

Serendipia

Coppo, J.A.

Profesor de “Epistemología” y “Metodología de la Investigación” en cursos de posgrado de la Universidad Nacional del Nordeste, Sargento Cabral 2139, Corrientes (3400), Argentina.
Tel/fax 03783-425753. E-mail: jcoppo@vet.unne.edu.ar.

Resumen

Coppo, J.A. Serendipia. *Rev. vet. 23: 1, 71-76, 2012.* Se reflexiona acerca del modo que utilizan los investigadores científicos para inventar hipótesis o concebir teorías, confirmando que ello ocurre por razones ajenas a la lógica y la epistemología. Se define “serendipia” como el hallazgo de algo valioso por un evento fortuito. Una investigación hermenéutica posibilitó describir casos de serendipia atinentes a los hallazgos de Arquímedes, Newton, Auembrugger, Jenner, Laennec, Darwin, Wells, Bernard, Kekulé, Vucetich, Pasteur, Bottazzi, Roentgen, Becquerel y Fleming. Se concluye que la intervención del azar no menoscaba la magnitud del descubrimiento porque favorece únicamente a las mentes científicamente preparadas.

Palabras clave: Serendipia, descubrimiento, epistemología, historia de la ciencia.

Abstract

Coppo, J.A. Serendipity. *Rev. vet. 23: 1, 71-76, 2012.* The way that scientists formulate hypothesis or conceive theories is analyzed, confirming that both take place for reasons different to logic and epistemology. “Serendipity” is defined as a valuable discovery as consequence of a fortuitous event. A hermeneutic research made possible to describe cases of serendipity inherent to discoveries performed by Archimedes, Newton, Auembrugger, Jenner, Laennec, Darwin, Wells, Bernard, Kekule, Vucetich, Pasteur, Bottazzi, Roentgen, Becquerel and Fleming. It is concluded that intervention of fate does not minimize the magnitude of new discoveries as it favors only to scientifically prepared minds.

Key words: Serendipity, discovery, epistemology, history of science.

La “chispa” del investigador científico

¿Cómo aparecen las ideas en la mente de los científicos? ¿Cuál es la técnica para inventar las hipótesis que luego se confrontarán con la realidad? ¿Existe alguna “receta” que indique los pasos a seguir? Podría aventurarse que las respuestas a tales interrogantes deberían emerger de la epistemología, sin embargo, como alguna vez expresara Mario Bunge, “método científico no es técnica del descubrimiento”. Nadie descubrió técnica alguna para efectuar descubrimientos, ni inventó reglas para arribar a una invención⁶.

Desde el positivismo se afirma que no debe preocupar el modo por el cual se construyen las teorías científicas; ello concierne al “contexto de descubrimiento”, ubicado fuera del campo de la racionalidad y constituido por una maraña de hechos caóticos explicables por la psicología, sociología o historia. Ellos no pertenecen al método científico, el cual debe ceñirse al “contexto de validación”, situado dentro del campo racional, con normas y reglas aptas para establecer sobre bases sólidas las pretensiones de la teoría⁸.

En realidad ambos contextos reconocen orígenes platónico-aristotélicos, pues desde antiguo se postuló

que para elevar las impresiones sensibles al grado de universalidad requerido por la ciencia, eran necesarios dos procedimientos distintos: uno de naturaleza lógica (inducción, empiria) y otro de carácter más bien psicológico al que Aristóteles denominara “abstracción”, una “acción iluminadora del entendimiento sobre los fantasmas de la imaginación”. En el origen de todo descubrimiento científico existe un mecanismo cognitivo-psicológico relacionado a la genialidad, inspiración o “chispa” del investigador, que coexiste con su formación previa, dedicación al estudio y fuerza de voluntad, área que escapa del ámbito de la epistemología⁸.

¿Qué es serendipia?

El término *serendipity* (*serendipia*, en castellano) fue acuñado por Lord Horace Walpole, conde de Oxford (1717-1797), arquitecto innovador, político y escritor británico, para describir algo así como el “hallazgo afortunado”, término derivado del cuento de hadas “los tres príncipes de Serendip”. El concepto comenzó a ser aplicado a los descubrimientos científicos en la década de 1970. La serendipia también se define como “la ocurrencia y el desarrollo de eventos fortuitos en un modo beneficioso”, haciendo referencia a la facultad de lograr descubrimientos afortunados por alguna even-

tualidad: “encontrar algo valioso mientras se busca otra cosa, descubrir algo apreciable por casualidad, realizar por azar un acto de sagacidad”^{1,20}. Es una ocurrencia sorpresiva que aparece como producto de “la emoción despertada por algo inesperado”¹⁹.

Serendipia es un anglicismo que alude a un “arte de encontrar algo no buscado”, o bien la experiencia de observar datos inesperados capaces de iniciar el desarrollo de una nueva teoría o de complementar un concepto ya existente. No es una “epifanía”, la cual constituye una percepción súbita de la esencia o el significado de algo, la comprensión de la realidad por medio de la concientización intuitiva repentina. Tal revelación instantánea es una súbita manifestación iluminante, en la que una cosa se nos descubre con absoluta claridad en ausencia de un proceso racional, semejando una manifestación casi mágica. Hay quienes afirman que serendipia y epifanía serían respectivamente la primera y segunda fase de un mismo proceso. Muchos científicos galardonados con el Premio Nobel habrían reconocido que la serendipia jugó un importante rol en sus descubrimientos^{1,3}.

Serendipia y descubrimiento científico

¿Qué tienen en común la vacuna antivariólica, la penicilina, el estetoscopio y la ley de la hidrostática? Que en todos los casos se descubrieron por accidente, como resultado de la serendipia, esto es, el hallazgo de cosas valiosas no buscadas, o “la facultad de hacer descubrimientos inesperados por accidente”. Entre tales hallazgos se han mencionado: el descubrimiento de Cristóbal Colón, el hallazgo de la quinina por un indio enfermo, la batería eléctrica, el electromagnetismo a partir de una pata de rana, la brújula, los descubrimientos del oxígeno, yodo y helio, la síntesis de urea por Wöhler, la invención de la fotografía por Daguerre, el caucho y la vulcanización, las moléculas *zurdas* y *diestras* de Pasteur, los colorantes y pigmentos sintéticos, el celuloide y el rayón, el Big Bang, los púlsares, la luna de Plutón, la alergia, el ADN, las mostazas nitrogenadas, la quimioterapia antitumoral, la ictericia del recién nacido, la radiación ultravioleta, los receptores de colesterol, las sulfamidas, el uso de la piel de ranas para la obtención de antibióticos naturales (magaininas), el nylon, polietileno, velcro y policarbonatos, el interferón y otros²⁸.

Claude Bernard, padre de la moderna fisiología, escribió: “las ideas experimentales frecuentemente nacen a partir de una observación casual; por ello representan la forma más sencilla de comenzar un trabajo científico”. A su vez, Root-Bernstein, profesor de fisiología en Michigan, aseveró “los investigadores inventamos con intención y descubrimos por sorpresa”. En ambos casos se está aludiendo al “serendipity”¹. Popper señaló: “la pregunta de cómo una nueva idea se le ocurre a un hombre puede ser de gran interés para la psicología, pero es irrelevante para el análisis lógico del conocimiento científico”. Según Kuhn “el descubrimiento comienza con la concientización de la anomalía, con el reconocimiento que la naturaleza ha violado las expectativas

inducidas por los paradigmas; el cierre se producirá cuando la teoría del paradigma haya sido ajustada de forma tal que lo anómalo llegue a ser lo esperado”^{1,16,34}.

El Premio Nobel de Química 1974 fue adjudicado a Paul Flory por su estudio de la reorganización molecular para la obtención de polímeros industriales; el científico aseveró que “las invenciones significativas no son mera casualidad”. “La casualidad normalmente juega una parte, pero hay mucho más en la invención que la noción popular de algo caído del cielo; el conocimiento en profundidad y extensión son prerequisites indispensables”. Refrendando tal postura podría recordarse que Charles Goodyear descubrió el proceso de vulcanización del caucho cuando por accidente dejó un trozo de caucho mezclado con azufre sobre una estufa caliente, pero durante muchos años Goodyear había trabajado para encontrar una manera de “vulcanizar” el caucho²⁸.

Así como éstos, existen muchos casos de probable influencia de la serendipia en descubrimientos científicos, los cuales hoy están suficientemente validados por su nivel de regularidad sostenido a lo largo de muchos años, pudiendo algunos de ellos ser considerados como leyes científicas.

Serendipia en la historia de la ciencia



En el 250 AC **Arquímedes** tomó conciencia que al introducirse en una bañera rebotante de agua, el nivel de ésta subía y terminaba por verterse al suelo. Su mente fisico-matemática inmediatamente pergeñó que “un cuerpo sumergido en un fluido recibe un empuje de abajo hacia arriba igual al peso del volumen del fluido que desaloja” (serendipia). Este principio le permitió determinar el volumen de un objeto que tuviera forma irregular, como la corona que su monarca le había entregado para determinar si el orfebre había utilizado todo el oro suministrado (o bien si la corona contenía cobre u otro metal). Al dividir la masa de la corona por el volumen de agua desplazada, se podría obtener la densidad de la corona, que sería menor que la del oro si se hubieran añadido otros metales. Al encontrar la solución del problema Arquímedes corrió desnudo por las calles gritando ¡Eureka! (¡lo encontré!)⁹.



En 1666 **Isaac Newton** disfrutaba una tarde veraniega en el jardín de una casa de campo en Woolsthorpe (Lincolnshire). Al comprobar que una manzana se desprendía del árbol y caía al suelo, su mente se iluminó con la hipótesis de que el fenómeno observado se debía a la fuerza que hacía la tierra para atraer a los cuerpos (serendipia). La idea de la atracción entre objetos dio origen al descubrimiento de la ley de gravitación universal, según lo aseveró el ayudante de Newton, John Conduitt en 1727, luego de la muerte del científico (según otra versión el

dato provendría de su amigo William Stukeley). Los cálculos de Newton señalaron que la fuerza de la gravedad entre dos objetos es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la distancia que los separa ^{21, 24, 31}.



En 1754 **Leopoldo Auenbrugger** estableció la técnica semiológica de la percusión. Este médico austriaco había recibido una esmerada instrucción musical que sin duda facilitó la apreciación auditiva de los distintos tipos de ruido generados al golpear la pared costal de sus pacientes. Era hijo de un posadero y cuando niño tuvo la oportunidad de observar que su padre averiguaba si los toneles de vino estaban llenos o vacíos, golpeando con su mano la pared de los mismos y -de acuerdo al sonido producido- descubría el nivel del líquido. Aplicó esta idea (serendipia) a la percusión del tórax con la punta de los dedos y logró establecer diferente tonalidad, intensidad y timbre según la lesión existente, a la cual correlacionó sistemáticamente con los hallazgos de necropsia (colecciones líquidas intrapleurales e intrapericárdicas, aneurismas, dilataciones cardíacas y otras). También estudió los sonidos del tórax de cadáveres inyectados con distintas cantidades de líquido, publicando sus conocimientos en 1761, pese a lo cual la percusión fue ignorada durante los 50 años siguientes ²².



En 1796 **Edward Jenner** observó que los campesinos que ordeñaban vacas enfermas de viruela bovina (virus cowpox) revelaban lesiones vesiculares leves denominadas “nódulos de los ordeñadores” y no se enfermaban de viruela humana. El virus bovino generaba en las vacas una enfermedad benigna con lesiones similares a las de la viruela humana: al infectarse, las manos de los ordeñadores mostraban vesículas similares a las de las ubres, pero no contraían la grave forma humana, generalmente mortal. Jenner infirió (serendipia) que el contenido de las vesículas de viruela bovina podría ser utilizado para proteger a las personas contra la viruela humana, idea a partir de la cual nació la “vacuna” (de “vaca”). La vacunación antivariólica logró que en 1980 la OMS declarara mundialmente erradicada a la viruela, 184 años después de aquél episodio ^{10, 25}.



En 1816 **René Laennec** inventó el estetoscopio. En esa época la auscultación se practicaba apoyando el oído directamente en el pecho. El procedimiento tenía los inconvenientes de una dificultosa percepción en pacientes obesos y la intromisión a la intimidad de las mujeres. La idea de amplificar el sonido a través de los sólidos se le ocurrió a Laennec (serendipia) tras observar a unos niños ju-

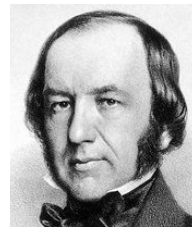
gando con unas tablas en la calle: mientras uno golpeaba levemente un extremo de la tabla, el otro lograba escuchar los golpecitos aplicando el oído al otro extremo. Enrolló una hoja de papel y con ese “tubo” comprobó que los sonidos del cuerpo se percibían amplificadas, tras lo cual mandó fabricar un estetoscopio uniauricular de madera, de forma cilíndrica, de 30 cm de largo y 3 cm de diámetro, más ancho en los extremos y con un canal central de 5 mm. Con este recurso obtuvo datos que permitieron perfilar el cuadro clínico de una sorprendente cantidad de enfermedades ¹⁵.



En 1835 **Charles Darwin**, durante su estadía en las islas Galápagos, advirtió la existencia de aves (pinzones) que pese a tener diferencias, también poseían llamativas características comunes. Esta observación lo condujo (serendipia) a la hipótesis que el pinzón picamaderos, el pinzón curruca, el pinzón arborícola, el pinzón terrestre, el pinzón vampiro y el pinzón mosquitero, eran el producto de la evolución de una especie ancestral de pinzón granívoro proveniente de la tierra firme de Sudamérica, que en cada isla se había adaptado a la alimentación disponible y a los nichos ecológicos vacantes (diversificación adaptativa por selección natural). La idea de la selección natural como mecanismo de formación de las especies generó un acalorado debate que continúa hasta el presente ^{18, 19}.



En 1844 **Horace Wells**, odontólogo norteamericano, concurrió a un circo cuya atracción principal era someter a algún espectador a la acción del “gas hilarante” (protóxido de nitrógeno), el cual provocaba continuas e incontenibles carcajadas. Observó que uno de los participantes bajo el efecto del gas se golpeó violentamente sin demostrar dolor. Intuyendo (serendipia) la acción anestésica del óxido nitroso, Wells se hizo extraer una muela luego de inhalarlo y corroboró su hipótesis. El descubrimiento se difundió rápidamente hacia la medicina y en 1846 se realizó la primera intervención quirúrgica con narcosis del paciente. Wells no intentó patentar el descubrimiento porque declaró que “verse libre de dolor debía ser tan gratuito como el aire”. Más adelante experimentó con cloroformo, adquiriendo una adicción que luego de muchos sinsabores lo llevó a la cárcel y al suicidio ^{2, 5}.



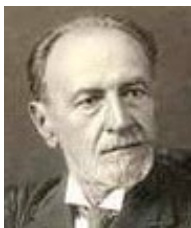
En 1852 **Claude Bernard** materializó el concepto de medio interno, enmarcado en la reciente teoría de la evolución de Darwin. Sus estudios habían demostrado que en el agua de mar abundaban el sodio y el cloro, pero era muy escaso el potasio. Al analizar líquidos corporales de animales

y seres humanos (“medio interno”) verificó idénticas proporciones. Así, pergeñó que el origen de la vida habría ocurrido en el mar (serendipia), involucrando un ser unicelular cuyo funcionamiento se adaptó a un medio externo rico en sodio y cloro pero pobre en potasio, elemento que era abundante en el líquido intracelular. Al convertirse en pluricelular, este ser conservó entre célula y célula un “mar interior” (líquido extracelular) rico en sodio y cloro, en tanto que el líquido intracelular continuó poseyendo abundante concentración de potasio. Fue uno de los descubrimientos más importantes de la fisiología ^{11, 14}.



En 1865 **August Kekulé** estaba enfrascado en resolver la estructura del benceno. Este químico alemán era el principal impulsor de la “teoría de la estructura química”, que abrevaba en la idea de la valencia atómica, especialmente la tetra-

valencia del carbono y la capacidad de los átomos de carbono para enlazarse entre sí. La postura trajo como consecuencia el desarrollo explosivo de la química orgánica. La fórmula empírica del benceno se conocía desde hace tiempo, no así su estructura. Una noche, dormitando frente a las llamas del hogar, Kekulé soñó (serendipia) con una serpiente enroscada que se mordía la cola, a partir de lo cual concibió que la estructura del benceno era un anillo de seis átomos de carbono, unidos por enlaces simples y dobles alternados ²⁹.



En 1891 **Juan Vucetich**, policía de la Provincia de Buenos Aires, inventó el sistema dactiloscópico utilizado actualmente en el mundo entero. Hasta entonces para la identificación de las personas venía usándose un método antropométrico deficiente e inseguro. En 1665 Malpighi había descrito las crestas dactilares y en 1823 Purkinje las clasificó en 9 tipos “genéticos”. Vucetich se interesó en los trabajos de Francis Galton, quien había demostrado que no existían huellas digitales idénticas (aún en gemelos) y que las estrias papilares de los dedos permanecían invariables toda la vida (serendipia). Luego de un trabajo colosal, Vucetich clasificó 101 grupos básicos reconocibles a través de una “ficha decadactilar”. En 1892 se esclareció por vez primera un asesinato a través de las huellas digitales ^{26, 30, 35}.



En 1880 **Louis Pasteur**, estudiando el cólera aviar (cuyo agente etiológico había sido recientemente descubierto por él), inoculó gallinas con dosis mortales de *Pasteurella multocida* pero las aves no murieron. Revisando el experimento constató que inadvertidamente los bacilos del cultivo inoculado estaban envejecidos, “atenuados”. Para

verificar el estado inmunitario de dichas aves, Pasteur las inoculó con bacilos activos, comprobando que no se enfermaban (serendipia). Esta “inmunización” llevó al hallazgo de la primer vacuna viva atenuada y fue el prolegómeno que condujo a la elaboración de la primer vacuna antirrábica ^{12, 27}.

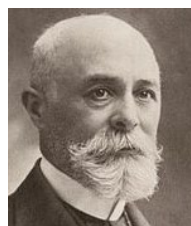


En 1894 **Filippo Bottazzi**, fisiólogo italiano nominado para el Premio Nobel (interrumpido por el estallido de la segunda guerra mundial), estudió las funciones del bazo. Comprobó que las concentraciones de eritrocitos y plaquetas

eran mayores en la sangre que ingresaba al bazo con relación a la que salía del órgano (serendipia). Ulteriores experimentos lo condujeron al convencimiento de que el tejido esplénico eliminaba los hematíes y trombocitos envejecidos (con menor resistencia osmótica). En perros Bottazzi demostró que luego de la esplenectomía aumentaba la resistencia de las células rojas a los agentes hemolíticos. La prueba definitiva fue la aparición de trombocitosis *a posteriori* de la esplenectomía. La función hemocaterética del bazo fue abordada por vez primera en su obra “La milza come organo emocattonistico” ^{13, 33}.



En 1895 **Wilhelm Roentgen**, físico alemán, anunció el descubrimiento de los rayos X. Estudiando las descargas eléctricas en un tubo tapado, en el cual se había hecho el vacío, Roentgen advirtió que al conectarlo en una habitación a oscuras, en la mesa de al lado había comenzado a brillar un trozo de papel de platinocianuro de bario que estaba allí por casualidad, o sea que no formaba parte del experimento (serendipia). La formación científica de Roentgen le permitió interpretar que este hecho había sido causado por una radiación originada en el tubo, capaz de atravesar sustancias opacas, con lo cual habían nacido los rayos X ^{4, 32}.



En 1896 **Antoine Henri Becquerel**, físico francés que estaba investigando la fosforescencia, colocó sales de uranio sobre una placa fotográfica en una zona oscura, comprobando que dicha placa se ennegrecía (serendipia). Ulteriores

investigaciones le permitieron conocer que las sales de uranio emitían una radiación capaz de atravesar papeles negros y otras sustancias opacas a la luz ordinaria. Había descubierto accidentalmente una nueva propiedad de la materia que posteriormente se denominó radioactividad. También realizó importantes aportes sobre la fosforescencia, espectroscopia y la absorción de la luz, así como el uso del radio para destruir tumores. En 1903 fue galardonado con el Premio Nobel de Física por el

descubrimiento de la radiactividad, compartido con Pierre Curie (Francia) y Marie Sklodowska (Polonia) ⁷.



En 1922 **Alexander Fleming**, microbiólogo escocés, perseguía un tratamiento para la gangrena gaseosa que diezaba a los combatientes en las guerras. Accidentalmente, estornudó sobre varias placas donde cultivaba el agente etiológico (*Clostridium perfringens*), contaminándolas con exudados y lágrimas que sorprendentemente produjeron la lisis de los microorganismos (serendipia). Alentado por este hecho terminó descubriendo la lisozima, una enzima antimicrobiana que fisiológicamente existe en todos los humores del organismo y que aún se utiliza para combatir infecciones. En 1928, de regreso de unas vacaciones, constató que una placa con cultivos de *Staphylococcus aureus* se había contaminado con un hongo, produciéndose lisis de los microbios (serendipia). El hongo resultó ser *Penicillium chrysogenum* y el hallazgo derivó en el descubrimiento de la penicilina. En 1945 el Premio Nobel de Fisiología y Medicina recayó en Fleming y sus ayudantes Florey y Chain ¹⁷.

A manera de colofón

Desde la óptica filosófica resulta llamativo que la mayoría de los análisis del método hipotético-deductivo, ignoren por completo el problema lógico del *origen* de las hipótesis o teorías científicas. El punto de partida del método científico parece ser el momento en que ya se dispone de una teoría, que será confirmada o refutada según el resultado de los experimentos, pero el origen mismo de las nuevas ideas permanece ajeno a la lógica, es un “supernumerario lógico” ²³.

A la metodología de la investigación no le interesan las razones por las cuales al científico se le ocurrió una idea genial, (ello incumbe a la psicología). En cambio, le atañe de manera primordial establecer si la idea es viable, coherente y (transitoriamente) cierta. Los científicos suelen no acoger con simpatía la serendipia, pese a que la historia de la ciencia es harto ilustrativa acerca de su estímulo creativo en el desarrollo del conocimiento. “La ciencia no crecería si los investigadores fueran incapaces de responder ante lo inesperado y de hacer conexiones entre los eventos sorprendentes y los rutinarios” ¹⁹.

Cerraremos este soliloquio con reflexiones del genial Pasteur: “en el campo de la observación, el azar favorece sólo a las mentes preparadas”, implicando que la serendipia no menoscaba el crédito del descubrimiento efectuado. “A menos que la mente esté concienzudamente cargada de antemano, la proverbial chispa del genio, si se llegara a manifestar, probablemente no encontraría nada que prender”.

REFERENCIAS

1. **Agostini A.** 2005. Serendipity: descubrimiento fortuito. *Odont Ejerc Prof* 6: 6.
2. **Ash HL.** 1985. Anesthesia's dental heritage. *Anesth Progress* 32: 25-29.
3. **Baggot J.** 1990. Serendipity and scientific progress. *New Sci* 1706: 67-68.
4. **Bragg L, Phillips DC, Lipson H.** 1992. *The development of X-ray analysis*, Ed. Dover, New York, 270 p.
5. **Brau JL.** 1973. *Historia de las drogas*, Bruguera, Madrid, 445 p.
6. **Bunge M.** 1988. *La ciencia, su método y su filosofía*, Siglo XX, Buenos Aires, 159 p.
7. **Cicardo VH.** 1974. *Biofísica*, 5º ed., López Libreros, Buenos Aires, p. 326-332.
8. **Coppo JA.** 2005. *Fundamentos y metodología de la investigación científica*, Ed. Moglia, Corrientes (Argentina), 862 p.
9. **Dijksterhuis EJ.** 1987. *Archimedes*, Princeton University Press, Princeton, USA, 457 p.
10. **Empson J.** 1996. Edward Jenner, exterminador del “monstruo pustuloso”. *Foro Mundial de la Salud* 17: 382-384.
11. **Galiano A.** 2007. *Historia de la fisiología*. Campus Virtual de Medicina. On line: http://www.iqb.es/facultad%20de%20medicina/fisiologia/tema01_01.html.
12. **Geison GL.** 1995. *The private science of Louis Pasteur*, Princeton Univ Press, Princeton, USA, 166 p.
13. **Ghiretti F.** 1994. Filippo Bottazzi e le origini della biochimica in Italia. *Biochim Ital* 1: 39-46.
14. **Heim R.** 1967. *Les concepts de Claude Bernard sur le milieu interior*, Ed. Masson, París, 135 p.
15. **Hurst JW, Logue RB.** 1973. *Auscultación del corazón*, Ed. Toray, Barcelona, p. 263.
16. **Kuhn TS.** 1970. *The structure of scientific revolutions*, Univ Chicago Press, Chicago, USA, 226 p.
17. **Lain Entralgo P.** 2006. *Historia de la medicina*, Masson, Barcelona, 978 p.
18. **Larocca FE.** 2010. On line: <http://www.monografias.com/trabajos50/serendipia/serendipia2.shtml>. *La Serendipia Revisitada*.
19. **Lee RV.** 2009. A letter from the United States: the fox in our backyard (science, serendipity and surprise). *Rev Méd Chile* 137: 1502-1507.
20. **Merton RK.** 1957. Priorities in scientific discovery. *Am Sociol Rev* 22: 635-659.
21. **Moledo L.** 2007. *La manzana de Newton*, Diario Página 12, 23 de julio 2007.
22. **Multanosky MP.** 1967. *Historia de la medicina*, Ed. Acad Cient Cuba, La Habana, p. 288-290.
23. **Nubiola J.** 2000. *La abducción o lógica de la sorpresa*, Publ. Academia Nacional de Ciencias, Buenos Aires, p. 42.
24. **Page N.** 2004. *La gravedad: las relaciones de Newton*, Visionlearning Phys. On line: http://www.visionlearning.com/library/module_viewer.php?mid=118&l=s
25. **Pontificia Universidad Católica de Chile.** 1996. *Apuntes de historia de la medicina*. On line: <http://escuela.med.puc.cl/publ/HistoriaMedicina/Default.html>.

26. **Ratha N, Bolle R.** 2004. *Automatic fingerprint recognition systems*, Ed. Springer, New York, 458 p.
27. **Rhoades KR, Rimler RB.** 1984. Avian pasteurellosis. In: *Diseases of poultry* (Hofstad MS ed.), Iowa State Univ Press, Ames (Iowa, USA), p.141-163.
28. **Roberts RM.** 1992. *Serendipia: descubrimientos accidentales en ciencia*, Alianza, Madrid, 395 p.
29. **Rocke AJ.** 1985. Hypothesis and experiment in Kekulé's benzene theory. *Ann Sci* 42: 355-381.
30. **Sánchez F.** 2011. Dactiloscopia. *Rev Méd Rosario* (Argentina) 77: 44-46.
31. **Sanz J.** 2009. *El manzano de Isaac Newton vive*. On line: <http://historiasdelahistoria.com/2009/08/04/el-manzano-de-isaac-new-ton-vive/+newton+gravedad+manzano&ct=clnk>.
32. **Servín H, Pinzón H.** 2008. Los rayos X y el doctor Roentgen. *Vanguardia Méd* 5: 30-33.
33. **Smith T, Brown HR.** 1906. The resistance of the red blood corpuscles of the horse to salt solutions of different tonicities before and after repeated withdrawals of blood. *J Med Res* 15: 425-447.
34. **Van Andel P.** 1994. Anatomy of the unsought finding. Serendipity: origin, history, domains, traditions, appearances, patterns and programmability. *British J Phil Sci* 45: 631-648.
35. **Wayman J.** 2005. *Biometric systems technology, design and performance evaluation*, Springer, London, 370 p.