

Una pareja dispareja: Eratóstenes y Colón



C. H. Wörner

Programa de Magister en Didáctica de las Ciencias Experimentales, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Av. Brasil 2950, Valparaíso 2340025, Chile.

E-mail: carlos.worner@pucv.cl

(Recibido el 26 de enero de 2017, aceptado el 4 de enero de 2018)

Resumen

Se estudian dos hechos científicos que significativamente cambiaron la faz de nuestro mundo. Se describen los aportes de Eratóstenes y Cristóbal Colón a la demostración que la tierra es redonda y cómo éstos se unen en un proceso epistemológico que conduce a la formulación de una ley de la naturaleza. Se agregan comentarios didácticos que pueden ser útiles en la práctica pedagógica.

Palabras clave: Eratóstenes; Cristóbal Colón; esfericidad de la tierra.

Abstract

Two scientific events that significantly changed the face of our world are studied. They are the contribution of Eratosthenes and Columbus to the discovery of the earth roundness. They come together in an epistemological process leading to the formulation of a law of nature, as described. Didactical comments added, show that they can be usefully used in teaching practices.

Keywords: Eratosthenes, Christopher Columbus, earth roundness.

PACS: 01.40.-d; 01.40.E-; 01.65.+g

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Una nota reciente de Zavrel [1] refuerza una idea -que no es nueva- pero algunas veces se nos olvida: “motivar a los estudiantes no es un lujo opcional que se puede realizar cuando nos sobra el tiempo”. De una manera más formal, esa es también la formulación de Ausubel [2, 3] que en su proyecto de aprendizaje señala la importancia de los *advance organizers* como primera etapa para fundar un aprendizaje significativo. Estos “organizadores previos” –que mejor podríamos llamar “ejemplos motivadores”- pueden ser de muchas tipos: recrear experiencias previas de los estudiantes, presentar casos a discutir, mostrar aspectos históricos, etc. Por otra parte, uno de los psicopedagogos más notables en enfatizar el lenguaje y el entorno sociocultural como promotores del aprendizaje fue Vygotsky [4-6]. En su exploración del lenguaje y del conocimiento (que, en su formulación, debe entenderse como un proceso interrelacionado) hay que destacar la importancia del relato. Aparte de los diálogos “internos”, aparece otra intervención que es producida o inducida desde fuera. Separadamente del entorno familiar y social, que produce la interacción, está el espacio donde se desarrolla la acción pedagógica del profesor. Intervención a través del mencionado relato, que permite co-ayudar a la realización del proceso (auto) cognitivo.

En ese ánimo pedagógico, presentamos esta nota. Así, en este trabajo se resaltan los aspectos históricos, interdisciplinarios y los procesos epistemológicos que llevan a la formulación de una ley de la naturaleza. También las consecuencias prácticas del conocimiento científico, su

influencia en la construcción del mundo contemporáneo y algunos de los errores, excursos o digresiones que se aparecen en el camino de la construcción de una ley de la naturaleza.

El ejemplo que se toma está inserto en la historia de la cultura: Eratóstenes (276-194 a.C) y Colón (1436/1451-1506) son dos personajes históricos, con oficios diferentes, cuyas vidas están separadas por muchos cientos de años. En su obra, los une un tema común, la redondez de la tierra. Y los dos -sin saberlo- plantearon una teoría y un experimento para comprobarla.

En esta nota pretendemos discutir los aspectos que los unen y los separan, la historia de ambos (algo de “petite histoire”), sus consecuencias epistemológicas y algunas acciones didácticas para la enseñanza de la ciencia.

II. LA HIPÓTESIS DE ERATÓSTENES

El “experimento” de Eratóstenes ha sido discutido con largueza en la literatura didáctica [7, 8, 9, 10] y no profundizaremos más en él ya que pertenece al acervo pedagógico universal. Se menciona hoy en la enseñanza de la geografía, la matemática, la astronomía y la física (a lo menos). ¡Tamaño tributo a Eratóstenes! Baste con decir que él determinó el perímetro de la tierra usando el tamaño de la sombra solar en Alejandría y Siena (Egipto) en el solsticio de verano.

Suele decirse que desde antiguo, en el mundo griego, “se

sabía” que la tierra era esférica¹. Los datos de los eclipses lunares proyectando círculos, la visibilidad de navíos en el horizonte y las posiciones estelares, eran los argumentos que se citan como precursores de la idea. Sin lugar a dudas, también la idea de perfección geométrica y la forma de la luna contribuían a este convencimiento.

Ciertamente estos hechos – digamos cualitativamente empíricos- fueron reforzados por la genial determinación del perímetro terrestre por Eratóstenes, con una precisión que aún asombra a sus comentaristas.

Considerando el sobresaliente desarrollo del pensamiento griego, no es de extrañar que este conocimiento fluyese hacia la Europa pre-renacentista e influyese en saberes prácticos como el arte de la navegación y la astronomía.

Hay que hacer notar que, desde el punto de vista epistemológico, este conocimiento precolombino no representa una expresión de ley de la naturaleza sino que debe entenderse como una hipótesis o conjetura que deberá ser demostrada. Y su verdad, debe mostrarse con un experimento. Como dice Galileo, las leyes de la naturaleza están escritas en el gran libro que se llama la naturaleza y están disponibles para el que sea capaz de leerlas. Una hipótesis también congruente con la medición de Eratóstenes, fue comunicada por el mismo Colón: la tierra tiene forma de pera (Fig.1).

El primer intento de hacer el experimento fue la travesía de Colón que condujo al descubrimiento de América.

Un último comentario antes de seguir con el tema de esta nota. El hecho que la tierra sea esférica es un hecho científico y –subrayo- tiene aplicaciones prácticas. No hay ninguna razón para la practicidad de la ciencia: es simplemente un hecho empírico. Así, las aplicaciones tecnológicas de la ciencia las observamos todos los días y a toda hora. No nos detendremos en este importante punto para no desviarnos del propósito principal de este escrito.

III. EL EXPERIMENTO DE CRISTÓBAL COLÓN

No nos engañemos. Las expediciones de Colón, como las que desarrollaron las potencias marítimas europeas de los siglos XVI y siguientes, tienen fines político-estratégicos y comerciales. El descubrimiento de América se puede considerar así, una muestra de serendipia². Sin embargo, estos viajes se fundaron en hipótesis científicas y de ellos se obtienen también conclusiones científicas.

Por el contrario, Jordan [12] exagera al expresarlo de la manera siguiente:

El viaje de Colón no fue el viaje de un aventurero sino una auténtica experiencia científica, emprendida para

¹ En este trabajo usaremos la palabra “esfera” como sinónimo de “geoide”.

² En palabras de Umberto Eco [11] “Un excelente ejemplo de esto está dado por Colón, quién -creyendo que podría llegar a las Indias navegando hacia el Este- realmente descubrió América, cosa que no trataba de descubrir”.

demostrar una teoría que en su época parecía todavía sumamente increíble: la antigua teoría de Eratóstenes.

Esta opinión de Jordan no coincide con un análisis más exhaustivo de las motivaciones para el viaje de Colón, y no es compartida por este autor. Sin embargo, ilustra un punto muy importante: ciencia e historia están interrelacionadas y este hecho –poco relevado en las prácticas didácticas- tiene consecuencias para las enseñanzas. La relación didáctica entre enseñanza de las ciencias y la historia, que usaremos en este trabajo, está ampliamente discutida en la literatura [13] y las referencias que ahí se citan. Se han tocado también en trabajos anteriores [14, 15].

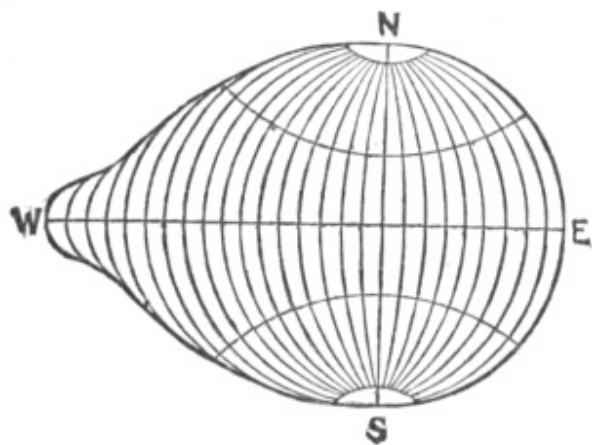
Desde luego, está suficientemente probado que los cálculos de Colón no coinciden con los previos de Eratóstenes respecto del perímetro de la tierra que hoy se consideran notablemente cercanos al valor aceptado contemporáneamente. Colón suponía que el perímetro terrestre era de 30.000 Km [16] cuando es de aproximadamente 40.000 Km pero anunciado por la posterior Ilustración y la Revolución Francesa.

También es del caso mencionar que la conocida frase “Colón demostró la esfericidad de la tierra” no es una aseveración correcta, simplemente porque no circunvaló la esfera terrestre. De hecho, el viaje de Colón entre las Islas Canarias y Santo Domingo fue de unos 6.000 Km, el tramo que recorrió sin escalas.

Comencemos con una descripción del mismo Colón en su correspondencia con los reyes de Castilla y León [17]:

Yo siempre creí que la Tierra era esférica; las autoridades y las experiencias de Ptolomeo y todos los demás que han escrito sobre este tema daban y mostraban como ejemplo de ello los eclipses de luna y otras demostraciones que hacen de Oriente a Occidente, como el hecho de la elevación del Polo de Septentrion en Austro. Mas ahora he visto tanta deformidad que, puesto a pensar en ello, hallo que el mundo no es redondo en la forma que han descrito, sino que tiene forma de una pera que fuese muy redonda, salvo allí donde tiene el pezón o punto más alto; o como una pelota redonda que tuviere puesta en ella como una teta de mujer, en cuya parte es más alta la tierra y más próxima al cielo. Es en esta región, debajo de la línea equinoccial, en el Mar Océano, el fin del Oriente, donde acaban todas las tierras e islas...

De ella podemos quedarnos con ciertos acentos que conviene discutir: Primero, Colón duda de la esfericidad de la tierra, cree que tiene forma de pera (el diagrama de la Fig.1 está tomado de un texto del siglo XIX donde se comenta la idea). Segundo, Colón insiste en una conjetura anterior: hay un lugar donde “...acaban todas las tierras...”, es decir llegado a cierto punto, la tierra desaparece. Esto último, difícil de conciliar con la hipótesis esférica. Este comentario de Colón ha quedado olvidado en el relato histórico.



The Earth of Columbus.

Fig. 1: Representación del modelo peral de Colón [18].

IV. COMENTARIOS DIDACTICOS

Este trabajo reafirma la necesidad de develar distintas fases del proceso científico. Muy simplemente: hay una (o varias) observaciones empíricas que conducen a una (o varias) hipótesis. Con alguna de estas hipótesis se construye una

Una pareja dispareja: Eratóstenes y Colón armazón matemática que muestra un modelo cuantitativo que refuerza la suposición. Hasta aquí la hipótesis sigue siendo una conjetura. La ley científica se establece al realizar un experimento controlado, repetible y por tanto verificable y público. Es decir, en la formulación de Popper [19], cuando puede ser falseable.

Por otra parte, el hecho que la tierra sea esférica, es anti-intuitivo. En el lenguaje de Piaget, es para los niños un ejemplo de operación concreta anterior a una formal [20]. En nuestra vida diaria la tierra es plana (para ponernos estrictos debería decir: cuando las dimensiones en juego son mucho menores que el radio terrestre). Lo expresa muy bien un escritor y humorista en sus notas autobiográficas [21], rememorando su niñez (ver Fig. 2):

Un día, papá nos estaba dando una lección objetiva sobre la forma esférica de la Tierra. Se valía de una pelota de fútbol. ¿Sería posible creer que media humanidad anduviera con la cabeza para abajo y que las aguas de los océanos se pegaran a la tierra como si no fueran líquidas?

No. Esto era demasiado, y me salí de la pieza, porque para paparruchas ya tenía suficiente con las de la cigüeña y Santa Claus.



Fig. 2 Ilustración de Délano [21].

La idea que los ecuatorianos se caen verticalmente hacia un costado parece una idea garcíamarquiana. Esta pre-concepción deriva de la incomprensión que el sentido de la palabra “arriba” (y “abajo”) son relativos. No ayuda a la aprehensión de este concepto el hecho de considerar que en la cartografía se dibuja el norte “hacia arriba” (y lo contrario, el sur, ver Fig. 3). El desafío didáctico es mostrar que este concepto es relativo y que, por ejemplo, los mapas que muestran el sur hacia arriba son perfectamente correctos. Hay un viejo chiste de Mafalda (personaje del caricaturista

Quino) que –mostrando un globo terráqueo- dice “por vivir cabeza abajo las ideas se nos caen”.

Volviendo a los viajes de Colón, hay que decir que quién circunvaló la tierra fue Sebastián Elcano, lugarteniente de Hernando de Magallanes, al comandar una expedición española con ese declarado propósito. Magallanes murió en el transcurso de la travesía y así, fue Elcano quien terminó con el experimento conclusivo.

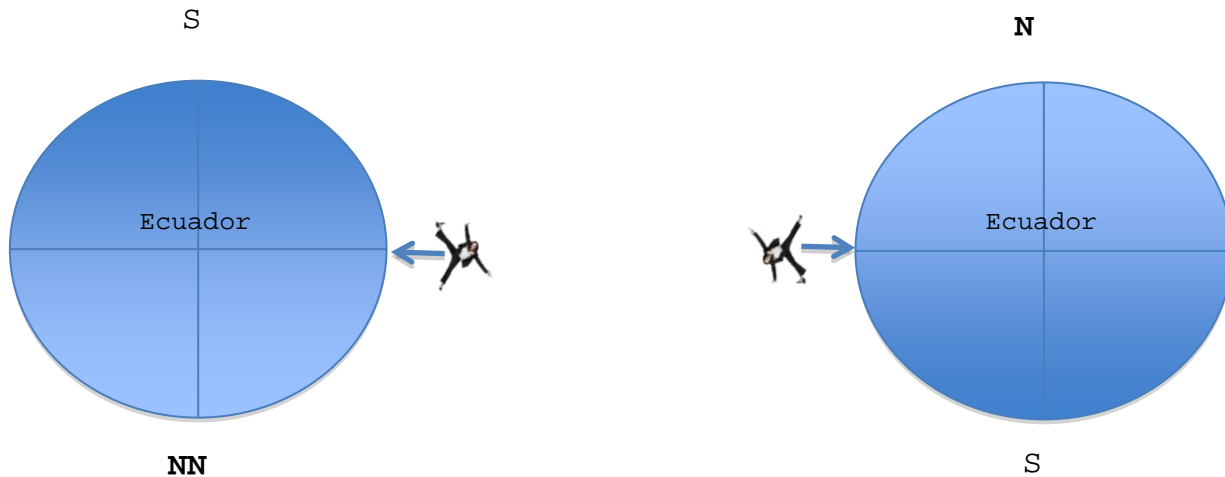


FIGURA 3. Dos representaciones equivalentes de una caída libre en el ecuador: ¿cuál está al revés?

V. CONCLUSIONES

En resumen, podemos anotar las siguientes observaciones a propósito de este tema (que no agotan totalmente el contenido de esta nota):

En el ámbito interdisciplinario, el desarrollo de la ciencia tiene una interrelación con la historia. Ambas disciplinas -claramente distinguibles- deben dialogar en el discurso escolar. Lo notable de este caso es cómo las ideas viajan cientos de años para fructificar en un fructífero desenlace. La herencia cultural tiene memoria.

El “error” en la estimación del perímetro terrestre por Colón, llevó al descubrimiento -por serendipia- de un nuevo continente: América. Quién demostró empíricamente la esfericidad de la tierra fue Sebastián Elcano.

REFERENCIAS

- [1] Zavrel, E., *Pedagogical Techniques Employed by the Television Show “MythBusters”*, *The Physics Teacher* **54**, 476-479 (2016).
- [2] Ausubel, D. P., *The Use of Advance Organizers in the Learning and Retention of Meaningful Verbal Material*, *Journal of Educational Psychology* **51**, 267-272 (1960).
- [3] Ausubel, D. P., *In Defense of Advance Organizers: a Reply to Critics*, *Review of Educational Research* **48**, 251-257 (1978).
- [4] Vygotsky, L. S., *Thought and language*, (Cambridge MA, MIT Press, 1962).
- [5] Vygotsky, L. S., *Mind in society: The development of higher psychological processes*, (Harvard University Press, Cambridge, MA, 1978).
- [6] Vygotsky, L. S., *Thinking and speech*, en R.W. Rieber & A.S., Carton (Eds.), *The collected works of L.S., Vygotsky, Problems of general psychology.*, Plenum Press, New York, **1**, 39–285 (1934).

En el aspecto epistemológico, las leyes de la ciencia experimental requieren de una verificación empírica. Ella se da –en el caso en comento- como consecuencia de una hipótesis teórica y un emprendimiento de conquista territorial y desarrollo comercial basado en una conjetura científica.

Como consecuencia de aula: la esfericidad de la tierra no es una idea intuitiva. Más bien, nuestro preconcepto es que la tierra es plana.

- [7] Ferreira, R., *Como medir o raio de curvatura da terra com auxílio de um canal de navegacao*, *Revista Brasileira do Ensino de Fisica* **23**, 236-237 (2001).
- [8] Brown, R. A., Kumar, A., *A New Perspective on Eratosthenes' Measurement of the Earth*, *The Physics Teacher* **48**, 445-447 (2011).
- [9] Decamp, N., De Hosson C., *Implementing Eratosthenes' Discovery in the Classroom: Educational Difficulties Needing Attention*, *Science & Education* **21**, 911-920 (2012).
- [10] Longhorn, M., Hughes, S., *Modern replication of Eratosthenes' measurement of the circumference of Earth*, *Physics Education* **50**, 175-178 (2015).
- [11] Eco, H., *Serendipities, Language and Lunatics* (Hachette, UK, 1998).
- [12] Jordan, P., *Forschung macht geschichte (La ciencia hace historia)* (Vittorio Klostermann: Frankfurt am Main, 1954).
- [13] Maurines L., Beaufils D., *Teaching the Nature of Science in Physics Courses: The Contribution of Classroom Historical Inquiries*, *Science and Education* **22**, 1443-1465 (2013).

- [14] Wörner, C. H., Iommi-Amunátegui, G., *Galileo's treatment of the center of gravity of solids*, European Journal of Physics **28**, 643-648 (2007).
- [15] Wörner, C. H., *Simplemente: el plano inclinado*, Revista Brasileira do Ensino de Física **24**, 2305 (1-5) (2012).
- [16] Lucena Salmoral, M., *Historia General de España y América*, El Descubrimiento y la fundación de los Reinos Ultramarinos hasta fines del siglo XVII, (Ediciones Rialp, Madrid:, 1982).
- [17] Colón, C., *Carta a Fernando de Aragón e Isabel de Castilla*, 1493, <http://www.culturandalucia.com/Cartas%20de%20Cristobal%20Colón.htm>, Consultado en junio 2016.
- [18] Warren, W. F., *Paradise Found*, (Houghton, Mifflin & Co., Boston, 1885), http://www.sacred-texts.com/earth/pf/pf32.htm#page_306, Consultado en junio 2016.
- [19] Popper, K. R., *Logik der Forschung (Lógica del descubrimiento científico)*, Verlag von Julius Springer, Viene, 1935).
- [20] Piaget, J., *El mecanismo del desarrollo mental*, (Editora Nacional, Madrid, 1979).
- [21] Délano, J., *Yo soy tú*, (Editorial Zig-Zag, Santiago de Chile, 1954). <http://www.librosmaravillosos.com/yosoytu/pdf/Yo%20Soy%20Tu%20-%20Jorge%20Delano%20-%20Coke.pdf> Consultado en junio 2016.