sqrt{p}}{27.568}\right)} - 1\right)$$

$$t' = t - T' = t - T \left(1 - \frac{p}{P}\right)$$

$$Z = a\sqrt{t' - t''} \frac{\sqrt{P'} - \sqrt{P''}}{\sqrt{P' - P''}}$$

139.—Para concluir, y á fin de que se vea con claridad el orden que guardan los elementos de la progresión aérea en diferentes alturas y temperaturas, voy á poner

algunos ejemplos, comenzando por el caso en que el calor del suelo, al nivel del mar, sea de un grado absoluto; siendo entonces puramente imaginarios los espacios correspondientes al primero y al último grado de la escala atmosférica, pues resultan de mayor magnitud que la columna total.

$$H = 15978.8 (1 + 0.003665 \times -271^{\circ}85) = 58.5623 \text{ metros.}$$

$$T = 57.27 \left(1 - \frac{271.85}{272.85}\right)^2 = 0.00077 \text{ de grado atmosférico.}$$

$$t' = t - T = -271^{\circ}85 - 0.00077 = -271^{\circ}85077, \text{ primer grado termométrico dentro del aire.}$$

$$a = \frac{H}{\sqrt{T}} = \frac{58.5623}{\sqrt{0.00077}} = 2113 \text{ metros, primer espacio en que se desarrollaría el primer grado de calor.}$$

En el supuesto de que me ocupo, es curioso saber, que un litro de aire al nivel del mar pesaría (párrafo 21)

$$U = \frac{352.795}{272.85 + t} = \frac{352.795}{272.85 - 271.85} = 352.80 \text{ gramos} = \frac{2}{3} \text{ libra}$$

mexicana, poco más de una tercera parte del peso específico del agua.

140.—Siendo la temperatura del suelo  $-236^{\circ}81$ , coincidirían los espacios correspondientes al primero y al último grado de calor en la atmósfera con la altura de ésta, siendo de notar que el desarrollo de la temperatura en la misma sería de un solo grado.

$$H = 58.5623 (D - 236.81) = 2113 \text{ metros.}$$

$$T = 57.27 \left(1 - \frac{236^{\circ}81}{272.85}\right)^2 = 1 \text{ grado atmosférico.}$$

$$t' = t - T = -236^{\circ}81 - 1 = -237^{\circ}81, \text{ primer grado termométrico superior.}$$

$$a = \frac{H}{\sqrt{T}} = \frac{2113}{\sqrt{1}} = 2113 \text{ metros.}$$

$$b = H \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1}{T}}\right) = 2113 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1}{1}}\right) = 2113 \text{ metros, último espacio.}$$

141.—Se dice que la temperatura mínima que se ha observado en la tierra es de  $-56^{\circ}$  Fahrenheit =  $-48^{\circ}$  del Centígrado: en tal caso tendremos:

$$H = 58.5623 (272.85 - 48.8) = 13121 \text{ metros.}$$

$$T = \left(\frac{H}{a}\right)^2 = \left(\frac{13121}{2113}\right)^2 = 38.56 \text{ grados atmosféricos.}$$

$$t' = t - T = -48.8 - 38.56 = -87^{\circ}36.$$

$$a = 2113, \text{ primer espacio siempre igual.}$$

$$b = 13121 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1}{38.56}}\right) = 172 \text{ metros.}$$

$$b' \text{ (á media altura)} = (H - b) \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1}{T - T'}}\right) = \left(6560.5 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1}{9.64}}\right)\right)^* = 384 \text{ metros.}$$

\* Siendo, en la mitad de la altura,  $T' = \frac{1}{2} T$  (párrafo 117), se sigue que  $T - T'$  será igual á  $\frac{1}{2} T = \frac{1}{2} 38.56 = 19.28$ ; y de esta misma manera debe calcularse en los demás ejemplos.

142.— Siendo cero la temperatura de la base, sacaremos

$$H = 58.5623 (D \pm 0) = 15978.8 \text{ metros.}$$

$$T = \left(\frac{H}{a}\right)^2 = \left(\frac{15978.8}{2113}\right)^2 = 57.27.$$

$$t' = t - T = 0 - 57.27 = -57.27.$$

$$a = 2113 \text{ metros.}$$

$$b = 15978.8 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1}{57.27}}\right) = 140.70 \text{ metros.}$$

$$b' \text{ (á mitad de altura)} = 7989.8 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1}{14.32}}\right) = 284.$$

143.— En la ascensión de Mr. Welsh, con 9°6 del Centígrado en el suelo,

$$H = 58.5623 (272.85 + 9.6) = 16543 \text{ metros.}$$

$$T = \left(\frac{H}{a}\right)^2 = \left(\frac{16543}{2113}\right)^2 = 61.29.$$

$$t' = t - T = 9.6 - 61.29 = -51.69.$$

$$a = 2113.$$

$$b = 16543 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1}{61.29}}\right) = 136 \text{ metros.}$$

$$b' \text{ (á media altura)} = 8271 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1}{15.32}}\right) = 275 \text{ metros.}$$

144.— En la ascensión de Mr. Glaisher, con 15° Centígrados en el suelo, aunque es de presumir que fuese una temperatura algo irregular, por haberse tomado de la una á las dos de la tarde, en que hay fuertes reflejos de la tierra.

$$H = 16858 \text{ metros.}$$

$$T = \left(\frac{16858}{2113}\right)^2 = 63.65.$$

$$t' = 15 - 63.65 = -48.65.$$

$$b = 16858 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1}{63.65}}\right) = 133 \text{ metros.}$$

$$b' \text{ (á media altura)} = 8429 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1}{15.91}}\right) = 271.$$

145.— En la ascensión de Mr. Gay-Lussac, con 31° Centígrados en el suelo.

$$H = 17797 \text{ metros.}$$

$$T = 71.0451.$$

$$t' = -40.0451.$$

$$a = 2113 \text{ metros.}$$

$$b = 125 \text{ metros.}$$

$$b' \text{ (á mitad de altura)} = 254 \text{ metros.}$$

146.— Se dice que el mayor grado de calor que se ha experimentado, es de 117° Fahr. = 47.22 Centígrados; en tal caso tendremos el siguiente estado atmosférico:

$$H = 58.5623 (272.85 + 47.22) = 18744 \text{ metros.}$$

$$T = \left( \frac{18744}{2113} \right)^2 = 78.68.$$

$$t' = 47.22 - 78.68 = -31^{\circ}46.$$

$$b = 18744 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{78.68}} \right) = 119 \text{ metros.}$$

$$b' \text{ (á media altura)} = 9372 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{19.67}} \right) = 241 \text{ metros.}$$

147.—Imposible es, que en las actuales condiciones físicas del globo, llegue la temperatura del suelo (al nivel del mar), á  $+272^{\circ}85$ , que es el doble de la que hay desde el cero absoluto al cero termométrico; sin embargo, voy á mostrar el estado que guardaría la atmósfera en tal caso, para acabar de dar una idea de la constitución atmosférica.

$$H = 58.5623 (272.85 + 272.85) = 31958 \text{ metros.}$$

$$T = \left( \frac{31958}{2113} \right)^2 = 228.62.$$

$$t' = 272.85 - 228.62 = +44^{\circ}.$$

$$b = 31958 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{228.62}} \right) = 70 \text{ metros.}$$

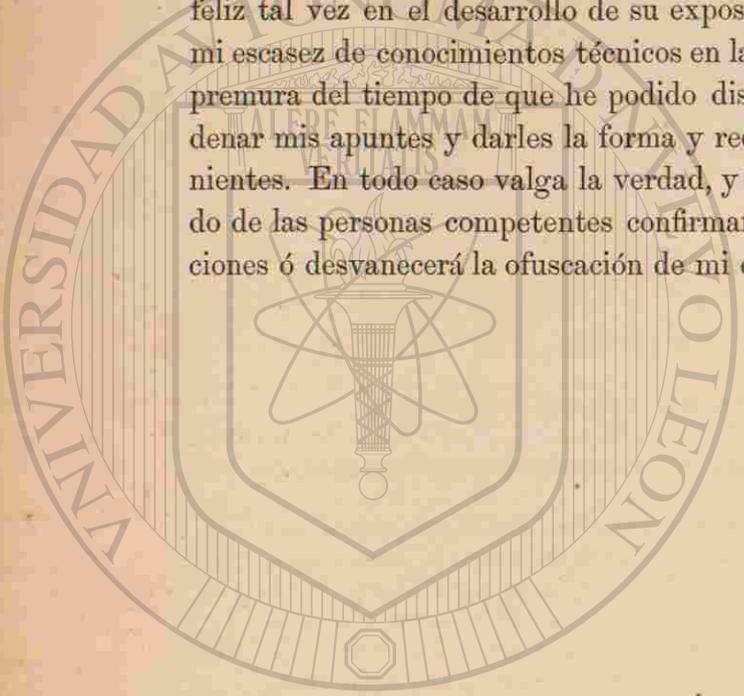
$$b' \text{ (á mitad de altura)} = 15978.8 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{57.16}} \right) = 14070.$$

148.—La temperatura mínima observada en la tierra es de  $-48^{\circ}8$  del Centígrado; por consiguiente es la más

fría bajo la cual hayan podido hacerse experimentos en el aire. Tomando un término medio entre la amplitud del espacio que bajo dicha temperatura comprende el último grado de calor en el suelo, y la del que corresponde á un grado en la mitad de la altura, que es casi el máximo de elevación á que se ha llegado, esto es, tomando el término medio entre 172 y 384, resultarán 278 metros. Si en la temperatura máxima que se ha observado en la tierra, y es de  $47^{\circ}22$ , tomamos el término medio entre el último espacio, que es 119, y el que corresponde á los 2000 metros de altura, que supongo la menor á que se hayan hecho los experimentos relativos, y es de 135, resultarán 127 metros. Ahora bien, entre 278 y 127 que resultan de mis fórmulas como términos medios, oscilan y caben perfectamente los espacios sacados también por término medio de las observaciones hechas en diferentes lugares, elevaciones y temperaturas, pues se dice que en la Siberia Occidental se han obtenido 247 metros y en el Mediterráneo 129 en el verano. Es decir, los resultados en ambos casos son semejantes, lo que me suministra otra prueba más, de que la teoría que he desenvuelto en esta obra es exacta, va de conformidad con las experiencias, y lejos de pugnar con los hechos observados en la naturaleza, los explica en todos sus varios accidentes.

149.—He terminado por ahora mi tarea, y me atrevo á creer que dejo resuelto el problema que me propuse, sentando las bases ó puntos generales de la Constitución de la Atmósfera. Sólo mis convicciones, alentadas por el atractivo de un estudio, que de inducción en inducción se iba presentando á mi espíritu con esplendente claridad y belleza, han podido animarme á dar publicidad á este

trabajo científico, de la que hubiera prescindido al asaltarme el más pequeño asomo de duda. Sin embargo de eso, yo concibo muy bien, que puedo hallarme preocupado con mis teorías, y aun desconfío de no haber sido feliz tal vez en el desarrollo de su exposición, debido á mi escasez de conocimientos técnicos en la materia y á la premura del tiempo de que he podido disponer para ordenar mis apuntes y darles la forma y redacción convenientes. En todo caso valga la verdad, y el voto razonado de las personas competentes confirmará mis apreciaciones ó desvanecerá la ofuscación de mi entendimiento.



## ÍNDICE.

	PÁGINAS.
INTRODUCCIÓN.....	I

### PRIMERA PARTE.

#### DE LA ESTRUCTURA DE LA ATMOSFERA.

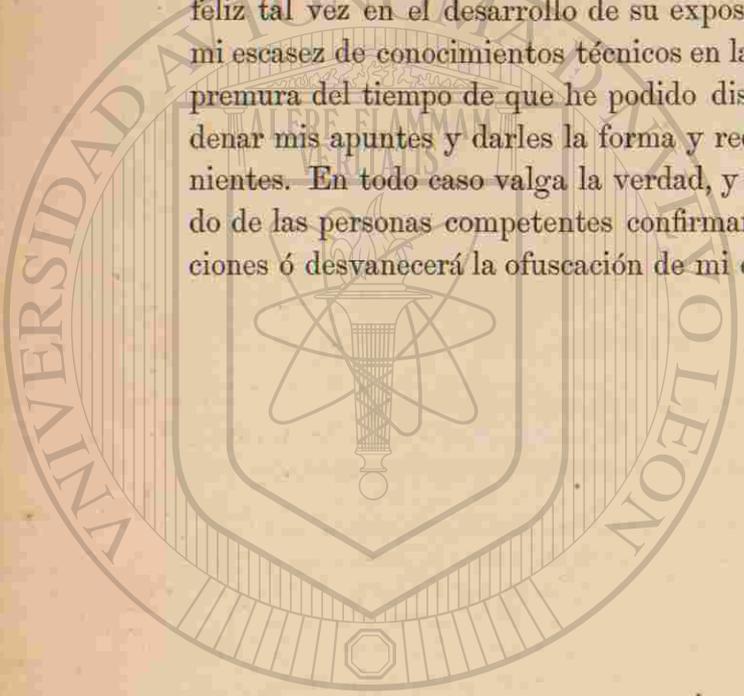
CAPÍTULO I.—Naturaleza de la progresión atmosférica: Indicación de sus elementos .....	5
CAPÍTULO II.—Elementos de las progresiones atmosféricas que hasta ahora han podido calcularse: El último de sus términos y su suma.....	14
CAPÍTULO III.—Averiguación del primer término, de la diferencia y del número de términos de la progresión atmosférica: Alturas de la atmósfera en diferentes temperaturas: Comprobación.....	21
CAPÍTULO IV.—Divergencia de pareceres acerca de las alturas atmosféricas: Opinión sobre la atmósfera superior hidrogénica: Desarrollo de las demás progresiones aéreas: Leyes y fórmulas: Aplicaciones prácticas..	34
CAPÍTULO V.—Diferencia entre la densidad y el peso de la atmósfera: Fórmula errónea de Mr. Laplace para calcular alturas: Ejemplos de algunas de éstas exageradas Diagrama de las progresiones atmosféricas.	45

### PARTE SEGUNDA.

#### DEL CALOR EN LA ATMOSFERA.

CAPÍTULO I.—Consideraciones preliminares: Clasificación del calor: Teoría de su distribución en la atmósfera: Sus leyes: Su conformidad con los fenómenos térmicos: Diagrama.....	59
---	----

trabajo científico, de la que hubiera prescindido al asaltarme el más pequeño asomo de duda. Sin embargo de eso, yo concibo muy bien, que puedo hallarme preocupado con mis teorías, y aun desconfío de no haber sido feliz tal vez en el desarrollo de su exposición, debido á mi escasez de conocimientos técnicos en la materia y á la premura del tiempo de que he podido disponer para ordenar mis apuntes y darles la forma y redacción convenientes. En todo caso valga la verdad, y el voto razonado de las personas competentes confirmará mis apreciaciones ó desvanecerá la ofuscación de mi entendimiento.



## ÍNDICE.

	PÁGINAS.
INTRODUCCIÓN.....	I

### PRIMERA PARTE.

#### DE LA ESTRUCTURA DE LA ATMOSFERA.

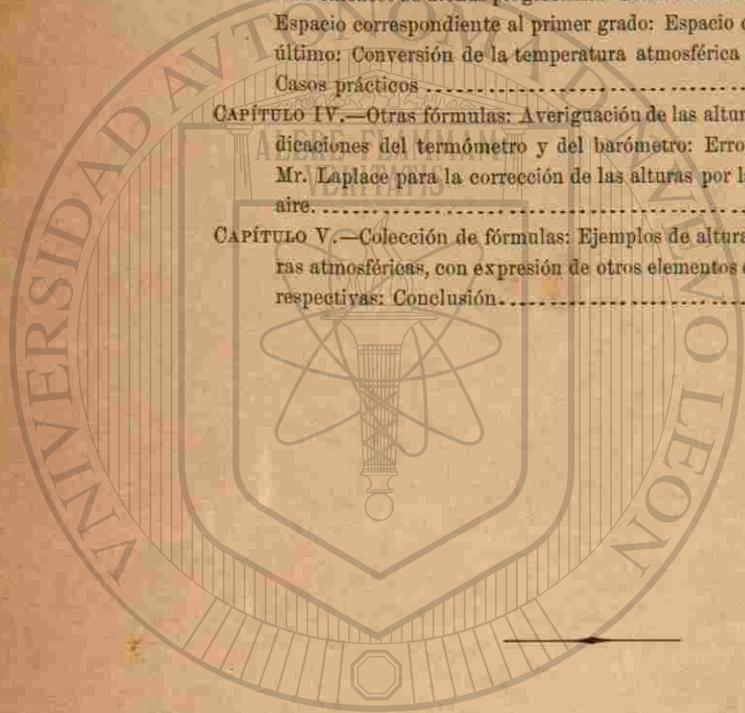
CAPÍTULO I.—Naturaleza de la progresión atmosférica: Indicación de sus elementos .....	5
CAPÍTULO II.—Elementos de las progresiones atmosféricas que hasta ahora han podido calcularse: El último de sus términos y su suma.....	14
CAPÍTULO III.—Averiguación del primer término, de la diferencia y del número de términos de la progresión atmosférica: Alturas de la atmósfera en diferentes temperaturas: Comprobación.....	21
CAPÍTULO IV.—Divergencia de pareceres acerca de las alturas atmosféricas: Opinión sobre la atmósfera superior hidrogénica: Desarrollo de las demás progresiones aéreas: Leyes y fórmulas: Aplicaciones prácticas..	34
CAPÍTULO V.—Diferencia entre la densidad y el peso de la atmósfera: Fórmula errónea de Mr. Laplace para calcular alturas: Ejemplos de algunas de éstas exageradas Diagrama de las progresiones atmosféricas.	45

### PARTE SEGUNDA.

#### DEL CALOR EN LA ATMOSFERA.

CAPÍTULO I.—Consideraciones preliminares: Clasificación del calor: Teoría de su distribución en la atmósfera: Sus leyes: Su conformidad con los fenómenos térmicos: Diagrama.....	59
---	----

CAPÍTULO II.—Origen del calor atmosférico: Causas de ciertos cambios en la temperatura: Estos cambios no modifican las leyes de las progresiones aéreas: Sus efectos en la prolongación de las alturas: Vientos: Atmósferas planetarias .....	73
CAPÍTULO III.—Progresiones térmicas: Escala atmosférica: Averiguación de los elementos de dichas progresiones: Grados de calor en la atmósfera: Espacio correspondiente al primer grado: Espacio correspondiente al último: Conversión de la temperatura atmosférica en termométrica: Casos prácticos .....	86
CAPÍTULO IV.—Otras fórmulas: Averiguación de las alturas con solo las indicaciones del termómetro y del barómetro: Error de la fórmula de Mr. Laplace para la corrección de las alturas por la temperatura del aire .....	97
CAPÍTULO V.—Colección de fórmulas: Ejemplos de alturas y de temperaturas atmosféricas, con expresión de otros elementos de las progresiones respectivas: Conclusión .....	106



U A N L

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

BIBLIOTECA GENERAL DE BIBLIOTECA

Small white rectangular label on the spine of the book.