

LA NATURALEZA

CIENCIAS É INDUSTRIAS

REVISTA GENERAL DE CONOCIMIENTOS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICOS

DIRECTOR

D. JOSÉ CASAS BARBOSA



REDACTOR JEFE

D. R. BECERRO DE BENGOA

SEÑORES REDACTORES Y COLABORADORES

Alvarez Palacios. — Alvarez (D. Julio). — Alvarez Sereix. — Alzola y Minondo.
Alvar González. — Banús y Comas. — Berlanga (D. F.) — Bourcoud. — Bonet. — Caballero.
Cáceres. — Capdevila y Pujol. — Castro Pulido. — Crusat. — Crespo y Lema. — Chacón. — Echegaray.
Escriche. — Estelat. — Galcerán. — García de la Cruz. — García Llorca. — Gil (D. Vicente).
Gómez Vidal. — Gómez Arias (D. F.) — Lacaci. — Ferrán. — Marín. — Merino. — Mier.
Muñoz del Castillo. — Pérez Santano. — Pérez de Vargas. — Riera (D. Emilio).
Rojas. — Rodríguez Mourelo. — Ruiz Castizo. — Sánchez Lozano.
Suárez Saavedra. — Vincenti.

TOMO VII

MADRID

ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO DE LA VIUDA É HIJOS DE M. TELLO

IMPRESOR DE CÁMARA DE S. M.

Carrera de San Francisco, 4

1896

EL BÓLIDO DE MADRID

RÉPLICA

D. José Echegaray me ha honrado con una rectificación que, aun no siendo justificada, yo aceptaría gustoso, si los errores que me atribuye fueran de esos á que se encuentra expuesto todo el que dilucida cuestiones tan difíciles y resbaladizas como son las que se refieren á fenómenos que en las altas regiones de la atmósfera se verifican. Pero suponer en puridad, cualesquiera que sean las corteses frases con que exprese su pensamiento, que ignoro ó he olvidado que la aceleración impresa por la Tierra á los cuerpos existentes fuera de ella, es la misma que si toda la masa del Globo estuviera concentrada en su centro, y presumir que no recuerdo el valor de dicha aceleración, igual para todos los objetos, grandes ó pequeños, es dar por sentado lo que yo, por mucha que sea mi modestia, no puedo dejar que pase en silencio, y menos cuando entiendo que de mis escritos ninguna de esas imputaciones puede rectamente deducirse.

Si el Sr. Echegaray los hubiese leído despacio, ni me habría creído tan desmemoriado, ni me hubiera atribuído frases que, seguramente sin intención, han sido cambiadas en parte y en parte mutiladas. Yo no he dicho «que no es posible que ninguna estrella errante ni bólido alguno penetre en la atmósfera terrestre, sin que deje de obedecer á quien (la Tierra), con una masa inmensamente mayor que la suya y á tan corta distancia imperiosamente *llama los cuerpos hacia sí;*» yo he sostenido y sostengo que el señor Echegaray «no calculó *la velocidad que sería precisa para que una vez el proyectil dentro de la esfera de acción de la Tierra, casi rozando á ésta y disminuyendo por momentos su fuerza,* proporcionalmente á la densidad del aire, á la superficie con la cual la oprime y al cuadrado de la velocidad que lleva cuando taladrará rapidísimamente la atmósfera, deje de obedecer á quien con una masa inmensamente mayor que la suya y á tan corta distancia imperiosamente *lo llama,*» con lo cual evidentemente expresé el pensamiento de que dejaría de obedecerla, aunque imperiosamente lo llamara, *si no disminuyese por momentos su fuerza,* que, como se sabe, es función de su velocidad. Hay, pues, en los párrafos preinsertos dos diferencias esenciales: es la primera, que en el que el Sr. Echegaray me atribuye, no se menciona la disminución de fuerza y, por consiguiente, de velocidad que el cuerpo errante experimenta por efecto de su paso al través de la atmósfera, y con-

siste la segunda en que lo que yo afirmé del bólido, dicho señor lo amplía á *todo cuerpo*, sea el que quiera, aunque, por lo tanto, no se mueva ó se mueva fuera de la atmósfera, cosas que, como luego veremos, no producen precisamente los mismos efectos.

Jamás he creído que la atracción terrestre sea enorme, aunque haya afirmado *en verdad* que su masa es inmensamente mayor que la del bólido; y si esto escribí, fué sólo para expresar con esas palabras algo semejante á la idea vertida por el Sr. Echegaray cuando en su artículo dijo que el bólido «vino á nosotros, que nosotros no hubiéramos podido ir á él,» dando, según parece, á entender, que como estas atracciones se ejercen en razón directa de las masas, la de la Tierra, que es inmensa respecto á la del bólido, prepondera y vence á la de éste, aunque claro está que al expresarse así, prescindió por un instante del movimiento de traslación del Globo que habitamos. Pero añadí que la distancia á la Tierra era pequeña, y ésta es otra ilusión mía, según el Sr. Echegaray; de suerte que yo, que piso la Tierra, ¿no estoy cerca de ella porque me separan de su centro «muchos miles de kilómetros?» (seis miles); ¿el bólido no está cerca por la misma causa? (los mismos miles). Pues aquí sí que confieso mi error; error invencible, ya que nadie me convencerá de que estoy lejos. Una cosa es que cuantos objetos gravitan hacia la Tierra lo hagan *como si toda la masa de ésta estuviera condensada en su centro*, y otra muy distinta que esos objetos se encuentren cerca ó lejos de aquélla; y al afirmar yo que los que se mueven en el seno de la atmósfera están cerca de la Tierra, no hice más que expresar lo que, en mi concepto, es una verdad que creí evidente, pues cerca y muy cerca están si se comparan sus distancias con las de otros cuerpos que, como el Sol, la Luna y los planetas, también sufren la acción atractiva de aquélla.

Por lo demás, las palabras *cerca, lejos, enorme y poderoso*, son expresiones que forzosamente han de emplearse en toda ciencia, sea la que se quiera, para indicar relaciones que *por el momento* no hace falta determinar completamente, y máxime en la teoría de los bólidos, que de derecho pertenece á la Física del Globo, la cual *no es una ciencia exacta*, como cree el Sr. Echegaray, pues las verdades que la integran versan sobre cosas contingentes, y además, ni aquéllas se deducen *a priori* las unas de las otras, ni podemos descubrirlas por la sola virtualidad de nuestra inteligencia, especulando sobre un principio ó un reducido número de principios generalísimos por lo abstractos.

De todas maneras, en el caso actual no hay incon-

veniente en reducir el problema á fórmulas y números, y, desde luego, el Sr. Echegaray enuncia y concreta perfectamente la cuestión al afirmar que si los bólidos ó las estrellas errantes «cortan oblicuamente á la atmósfera, entrarán y saldrán» de ella: yo había dicho lo contrario, entendiendo dirigir mi negativa á esas autoridades de respeto á que dicho señor se refiere, en alguna de las cuales me parecía haber leído, en una forma menos pintoresca que la del símil por él empleado, esa misma afirmación, y añadí que no la hubiera hecho si hubiese calculado la velocidad para ello necesaria. El Sr. Echegaray confiesa que, efectivamente, no la ha calculado; y aquí hubiéramos concluido, si no añadiera que no la calculó «porque está calculada y consta en todos los tratados de Mecánica y en algunos de Ciencia popular.» Yo le ruego me dispense si le digo que no lo está, ni consta semejante cosa, pues prescindiendo (y es mucho prescindir) de que *calcular no es formular*, la relación $v^2 - \frac{2m}{r} = 0$ que me recuerda (y que es una de

las tres que se obtienen estudiando el movimiento de un punto material sometido á la acción de una fuerza que, dirigida hacia un centro fijo, varía en razón inversa del cuadrado de la distancia á dicho centro) servirá para el cálculo de la velocidad parabólica en el vacío, y, por lo tanto, podrá darnos la velocidad con que llega el bólido á la atmósfera; pero nunca nos dirá si esta velocidad es la precisa para vencer la resistencia que le oponga el aire que ha de atravesar. El problema es más complicado de lo que el señor Echegaray, en un momento de distracción, ha creído, y los elementos para resolverlo analíticamente, hay que ir á buscarlos á los tratados especiales; de otra manera, resulta una verdadera petición de principio, porque á mi afirmación de que la velocidad con que el móvil llega á la atmósfera (y que yo daba por averiguada) no es la conveniente para que pueda cortarla oblicuamente, se contesta dando la fórmula que permite calcular dicha velocidad de llegada, sin pasar más adelante en el razonamiento.

Y aquí, planteada ya la cuestión en su verdadero terreno, pudiera dar por terminada mi réplica; pero como no veo inconveniente en exponer algunos de los datos que me indujeron á resolver aquélla en sentido negativo, ahí van para que los juzgue el señor Echegaray.

Desde luego, bastaría para experimentalmente decidir el litigio, la observación de que el bólido del 10 de Febrero cortó la atmósfera oblicuamente, como siempre acontece, y no salió de ella, siendo precisamente dicha oblicuidad uno de los caracteres típicos más

notables de esta clase de meteoros en la casi totalidad de caídas observadas, *cualquiera que haya sido la altura*; pero ya que el Sr. Echegaray desea fórmulas y números, le recordaré que el célebre Schiaparelli, la primera autoridad en este linaje de estudios, valiéndose del análisis matemático, demostró de una manera tan rigurosa como elegante en la serie 2.^a, volumen I, fascículo 1.^o de las *Rendiconti del Reale Istituto lombardo di Scienze e Lettere*, que un bólido que venga á la Tierra con caída vertical y con una velocidad inicial de 72 kilómetros, pierde los $\frac{8}{9}$ de ella

en uno ó dos segundos, al llegar al lugar de la atmósfera donde la presión es de 7^{mm}, 58; y que si marcha en dirección inclinada de 80 grados respecto á la vertical, tiene su velocidad reducida desde los 72 kilómetros á 8 kilómetros, apenas ha tocado á la región donde el barómetro señalaría 1^{mm}, 30.

Ahora bien: esa pérdida tan grande que en su velocidad y, por lo tanto, en su potencia viva experimenta el bólido desde el primer instante, pérdida que irá aumentando en los sucesivos, ¿no demuestra ya á inteligencias superiores, como la del Sr. Echegaray, que la densidad mínima de las altas regiones, y en general de las primeras capas atmosféricas, no puede nunca desprejarse, porque, en contrario de lo que él cree, ofrece una resistencia enorme, *cualquiera que sea la oblicuidad* con que el bólido las atraviese?

Vale, pues, decir, en contrario de lo que él afirma y sin que por hoy me crea obligado á insistir, «que la velocidad que traía el cuerpecillo errante disminuirá por la resistencia del aire y que casi se anulará al cabo,» ya penetre normalmente, ya en dirección oblicua corte las altas regiones de la atmósfera en que la densidad es mínima.

Presumo que el Sr. Echegaray estará ya convencido de que jamás pensé que la atracción de la Tierra sea poderosísima, aunque la creo bastante fuerte para retenernos perdurablemente aprisionados á nosotros y á los objetos que nos rodean, sin que de esta sujeción puedan librarlos las máquinas más poderosas; de que la densidad de las altas regiones de la atmósfera es, aunque mínima, la suficiente para oponer resistencias considerables á los bólidos que las atraviesan; de que ni en los tratados de Mecánica ni menos en los de Ciencia popular consta calculada la velocidad necesaria, y de que esos cuerpecillos errantes, *cualquiera que sea la oblicuidad con que lleguen*, no pueden cortar á la atmósfera, «entrando por un lado y saliendo por otro sin caer.»

Yo, por mi parte, sí quedo convencido, porque siempre lo estuve, de que sus artículos de ciencia popu-

lar, como todo lo que escribe, merecen por su fondo y por su forma las alabanzas de las personas ilustradas; y si en un punto concreto y secundario me he permitido señalar una omisión, no he tratado con ello de poner en duda el mérito de las producciones del Sr. Echegaray, que siempre leo con gusto y en ocasiones admiro con p'acer.

JOSÉ DE CASTRO PULIDO.