

EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS X JORNADAS

VOLUMEN 6 (2000), Nº 6

Pio García
Sergio H. Menna
Víctor Rodríguez
Editores



ÁREA LÓGICO-EPISTEMOLÓGICA DE LA ESCUELA DE FILOSOFÍA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons atribución NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina



Hugo De Vries y evolución: la teoría de la mutación*

Lilian Al-Chueyr Pereira Martins†

1. Introducción

El objetivo de este artículo es discutir las ideas evolutivas del médico y botánico holandés Hugo De Vries (1848-1935) así como la recepción que tuvo en la ocasión de su propuesta. De Vries, considerado uno de los "redescubridores de los principios mendelianos"¹, inicialmente se dedicó al estudio de la sistemática y de la fisiología vegetal. En la década de 1890 se dedicó a la herencia y variación. Tan sólo después de 1900 presentó su teoría de la mutación² en dos volúmenes, en 1901-1903.

La teoría de la mutación aceptaba que nuevas especies o variedades podrían ser formadas en un único paso (con saltos) a partir de la especie paternal que continuaría existiendo sin modificarse durante el proceso. Esa propuesta era contraria al concepto darwiniano de un proceso evolutivo lento y gradual por acumulación de pequeñas modificaciones.³

La teoría de la mutación surgió en la época en que se discutía el principio de selección natural y en la que el mendelismo estaba siendo establecido (BOWLER, *Evolution. The history of an idea*, p. 246 y HUXLEY, *Evolution, the modern synthesis*).

2. El concepto de especie para De Vries

De Vries aceptaba la concepción de especie elemental de Alexis Jordan.⁴ Dos especies elementales distintas se diferenciaban por varios caracteres específicos. Ya las variedades distintas se diferenciaban generalmente por un único carácter (DE VRIES, *The mutation theory*, vol. 1, p. 506). Así, el número de caracteres diferentes que fuese modificado por la mutación determinaría lo que sería una especie elemental y lo que sería una variedad.

A pesar que De Vries, de manera similar a William Bateson, no admitiese que la selección natural podía crear una nueva especie o caracteres específicos, él consideraba que ella influenciaba sobre las formas que hubiesen sufrido mutación (DE VRIES, *The mutation theory*, vol. 1, p. 416).

3. De Vries y la teoría de la herencia: la pangénesis intracelular

Las ideas de evolución de De Vries están íntimamente relacionadas a su teoría de herencia ("pangénesis intracelular"), propuesta en 1889. Él buscó compatibilizar la hipótesis de la pangénesis de Darwin⁵ con los estudios citológicos de la época (DE VRIES, *The mutation theory*, vol. 2, p. 644; BOWLER, *The Mendelian revolution*, p. 90). En realidad la hipótesis de la pangénesis fue el punto de partida del trabajo de De Vries:

[...] La pangénesis fue para mí el punto de partida de mis investigaciones; al principio apenas de una manera teórica, posteriormente también para las investigaciones experimentales descritas en este libro.

Fue especialmente esta hipótesis la que me llevó a buscar mutaciones en el campo, pues yo esperaba [...] encontrar hechos que me proporcionasen esclarecimientos acerca

† Programa de Estudos Pós-graduados em História de la Ciencia, PUC/SP, Grupo de História y Teoría de la Ciencia, UNICAMP, Brasil.

de los portadores de caracteres hereditarios, y [...] sobre la teoría de la herencia en general (DE VRIES, *The mutation theory*, vol. 2, p. 644).

De Vries consideraba que el elemento básico de la hipótesis de Darwin que debería ser abandonado era la suposición de que las gémulas circulaban en el organismo, yendo hasta los órganos sexuales – lo que explicaba la herencia de caracteres adquiridos. Entretanto, el resto de la hipótesis podría ser mantenido: la admisión de que existían gémulas que serían factores materiales responsables por las propiedades y características hereditarias celulares que eran transmitidas por la división de la célula madre. De Vries substituyó el término “gémulas” por “pangenes” (DÉLAGE, *L'hérédité et les grands problèmes de la biologie générale*, pp. 675-93).

De acuerdo con De Vries, los pangenes, partículas que no podían ser percibidas en el microscopio, estarían localizadas dentro del núcleo celular, en los cromosomas, y se multiplicaban durante la división celular, siendo los responsables por las características del nuevo organismo. Además de los pangenes existentes en el núcleo, inactivos, habría también pangenes activos en el citoplasma (DE VRIES, *The mutation theory*, vol. 2, p. 648).

Esa idea permitiría conciliar la diferenciación de los tejidos con la constancia de la estructura nuclear en cada individuo. Los pangenes pasarían del núcleo para el citoplasma cuando hubiese la necesidad de manifestar las propiedades específicas por ellos representadas (DE VRIES, *The mutation theory*, vol. 2, p. 642; DÉLAGE, *L'hérédité et les grands problèmes de la biologie générale*, pp. 680-81).

Un importante aspecto de la teoría de la herencia de De Vries era que, análogamente a Darwin, admitía que esas partículas podían agruparse, a pesar que fuesen independientes unas de las otras. Así, las diversas características se transmitían, en general, independientemente unas de las otras. Esa hipótesis posibilitaba explicar varios hechos conocidos. En diversas plantas pueden ser encontradas diferentes combinaciones que se manifiestan en sus hojas. En los híbridos existe una mezcla de las características de los progenitores y no una transmisión en bloque del conjunto de características de uno de los progenitores.

De acuerdo con De Vries, había dos tipos de herencia. Una, flotante, resultaría de la variación en el número de pangenes asociados a cada carácter; otra, resultante de la aparición de nuevos tipos de pangenes, sería capaz de formar nuevas especies. Éste sería el mecanismo responsable por las mutaciones, en el sentido de De Vries.

Cuando los pangenes (o grupos de ellos) se mantenían próximamente asociados con los demás y esa asociación se conservaba durante muchas generaciones, la especie o variedad sería inmutable con relación al carácter considerado. Si el equilibrio fuese inestable el carácter sería mutable y cualquier variación externa leve podría hacer que él pasase a una condición inestable e inducir mutaciones visibles (DE VRIES, *The mutation theory*, vol. 2, p. 649).

4. Las evidencias obtenidas en *Oenothera*

De Vries estaba buscando en los alrededores de Amsterdam especies que exhibiesen monstruosidades, cuando encontró material adecuado en un campo de batatas abandonado en Hilversum. Visitó el local durante los veranos de 1886 a 1888, verificando que ciertas plantas que crecían allí (las *Oenothera*), presentaban altos índices de variabilidad en todos los órganos y caracteres, y también malformaciones (DE VRIES, *The mutation theory*, vol. 1, pp. 218-9). Nuestro naturalista creyó estar delante de lo que llamó *período de mutación*

cuando descubrió dos formas definidas que consideró como especies elementales: la *Oenothera brevistylis*, con estilete corto y provista de estambres, y la *Oenothera laevifolia*, con hojas lisas, suaves particularmente en otoño cuando se encontraban más estrechas (DE VRIES, *The mutation theory*, vol. 1, p. 220). De Vries verificó que tanto *Oenothera brevistylis* como *Oenothera laevifolia*, a partir de sus semillas, producían individuos iguales a sí mismos y que diferían de la *Oenothera lamarckiana* por varios caracteres. Además, verificó que esas formas no habían sido encontradas en otros locales o herbarios.

FIGURA 1

OENOTHERA LAMARCKIANA
LA FAMILIA LAMARCKIANA

I

CUADRO MOSTRANDO EL ORIGEN DE NUEVAS ESPECIES A PARTIR DEL TIPO.
(Los números se refieren a la cantidad de individuos)

GENERACIONES		ESPECIES							
		gigas	albida	oblonga	rubrinervis	Lam.	nanella	lata	scintillans
VIII	8ª gen. 1899 (anual)		5	1	0	1700	21	1	
VII	7ª gen. 1898 (anual)			9	0	3000	11		
VI	6ª gen. 1897 (anual)		11	29	3	1800	9	5	1
V	5ª gen. 1896 (anual)		25	135	20	8000	49	142	6
IV	4ª gen. 1895 (anual)	1	15	176	8	14000	60	73	1
III	3ª gen. 1890-91 (bienal)				1	10000	3	3	
II	2ª gen. 1888-89 (bienal)					15000	5	5	
I	1ª gen. 1886-87 Hilversum y Amsterdam (bienal)					9			

Figura 1 Tabla publicada por De Vries (*The mutation theory*, vol. 1, p. 224) mostrando 8 generaciones de una "familia" de *Oenothera lamarckiana*, con la indicación del número de individuos de cada tipo en cada generación, y la aparición de variantes ("mutantes") en las varias generaciones.

En 1886 De Vries recolectó dos muestras en Hilversum. La primera consistía en nueve mudas grandes con raíces carnudas; la segunda eran semillas de un fruto pentalocular que crecía al medio del campo.

Una tercera muestra fue obtenida en 1887 de la recolección de semillas de *Oenothera laevifolia*. Él llevó entonces ejemplares de esos tres tipos y los cultivó en un jardín experimental en Amsterdam. Consiguió así, a partir de esas muestras, tres grupos, que llamó respectivamente de: familia lamarckiana, familia lata y familia laevifolia. De esos tres grupos y de sus numerosas ramificaciones él obtuvo su propio cultivo que producía millares de individuos por año. Posteriormente, varias centenas de plantas eran fertilizadas artificialmente para obtener semillas anualmente. Constató que a partir de cada una de esas tres "familias" iban surgiendo nuevas especies elementales que eran las mismas en cada grupo, formando un árbol genealógico (DE VRIES, *The mutation theory*, vol. 1, pp. 220-2). Después, en 1885 y 1896, surgió una cuarta forma: *Oenothera oblonga* (DE VRIES, *The mutation theory*, vol. 1, pp. 234-5).

5. Las leyes de la mutación

A partir de investigaciones hechas con *Oenothera* durante una década, De Vries propuso siete "leyes de la variación" (DE VRIES, *The mutation theory*, vol. 1, pp. 248-59) referentes al modo por el cual las especies elementales se organizaban (STUBBE, *History of Genetics*, p. 228). Estas leyes también podían ser aplicadas a la horticultura y a otros géneros y familias.

De Vries enunció así la primera y la segunda ley:

- I. Nuevas especies elementales surgen de repente sin formas de transición.
- II. Nuevas especies elementales son, por regla, absolutamente constantes desde el momento en que surgen (DE VRIES, *The mutation theory*, vol. 1, pp. 248 y 249).

Las otras leyes afirmaban que "la mayor parte de las formas que surgían estaba constituida por especies elementales y no por variedades en el sentido estricto del término" (tercera ley) y que "la mutación aparecía periódicamente" (séptima ley), por ejemplo (DE VRIES, *The mutation theory*, vol. 1, pp. 251; 258).

6. La recepción de la "teoría de la mutación"

De acuerdo con Vernon Kellogg, la propuesta De Vries fue entendida como promisoría principalmente por los naturalistas que negaban que la selección natural pudiese formar nuevas especies (KELLOGG, *Darwinism today*, pp. 349-50). Por ejemplo, en los Estados Unidos fue considerada un paso importante por William Castle y Thomas Hunt Morgan. Este último procuró verificar si la teoría de la mutación podía ser aplicada a los animales, utilizando las moscas *Drosophila* como material experimental (MARTINS, 1998). En Alemania, el zoólogo A. Hubrecht consideró que la idea de las mutaciones se concordaba con el registro fósil (HUBRECHT, 1904, p. 220). William Bateson, líder mundial de las investigaciones mendelianas al inicio del siglo XX, inicialmente recibió bien la teoría de la mutación de De Vries (BATESON, 1904, p. 238).

Sin embargo, la teoría de la mutación encontró también oponentes tales como los norteamericanos C. Hart Merriam y J. A. Allen, estudiosos de pájaros y mamíferos que tenían interés por la sistemática, que consideraban la importancia del aislamiento geográfico en la especiación (MERRIAM, 1906, p. 257).

Años más tarde (1913), con más familiaridad con esa teoría, Bateson sugirió que las mutaciones podían ser simplemente factores recesivos mendelianos que surgían como resultado de un cruzamiento y puso en duda el origen de nuevas especies de *Oenothera*. No estaba claro si esas plantas eran de origen híbrido o no (BATESON, *Problems of Genetics*, p. 102). Bateson veía también otros problemas, como la ambigüedad de las características de muchos tipos nombrados por De Vries. Además de eso, no había sido esclarecida la posible influencia del suelo o de las condiciones de cultivo sobre la variación de esas formas. Ese naturalista comentó que De Vries no había hecho un análisis factorial adecuado de las combinaciones especiales de caracteres, lo que dificultó la elucidación del problema. Bateson sugirió la posibilidad de que *Oenothera* siguiese un sistema mendeliano complejo (BATESON, *Problems of Genetics*, pp. 101-2).

Hubo también estudiosos como Charles Davenport que tanto encontraron evidencias favorables como contrarias a la teoría propuesta por De Vries (DAVENPORT, 1906, p. 558, apud KELLOGG, *Darwinism today*, p. 366; DAVENPORT, 1905, p. 138).

7. Consideraciones finales

El trabajo de De Vries presenta aspectos positivos y lagunas. Dentro de las últimas se destacan las generalizaciones apresuradas. A pesar de no haber trabajado con animales y de haber encontrado lo que llamó *mutación* solamente en la *Oenothera*, extendió las generalizaciones obtenidas en ese estudio para otros animales y vegetales (DE VRIES, *The mutation theory*, vol. 1, p. IX). Además de eso, muchas veces fue descuidado con la terminología y también con la construcción de argumentos, lo que llevó a contradicciones dentro de una misma obra. Por ejemplo, al explicar su tercera ley de mutación, De Vries comentó que la mayor parte de las variedades se distinguía por *dos o tres caracteres* (DE VRIES, *The mutation theory*, vol. 1, p. 251). Sin embargo, más tarde en la misma obra afirmó que las variedades de una misma especie se distinguían apenas por *un único carácter* (DE VRIES, *The mutation theory*, vol. 1, p. 506). Por causa de problemas de ese tipo, el historiador B. Theunissen, quien consideró el *Die Mutationstheorie* como siendo una "organización caótica" (THEUNISSEN, 1994, p. 239), y E. Mayr quien vió en él "una violación de todos los cánones de la ciencia" (MAYR, *The growth of biological thought*, pp. 546-7) no dejan de tener algo de razón.

Mayr criticó a De Vries por basarse en un único organismo (*Oenothera*) para proponer toda una teoría (MAYR, *The growth of biological thought*, pp. 546-7). Entretanto otro estudioso, Thomas Hunt Morgan, cerca de una década después, propuso juntamente con sus colaboradores Sturtevant, Muller y Bridges toda la teoría cromosómica de la herencia basándose apenas en el estudio de la mosca *Drosophila melanogaster* y tuvo éxito. De Vries también podría haberlo tenido.

Como aspecto positivo tenemos que De Vries se basó en un trabajo experimental (principalmente con *Oenothera*) de larga duración. Buscó una cierta regularidad, ciertos principios generales (leyes) que explicasen el proceso de surgimiento de aquello que él consideraba como siendo una nueva especie.

Se percibe la preocupación de Vries con la fundamentación empírica de su teoría. Él encontró una armonía entre ella y el registro fósil.⁶ Encontró también evidencias favorables en algunos otros ejemplos de la horticultura, aunque se haya basado prácticamente en *Oenothera*. Entretanto, incluso considerando a los experimentos realizados como insuficientes,

propuso la teoría de la mutación. Muchas veces parecería que la certeza y la incertidumbre se mezclaban en el trabajo de De Vries.

Se puede decir que la teoría de la mutación era plausible dentro del contexto científico de la época en que fue propuesta. Ella fue elaborada en la misma época de la llamada "hipótesis cromosómica de Sutton-Boveri" (1902-3), que procuraba establecer un paralelo entre el comportamiento de los cromosomas durante la división celular y los principios mendelianos. Había en esa época serias dudas acerca de la posibilidad de establecer una relación entre los fenómenos citológicos y los principios mendelianos (MARTINS, *A teoria cromossômica da herança: proposta, fundamentação, crítica e aceitação*, cap. 3; MARTINS, 1999). De Vries no era ningún excéntrico. Durante toda la década de 1890, se dedicaba al estudio de la herencia a partir de cruzamientos experimentales, constatando la existencia del principio mendeliano de segregación en un gran número de especies vegetales.

La teoría de la mutación sólo comenzó a ser objetada en 1907, cuando los conocimientos citológicos y genéticos ya habían avanzado un poco más y la situación quedó completamente establecida alrededor de 1920. Al contrario de *Drosophila*, la estructura de los cromosomas de *Oenothera* es extremadamente compleja. Además de eso, hasta 1914, conforme Van Der Pas, no se sabía que un gran porcentaje de las semillas obtenidas en los cultivos de *Oenothera* era estéril (VAN DER PAS, 1981, p. 101).

Garland E. Allen explicó que los oponentes de De Vries (menos numerosos que los entusiastas) llegaron a su apogeo después de 1910. En 1914 Renner mostró que *Oenothera* era un heterocigoto permanente entre dos complejos y que los homocigotos puros no sobrevivían (ALLEN, 1969, pp. 68-9). Tan sólo en 1920 se demostró que esa planta presentaba un complejo genético incompatible con la interpretación original. Se trataba de hecho de un híbrido, y las "mutaciones" eran causadas principalmente por una nueva combinación de factores ya existentes (BOWLER, *Evolution. The history of an idea*, p. 277). Dunn explicó que estudios genéticos posteriores vinieron a mostrar que apenas dos de los casos estudiados por De Vries podían ser considerados como siendo producto de una mutación.⁷ Los restantes podrían ser explicados por diferentes procesos como poliploidía o recombinaciones raras ocurridas en heterocigotos que eran mantenidos en un sistema de equilibrio por el carácter letal de los homocigotos (DUNN, *A short history of genetics*, p. 60).

Historiadores de la ciencia como Hans Stubbe consideran que a pesar de los errores cometidos por De Vries (como, por ejemplo, considerar todos los casos de *Oenothera* como verdaderos mutantes), muchas de sus conclusiones son válidas hasta hoy (STUBBE, *History of genetics*, p. 231).

Finalizando, es posible decir que, a pesar de sus fallas, la teoría de la mutación de De Vries tuvo el mérito de desencadenar una serie de estudios citológicos y genéticos, los cuales, además de conducir a la elucidación del problema, trajeron contribuciones considerables para el desarrollo de la teoría cromosómica. Por otro lado, la teoría de la mutación de De Vries trajo contribuciones para la propia teoría de la evolución.

Notas

* La autora agradece a FAPESP por el apoyo recibido que posibilitó la realización de esta investigación.

¹ Ver al respecto KOTTLER, 1970; CAMPBELL, 1980 y LORENZANO, 1997, por ejemplo.

² Es importante esclarecer que De Vries no utilizaba el término "mutación" en el sentido en que es empleado actualmente.

³ Para Darwin los cambios por saltos (*sports*) ocurrían raramente en la naturaleza pero no podían originar directamente nuevas especies, pues él suponía que los nuevos tipos se cruzarían con los antiguos (DARWIN, *The origin of species*, cap. 1; DARWIN, *The variation of animals and plants under domestication*, vol. 1, cap. 2).

⁴ De acuerdo con Van der Pas, Jordan creía que entre las plantas reconocidas como pertenecientes a la misma especie había subgrupos cuyos miembros eran exactamente iguales y producían descendientes iguales a sí mismos por la auto-fertilización. Esos grupos fueron llamados más tarde de "jordanons", en cuanto la especie tradicional, "reconocida intuitivamente por el buen naturalista", fue llamada "linneon" (VAN DER PAS, 1981, pp. 99-100).

⁵ Darwin suponía la existencia de ciertas partículas (denominadas "gémulas"), mucho menores que las células, que serían portadoras de las características de los tejidos. De acuerdo con la hipótesis de la pangénesis, todas las partes del cuerpo estarían continuamente produciendo y expeliendo gémulas típicas de aquella parte que se distribuirían por el cuerpo. Ellas se reunirían en los elementos sexuales, los cuales, por eso, serían capaces de transmitir las características del cuerpo del padre y de la madre.

⁶ De Vries menciona diferentes trabajos que presentan evidencias favorables a una aparición en los estratos geológicos de las especies a los grupos y discontinuamente. Por ejemplo, los estudios realizados por W. O. Focke, E. Koken o Charles White (DE VRIES, *The mutation theory*, vol. 2, p. 661).

⁷ Ellos serían originados por la mutación de un nuevo alelo mendeliano, en el sentido actual del término.

Referencias bibliográficas

- ALLEN, Garland E. Allen. Hugo de Vries and the reception of the mutation theory. *Journal of the History of Biology* 2: 55-87, 1969.
- BATESON, William. Presidential address to the Zoological Section, British Association. Cambridge Meeting, [*Nature* 70 (1817): 406-13, 1904]. Reproducido en: BATESON, Beatrice. *William Bateson, F.R.S. Naturalist*, pp. 233-5. Cambridge: Cambridge University, 1928.
- BATESON, William. *Problems of Genetics*. [1913]. New Haven: Yale University Press, 1979.
- BOWLER, Peter J. *Evolution: the history of an idea*. 2nd. ed. Berkeley: University of California Press, 1989.
- BOWLER, Peter J. *The Mendelian revolution. The emergence of hereditary concepts in modern science and society*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- DARWIN, Charles. *The origin of species by means of natural selection*. 6. ed. Chicago. Encyclopaedia Britannica, 1952. (Great Books of the Western World 49).
- DARWIN, Charles. *The variation of animals and plants under domestication*. 2 vols. London: John Murray, 1868.
- CAMPBELL, Margaret. Did De Vries discover the law of segregation independently? *Annals of Science* 37 (6): 639-655, 1980.
- DAVENPORT, Charles. Evolution without mutation. *The Journal of Experimental Zoology* 2: 137-43, 1905.
- DELAGE, Yves. *L'hérédité et les grands problèmes de la biologie générale*. Deuxième édition revue et augmentée. Paris. C. Reinwald, 1903.
- DE VRIES, Hugo. *The mutation theory: Experiments and observations on the origin of species in the vegetable kingdom* [1902-3]. Trad. J. B. Farmer e A. D. Darbishire. Chicago. Open-Court Publishing Co., 1909-1910. 2 vols.; New York: Kraus Reprint Co., 1969.
- DUNN, Leslie C. *A short history of Genetics. The development of some of the main lines of thought. 1864-1939*. Ames. Iowa State University Press, 1991.
- HUXLEY, Julian. *Evolution. The modern synthesis*. London. Chatto & Windus, 1963.
- KELLOGG, Vernon L. *Darwinism today*. New York: Henry Holt, 1908.
- KOTTLER, M. J. Hugo de Vries and the rediscovery of Mendel's laws. *Annals of Science* 36 (5): 517-538, 1979.
- LORENZANO, Pablo. Hacia una nueva interpretación de la obra de Mendel. En: MOREY, Patricia & AHUMADA, José (eds.) *Epistemología e Historia de la Ciencia 1997 (Selección de trabajos de las VII Jornadas)*. Córdoba. Facultad de Filosofía y Humanidades - Universidad Nacional de Córdoba, pp. 220-31, 1997.

- MARTINS, Lilian A-C. P. *A teoria cromossômica da hereditariedade: proposta, fundamentação, crítica e aceitação*. Campinas: UNICAMP, 1997. [tesis de doctorado].
- MARTINS, Lilian A-C. P. Thomas Hunt Morgan e a teoria cromossômica: de crítico a defensor. *Episteme* 3 (6): 100-26, 1998.
- MARTINS, Lilian A-C. P. Did Sutton and Boveri propose the so called "Sutton-Boveri chromosome hypothesis?" *Genetics and Molecular Biology* 22 (2): 261-71, 1999.
- MAYR, Ernst. *The growth of biological thought: diversity, evolution, and inheritance*. Cambridge: Harvard University Press, 1982.
- MERRIAM, C. Hart. Is mutation a factor in the evolution of the higher vertebrates? *Science* [new series] 23 (581): 241-57, 1906.
- STUBBE, Hans. *History of Genetics from prehistoric times to the rediscovery of Mendel's laws*. Trad. T. R. Waters. Cambridge, MA: MIT Press, 1972.
- THEUNISSEN, Bert. Knowledge is power: Hugo de Vries on science, heredity and social progress *British Journal for the History of Science* 27: 291-311, 1994.
- VAN DER PAS, Peter W. Vries, Hugo de. In: GILLESPIE, Charles C. (ed.). *Dictionary of scientific biography*. New York: Charles Scribner's Sons, 1981. Vol. 14, pp. 95-105.