
LORANDE LOSS WOODRUFF (1879-1947), MIEMBRO HONORARIO DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE HISTORIA NATURAL, Y SUS INVESTIGACIONES PROTOZOOLÓGICAS*

ENRIQUE BELTRÁN**

*Artículo publicado originalmente en: Rev. Soc. Mex. Hist Nat., Tomo VIII (1-4): 15-28. 1947.

**Profesor de Protozoología en la Universidad de México, Secretario Perpetuo de la Sociedad Mexicana de Historia Natural.

El día 23 de junio, en su hogar de New Haven, Conn., EE.UU., dejó de existir el Dr. Lorande Loss Woodruff, profesor de Protozoología y Director del Osborn Zoological Laboratory en la Universidad de Yale, y uno de los más distinguidos miembros honorarios de nuestra corporación.

Con su muerte, la Sociedad Mexicana de Historia Natural pierde un destacado miembro, la ciencia mundial un biólogo de primera línea, y los Estados Unidos uno de los últimos y más brillantes protozoólogos de la vieja escuela que, desde comienzos de siglo, colocó a la protozoología americana en lugar preferente.

Y rara coincidencia, Woodruff paga su tributo a la Naturaleza apenas un mes después de que otro veterano y muy distinguido protozoólogo norteamericano, el Profesor Charles A. Kofoid, falleció también en Berkeley, Cal.

Nació Lorande L. Woodruff en la ciudad de New York, toda su educación superior la recibió en la Universidad de Columbia donde, por aquella época, había personalidades tan distinguidas como Henry Fairfield Osborn, el evolucionista paleontólogo, Bashford Dean, el gran ictiólogo, Edmund B. Wilson, el fundador y jefe indisputado de la citología norteamericana, y Gary N. Calkins que, aunque el más joven del grupo, apuntaba ya en forma brillante como un sagaz y entendido protozoólogo.

Woodruff obtuvo en el Departamento de Zoología, y al lado de tan eminentes figuras, sus diversos grados académicos: A. B. en 1901, A. M. en 1902, y Ph. D. en 1905, habiendo hecho su tesis doctoral bajo la dirección de Calkins, que tanta influencia habría de ejercer en su vida científica. Estudiante destacado, tuvo el honor de ser electo, en 1903 miembro de la Sociedad de Sigma Xi.

De 1903 a 1907, estuvo conectado con Williams College como Ayudante primero, e Instructor de Biología después. El propio año de 1907 pasó a la Universidad de Yale, donde permaneció hasta su muerte, durando pues, por cuarenta años su asociación con la misma. Ingresó como Instructor de Biología, ascendió a Profesor asistente en 1909, y en 1915 fue promovido a Profesor titular, habiendo cambiado su título por el de Profesor de Protozoología en 1922, siendo designado director del Osborn Zoological Laboratory en 1938, al retirarse el eminente fisiólogo y embriólogo Ross G. Harrison. En 1915, y seguramente en reconocimiento a su reciente y significativo descubrimiento del fenómeno de la endomixis en los infusorios, la Universidad de Yale le otorgó el grado honorario de Maestro en Artes.

Por largos años, desde 1905 hasta 1914, laboró también como Instructor de Invertebrados en el Laboratorio de Biología Marina de Woods Hole con el que siguió posteriormente conectado, habiendo sido designado "trustee" en 1924. Verano a verano se trasladaba a dicho sitio; y ahí fue donde en 1932 tuvo oportunidad de conocerlo, en el laboratorio de nuestro mutuo maestro, el Profesor Calkins.

La carrera científica de Woodruff, sumamente brillante, se desarrolló totalmente en el campo de la protozoología. Cuando ingreso al Departamento de Zoología de Columbia, acababa precisamente de aparecer la obra de Calkins "The Protozoa", que vino a marcar las orientaciones modernas en el estudio de los animales unicelulares, y que seguramente influyó mucho para determinar el camino de las futuras actividades científicas de Woodruff.

Ocupado Calkins por aquel entonces en los estudios relacionados con el ciclo vital de los infusorios ciliados, ideó el método de los cultivos de aislamiento cotidiano, con pedigré, que tanta importancia tuvo en el desarrollo

posterior de la protozoología, permitiendo enfocar muchos interesantes problemas fisiológicos de estos animales. Gracias a sus estudios, Calkins lo mismo que Hertwig en Alemania, había llegado a confirmar los puntos de vista de Maupas sobre el papel de la conjugación como mecanismo de rejuvenecimiento en los infusorios. Woodruff, siguiendo las huellas de su maestro, inició también el estudio cuidadoso y metódico de la conjugación y, el 1° de mayo de 1907, principió el cultivo de una "línea" de *Paramecium aurelia*, aplicando los métodos de Calkins.

Los resultados, sin embargo, fueron diametralmente opuestos a los de aquél. Calkins postulaba que una línea de infusorios, mantenida en condiciones adecuadas de cultivo, iba envejeciendo paulatinamente y acababa por morir, si se le impedía conjugarse; pero que, en cambio, si se le permitía hacerlo, recuperaba su vitalidad.

Woodruff, en sus experimentos, encontró que si se les proporcionaba un medio de cultivo más completo y variado, sus paramecios sobrevivían por periodos mucho más largos que los ciclos de Calkins. Así, en 1911, pudo publicar su primer trabajo sensacional (6) intitulado "Dos mil generaciones de *Paramecium*", en el que demostraba la supervivencia de sus líneas por ese largo periodo, sin necesidad de conjugación.

Este trabajo dio origen a una larga polémica, especialmente con Hertwig y con Calkins, que llegó a acalorarse grandemente. Se supuso primero que los resultados de Woodruff eran excepcionales, y después Calkins avanzó la idea de que la diferencia consistía en que en los paramecios había razas que conjugaban y otras que no lo hacían; que él había trabajado con una raza que normalmente conjugaba y en la que, en consecuencia, este fenómeno era indispensable para el mantenimiento de su vitalidad, mientras que Woodruff había encontrado, en el individuo "silvestre" con que comenzó su línea, un representante de una raza que no conjugaba y en la que, en consecuencia, este fenómeno no existente no podía tener significación alguna en el ciclo vital.

La conclusión de Calkins parecía apoyada en los hechos puesto que, efectivamente, en la línea de Woodruff, aunque los especímenes del experimento se habían encontrado en condiciones en las que cuidadosamente se excluía toda posibilidad de conjugación, otros miembros de la misma procedencia, conservados en cultivos en mesa habían sido ensayados tratando sin éxito de que conjugaran. Sin embargo, Woodruff emprendió una serie de nuevas experiencias, variando los medios de cultivo con la tendencia de inducir sus paramecios a la conjugación y por fin, cuando iban éstos en la generación 4,102, desde el día de su aislamiento, logró que conjugaran sin dificultad, al ponerlos en un medio hecho hirviendo yerbas de un estanque en el agua del mismo. De esta manera creyó haber contestado a la objeción de Calkins, y en 1914 publicó su artículo "Las llamadas razas conjugantes y no conjugantes de *Paramecium*" (15), en el que afirmaba que no existían en la Naturaleza tales razas diferenciadas y, en consecuencia, reafirmaba su punto de vista de que todas podían mantenerse indefinidamente sin que se alterara su vitalidad, y sin necesidad de conjugarse, siempre que el medio fuese adecuado.

Fue en esta época cuando se produjo el sensacional descubrimiento de la endomixis. Rhoda Erdman, en Alemania, estudiando los resultados publicados por Woodruff acerca de sus cultivos, había notado los ciclos o ritmos de depresión que se observan en los mismos, y que eran natural y espontáneamente vencidos por los organismos, lo que le llevó a pensar en algún periodo de reorganización, apoyado además en los resultados experimentales que había obtenido estudiando el ciclo vital de *Amoeba diploidea*. Llamado por Woodruff, que había hecho similares observaciones, vino a trabajar al Osborn Zoological Laboratory, en Yale, y ambos enfocaron el problema, llegando a descubrir, en 1914, que en los paramecios existían efectivamente periodos rítmicos de depresión, y que éstos correspondían a profundos cambios citológicos, especialmente de naturaleza nuclear.

En el propio año de 1914 publicaron una nota preliminar sobre el asunto (16) y luego, en Alemania, en agosto del propio año, una exposición más amplia e ilustrada con figuras (17) que, desgraciadamente, en vista de la situación internacional provocada por la primera guerra mundial no pudo ser corregida por los autores, y sacó toda una serie de errores. Poco después, en noviembre del mismo año, publicaron en los Estados Unidos la descripción definitiva del fenómeno (18), ilustrada con magníficas figuras y láminas a color en la que discutían el fenómeno con toda amplitud y proponían para designarlo el nombre de "endomixis".

El descubrimiento de la endomixis, y su interpretación por Woodruff y Erdman, puede considerarse como una de las aportaciones más valiosas a la fisiología de los protozoarios; tan valiosa como el descubrimiento de la conjugación por Müller, en el siglo XVIII, y los diversos intentos para explicar su significación, especialmente por Balbiani, Maupas, Weissmann y otros.

En el simposio sobre "Protozoología", celebrado en agosto de 1915 en Berkeley, Cal., por la Asociación Americana para el Adelanto de la Ciencia, presentó Woodruff un interesante trabajo sobre "El problema del rejuvenecimiento en los protozoarios", publicado en el mismo año en el "Biochemical Bulletin" (19) y en el que hacía una historia crítica de la conjugación y sus interpretaciones a partir de los clásicos trabajos de Maupas. Confiado en el resultado de sus experimentos manifiesta que considera el momento oportuno para dar una vista general al

problema de la endomixis, ya que él mismo, después de haber pasado por las etapas juveniles, parecía "acercarse a la madurez". Los puntos básicos de su trabajo son, por una parte, el comentario de un reciente artículo de Calkins, en el que éste reconoce que sus términos de "conjugantes y no conjugantes" para designar a diversas razas de paramecios, no fueron quizá muy felices, y que más bien no debió haber dicho que algunas razas conjugaban con más facilidad que otras. Combate la opinión de quienes dicen que en realidad sus observaciones no han cambiado el problema, puesto que si antes se suponía que la conjugación era necesaria, los trabajos de Woodruff sólo muestran que la endomixis sí lo es y que, en realidad, este proceso puede considerarse el equivalente del primero, cosa que Woodruff rechaza basado en que no hay en ella la formación de sincarión, aunque años más tarde (69) considerando las investigaciones de Diller, admite la posibilidad de que pueda presentarse alguna manifestación de autofecundación. Afirma que, con las contribuciones suyas y de Erdman, el asunto ha entrado en una nueva fase, puesto que queda por determinar si la endomixis es o no es un proceso necesario para el mantenimiento de la vitalidad, pero que el problema es "enteramente distinto al que trata de determinar el papel de la conjugación". En este trabajo, escrito en tono polémico, y un tanto agresivo tiene, sin embargo, una actitud de prudente reserva científica, pues aunque expresa que sus experimentos han demostrado que en los cultivos de paramecios, en condiciones favorables, la conjugación es innecesaria para el mantenimiento de la vitalidad, esto no quiere decir que deje de ser necesaria en otras condiciones, o que tenga en ocasiones un papel rejuvenecedor.

El descubrimiento de que el fenómeno de la endomixis no sólo se presenta en la raza de *Paramecium aurelia* estudiada por él, sino también en otras de la misma especie de muy diversas procedencias, inclusive de Europa, y sobre todo la comprobación de que también se presentaba tal fenómeno en *Paramecium caudatum* (20) le hizo pensar que se trataba de un mecanismo de índole general. Además, respondiendo a las objeciones de Hertwig, que suponía que la endomixis solamente ocurría en los viejos cultivos, pudo demostrar que se observaba igualmente en los recientemente aislados, de individuos silvestres.

En 1919, Dawson, trabajando en su laboratorio en Yale, descubrió la existencia de razas sin micronúcleo en el género *Oxytricha*, y este asunto fue desde luego estudiado cuidadosamente por Woodruff, quien pudo comprobar que también se presentaba en otros infusorios. Comprendió, desde luego, la gran significación teórica del asunto, y en un artículo publicado en 1921 (27) discute a fondo el problema, terminando por decir: "la conclusión aparente, es que un micronúcleo morfológicamente distinto, es un carácter variable entre diferentes razas de ciliados libres lo que, evidentemente, plantea muy interesantes problemas en relación con la conjugación y la endomixis".

En varios trabajos (38, 49, 50, 55) se ocupó detenidamente de estudiar el ciclo vital de *Blepharisma undulans*, de donde dedujo interesantes conclusiones que, aunque modificaron en detalle algunas otras de sus investigaciones, en cambio las confirmaban en todos sus aspectos básicos.

Los estudios anteriores marcan el clímax en la carrera de Woodruff y su más brillante contribución a la protozoología, que lo colocó en primera fila entre los cultivadores de esta ciencia. Sin embargo, sus aportaciones posteriores fueron también de gran importancia. Así, en los estudios realizados en *Spathidium spathula*, solo o en colaboración con Hope Spencer (31, 32, 33, 36, 42, 43), aportó materiales muy interesantes para los problemas de ciclo vital en los infusorios, llegando a la conclusión de que esta especie, en condiciones favorables, podía vivir indefinidamente no sólo sin presentar fenómenos de conjugación, pero también sin endomixis.

Como hemos visto, Woodruff se interesó en los problemas de la conjugación por influencia de Calkins, y los atacó usando fundamentalmente las técnicas de aislamiento cotidiano desarrolladas por éste; y que han permitido investigar con fruto tantos problemas de fisiología de los protozoarios.

Los resultados que obtuvo, sin embargo, como ya mencioné antes, fueron en parte distintos a los de Calkins, y esto dio lugar a una enconada disputa entre el maestro ilustre y el brillantísimo discípulo que, en ocasiones, y por interés de hacer triunfar sus respectivos puntos de vista tomaron tono polémico y aun agresivo en sus escritos, aunque sin rebasar nunca los límites de la mutua consideración y respeto que dos investigadores tan honestos y excelentes se merecían recíprocamente.

Así, en 1921, cuando Woodruff descubrió una nueva especie de paramecio, le puso por nombre *Paramecium calkinsi* (34), "...en reconocimiento al hecho -decía- de que el Prof. G.N. Calkins, de la Universidad de Columbia, introdujo a los estudiantes de los infusorios a los métodos exactos de cultivos con pedigre, por medio del aislamiento cotidiano". Y en un artículo publicado en 1925 (46), al hacer historia de los estudios sobre la significación de la conjugación expresa que tanto él como Enríques, en Roma, que llegó también a conclusiones diferentes a las de Calkins y semejantes a las de Woodruff, lo hicieron siguiendo fundamentalmente los lineamientos técnicos marcados por el propio Calkins con quien "...realmente principia el trabajo importante en el estudio del significado de la conjugación".

Años más tarde, en 1932, cuando tuve la oportunidad de conocer y tratar al profesor Woodruff, con quien desde entonces me ligó una sincera amistad que vino a sumarse a la vieja estimación científica que su trabajo me había merecido, fue precisamente el Prof. Calkins quien nos puso en contacto, y en su casa de Woods Hole, o en la de Woodruff en el mismo lugar, donde ambos acostumbraban pasar el verano, tuve más de una vez ocasión de ver la cordial amistad que entre ellos reinaba. Woodruff, continuamente, reconocía la profunda influencia que Calkins había tenido en su formación científica, y en la orientación del trabajo que ocupó la mayor parte de su atención y Calkins, por su parte, se enorgullecía del brillante discípulo que ocupaba en la ciencia protozoológica un lugar tan prominente como el suyo propio.

En 1941, Woodruff a la cabeza de un grupo de discípulos, colaboradores y amigos de Calkins, que se había retirado tres años antes del servicio activo, a los 70 años de edad, organizó un homenaje al veterano protozoólogo, haciendo, como se acostumbra en ocasiones semejantes, una colección de cartas de quienes con él habían estado ligados en diversas ocasiones y presentándoselas en un volumen empastado. Como al recibir su invitación para contribuir a la colección, le sugerí que además de ellos se le dedicara un volumen especial de alguna revista científica, por ejemplo el "Biological Bulletin", acogió Woodruff con agrado la idea pero temió que la precaria salud del maestro no permitiera el plazo de espera, que cuando menos tendría que ser de un año. Y una mañana de los comienzos de 1942, Woodruff y un grupo reducido de viejos amigos, discípulos y colaboradores de Calkins se presentaron en la casa de éste, en Scarsdale, cercana a New York, para entregarle el volumen de cartas en cuya portada, por inspiración de Woodruff, y usando el término que había empleado para encabezar el discurso pronunciado en 1938 (59) en la apertura de los nuevos Laboratorios de Biología de la Universidad de Oklahoma, había escrito "To Gary N. Calkins, Philosopher in little things and friend". Le llevaron también, como presente, un cómodo sillón de descanso y, según me decía Woodruff en una carta de febrero de 1942, el anciano maestro "...estaba muy conmovido y, seguramente, no hubiera podido resistir la cena de homenaje y otras ceremonias planeadas en su honor". Y en efecto, en enero de 1943 moría después de una larga enfermedad, publicando Woodruff una sentida nota necrológica (71).

Me he referido extensamente a los trabajos de Woodruff en relación con la fisiología de los protozoarios, y muy especialmente en lo que hace al mecanismo de la conjugación, y al descubrimiento de la endomixis, porque, indudablemente, tales contribuciones, cuyo valor puede considerarse permanente, constituyen la aportación más brillante que hizo a la ciencia. Pero, además de ello, realizó investigaciones en diversos campos de la fisiología de los protozoarios, por ejemplo en lo que hace a la acción de algunas hormonas sobre los mismos (41,44), a las modificaciones de su protoplasma en distintas circunstancias (12, 13, 14), al efecto de sus excreciones en la sucesión de formas en los cultivos (11) y otros problemas.

También se destacó en el campo de las investigaciones históricas, especialmente en relación con la biología (22, 30) y muy especialmente con las primeras épocas de la microscopía, siendo de notarse sus contribuciones sobre Baker (24), Hooke (25), John Hill (48), los microscopistas anteriores al siglo XIX (62) y la introducción del microscopio en Yale (70). Le interesó también la historia del estudio de los protozoarios, en relación con lo cual publicó una serie de muy importantes contribuciones que, desgraciadamente, nunca reunió en un volumen en el que, de haberlo intentado hubiese logrado una magnífica exposición de la historia de la protozoología, pues sus artículos se distinguían por la acuciosidad y correcta interpretación, como los que dedicó a los primeros protozoólogos (61) y a la historia del género *Paramecium* (73). Su biblioteca contenía una excelente sección de obras históricas, todas cuidadosamente estudiadas por él, y muchas de las cuales puso de manifiesto la significación después de analizarlas profundamente. Así por ejemplo, llamó la atención sobre la obra de Joblot (58) publicada en 1718, y considerada generalmente como un simple libro de microscopía, pero que, según Woodruff, puede correctamente calificarse como "el primer tratado de protozoología".

También le interesó grandemente el campo de la enseñanza, y publicó su libro "Animal Biology", que tuvo una amplia aceptación, lo que motivó la necesidad de una segunda edición en 1938 (60). Pero si el éxito de este libro puede considerarse halagador, mucho más aun lo fue el de "Foundations of Biology", dedicado a los cursos de Biología General en los Colegios, y que lleva a la fecha nada menos que seis ediciones (66), habiendo gozado de una popularidad apenas comparable con la del "College Zoology" de Hegner.

Los méritos científicos de Lorande Woodruff fueron debidamente reconocidos. En 1910, cuando apareció la segunda edición del "American Men of Science", su nombre alcanzó el ambicionado asterisco que indicaba se le consideraba entre los 250 investigadores americanos que más se habían distinguido después de 1906, en que apareció la primera edición de dicho directorio; en 1915, como ya dije, la Universidad de Yale le confirió el grado honorífico de Maestro en Artes; en 1922 fue electo miembro de la Academia Nacional de Ciencias, corporación de máximo prestigio en los Estados Unidos; en 1928-1929 fue presidente de la División de Biología y Agricultura en el Consejo Nacional de Investigaciones; en 1923 vicepresidente de la Sociedad de Naturalistas y en 1942 ocupó la

presidencia de la Sociedad de Zoólogos, habiendo formado también parte de muchas otras corporaciones científicas de gran prestigio.

La Sociedad Mexicana de Historia Natural lo eligió miembro honorario en 1942 y, desde entonces, se mantuvo en contacto constante con la corporación, enterándose siempre de la marcha de la misma, a cuya biblioteca obsequió la muy valiosa colección, hoy sumamente rara en su forma completa como la recibida por nosotros, de los trabajos publicados desde 1914 por los miembros del Osborn Zoological Laboratory de la Universidad de Yale, y que forma en la actualidad, y hasta el año de 1943, último recibido, una serie de 24 volúmenes, con varios centenares de trabajos, algunos de gran mérito, que se consideran ya como clásicos científicos. En una nota necrológica recientemente escrita en ocasión del fallecimiento del Prof. Kofoed, hacía yo notar que el grupo de brillantes y veteranos protozoólogos americanos, que en los últimos años habían experimentado la pérdida de figuras tan destacadas como Metcalf, Mast, Hegner y Calkins, estaba desapareciendo a gran prisa, dejando en la ciencia de su país, y en la del mundo entero, un vacío difícil de llenar.

No podía prever entonces que, apenas un mes después habría de fallecer también Lorande Loss Woodruff, el único superviviente de esa pléyade magnífica. Con su desaparición, se cierra un ciclo de los estudios protozoológicos en nuestro continente, que por la calidad de los hombres que lo integraron, constituye sin duda alguna, en todo el mundo uno de los focos más brillantes en la primera mitad del presente siglo, de "Philosophers in little things".

LISTA DE PUBLICACIONES DEL DR. LORANDE L. WOODRUFF

La lista siguiente contiene la mayor parte y la más importante de las publicaciones del Prof. Woodruff, pero no tiene la pretensión de ser completa, ya que presenta varias omisiones, especialmente en las publicaciones anteriores a 1914. Con excepción de aquellas publicaciones precedidas de *, todas las demás han sido personalmente consultadas. El número entre paréntesis que antecede al nombre de la publicación, es el empleado para las referencias en el texto del artículo.

- *(1) 1905. "An experimental study on the life history of hypotrichous infusoria". *J. Exp. Zool.*, 2: 585.
- *(2) 1908. "The life cycle of *Paramecium* when subject to a varied environment". *Amer. Naturalist*, 42: 526.
- *(3) 1909. "Further studies on the life cycle of *Paramecium*". *Biol. Bull.*, 17: 287.
- *(4) 1911. "*Paramecium aurelia* and *Paramecium caudatum*". *J. Morphol.*, 22.
- *(5) 1911. "Evidence on the adaptation of paramecia to different environments". *Biol. Bull.*, 22.
- (6) 1911. "Two thousand generations of *Paramecium*". *Archiv. f. Protistenk.*, 21: 263-266.
- *(7) 1911. (con George A. Baitsell) "Rhythms in the reproductive activity of infusoria". *J. Exp. Zool.*, 11: 339.
- *(8) 1911 (con G.A. Baitsell) "The reproduction of *Paramecium aurelia* in a constant culture medium of beef extract". *J. Exp. Zool.*, 11.
- *(9) (con G.A. Baitsell) "The temperature coefficient of the rate of reproduction of *Paramecium aurelia*". *Am. J. Physiol.*, 29.
- *(10) 1912. "A summary of results of certain physiological studies on a pedigreed race of *Paramecium*". *Biochem. Bull.*, 1: 396-401.
- *(10bis) 1912 "Observations on the origin and sequence of the protozoan fauna of hay infusions". *J. Exp. Zool.*, 12.
- *(11) 1913. "The effect of excretion products of infusoria on the same and on different species, with special reference to the protozoan sequence in infusions". *J. Exp. Zool.*, 14.
- *(12) 1913. (con F.P. Underhill) "Protozoan protoplasm as an indicator of pathological changes. I In nephritis". *J. Biol. Chem.*, 15: 385.
- *(13) 1913. (con F.P. Underhill) "Idem. II In carcinoma". *J. Biol. Chem.*, 15: 401.

- (14) 1914. (con F.P. Underhill) "Idem. III In fatigue". *J. Biol. Chem.*, 17: 9-11.
- (15) 1914. "So-called conjugating and non conjugating races of *Paramecium*". *J. Exper. Zool.*, 16:237-240.
- (16) 1914. (con Rhoda Erdman) "Complete periodic nuclear reorganization without cell fusion in a pedigreed race of *Paramecium*". *Proc. Soc. Exp. Bio. Med.* 11: 73-74.
- (17) 1914. (con R. Erdman) "Vollständige periodische Erneuerung des Kernapparates ohne Zellverschmelzung bei Reinlinigen Paramecien". *Biol. Centralbl.*, 34: 484-496.
- (18) 1914. (con R. Erdman) "A normal periodic reorganization process without cell fusion in *Paramecium*". *J. Exper. Zool.*, 17: 425-501.
- (19) 1915. "The problem of rejuvenescens in protozoa". *Biochem. Bull.*, 4: 371-378.
- (20) 1916 (con R. Erdman) "The periodic reorganization process in *Paramecium caudatum*". *J. Exper. Zool.*, 20: 59-97.
- (21) 1917. "Rhythms and endomixis in various races of *Paramecium aurelia*". *Biol. Bull.*, 33: 51-56.
- (22) 1917. "Erasmus Darwin and Benjamin Franklin". *Science*, 46: 291-292.
- (23) 1917. "The influence of general environmental conditions on the periodicity of endomixis in *Paramecium aurelia*". *Biol. Bull.*, 33: 437-462.
- (24) 1918. "Baker on the microscope and the polype. *Scient. Monthly*. ?: 213-226. (Sin volumen en el sobretiro).
- (25) 1919. "Hooke's Micrographia". *Amer. Naturalist.*, 53: 247-264.
- (26) 1920. "The origin of life" en "The evolution of the earth and its inhabitants" R.S. Lull, ed. Yale Univ. Press. New Haven.
- (27) 1921. "Amicronucleate infusoria". *Proc. Soc. Exp. Biol. & Med.*, 18: 28-29.
- (28) 1921. "The present status of the long-continued pedigree culture of *Paramecium aurelia* at Yale University". *Proc. Nat. Ac. Sci.*, 7: 41-44.
- (29) 1921. "*Paramecium calkinsi* sp. nov." *Proc. Soc. Exp. Biol. & Med.*, 18: 137-138.
- (30) 1921. "History of Biology". *Sc. Monthly*, 12: 253-281.
- (31) 1921. (con Hope Spencer) "The food reactions of the infusorian *Spathidium spathula*". *Proc. Soc. Exp. Biol. & Med.* 18: 183-184.
- (32) 1921. (con H. Spencer) "The early effects of conjugatin on the division rate of *Spathidium spathula*". *Proc. Soc. Exp. Biol. & Med.*, 18: 240-241.
- (33) 1921. (con H. Spencer) "The survival value of conjugation in the life history of *Spathidium spathula*". *Proc. Soc. Exp. Biol. & Med.* 18: 303-304.
- (34) 1921. "The structure, life history and intrageneric relationships of *Paramecium calkinsi* sp. nov." *Biol. Bull.*, 41: 171-180.
- (35) 1921. "Micronucleate and amiconucleate races of infusoria". *J. Exp. Zool.*, 34: 329-337.
- (36) 1922. (con H. Spencer) "Studies on *Spathidium spathula*. I The structure and behavior of *Spathidium*, with special reference to the capture and ingestion of its prey". *J. Exp. Zool.*, 35:189-205.
- (37) 1922. (con H. Spencer) "On the method of macronuclear disintegration during endomixis in *Paramecium aurelia*". *Proc. Soc. Exp. Biol. & Med.*,19: 290-291.
- (38) 1922. (con H. Spencer) "Racial variations in *Blepharisma undulans*". *Proc. Soc. Exp. Biol. & Med.* 19: 339-340.

- (40) 1923. (con H. Specner) "*Paramecium polycaryun* sp. nov." *Proc. Soc. Exp. Biol. & Med.* 20: 338-339.
- (41) 1923. (con W.W. Swingle) "The effect of thyroid products on *Paramecium*". *Proc. Soc. Exp. Biol. & Med.* 20: 386.
- (42) 1924. (con H. Spencer) "Studies on *Spathidium spathula*. II The significance of conjugation". *J. Exp. Zool.*, 39: 133-196.
- (43) 1924. (con E.L. Moore) "On the longevity of thyroid and some other endocrine products on *Paramecium*". *Am. J. Physiol.*, 69: 21-34.
- (44) 1924. "The protozoa and the problem of adaptation" *In*: "Organic adaptation to environment". M.R. Thorpe ed., Yale Univ. Press., New Haven.
- (45) 1925. "The physiological significance of conjugation and endomixis in the infusoria". *Amer. Naturalist*, 58: 225-249.
- (46) 1926. "Eleven thousand generations of *Paramecium*". *Quat. Rev. Biol.*, 1: 436-438.
- (47) 1926. "The versatile Sir John Hill, M.D." *Amer. Naturalist*, 40: 417-442.
- (48) 1927. "Studies on the life history of *Blepharisma undulans*". *Proc. Soc. Exp. Biol. & Med.* 24: 769-770.
- (49) 1928. "Further studies on the life history of *Blepharisma undulans*". *Proc. Soc. Exp. Biol. & Med.*, 25: 683-684.
- (50) 1929. "Thirteen thousand generations of *Paramecium*". *Proc. Soc. Exp. Biol. & Med.* 26: 707-708.
- (51) 1931. "Micronuclear variation in *Paramecium aurelia*". *Quart. J. Mic. Sci.*, 44: 537-545.
- (52) 1931. "Variation in the micronuclear apparatus of *Paramecium bursaria*". *Proc. Soc. Exp. Biol. & Med.* 28: 818.
- (53) 1932. "*Paramecium aurelia* in pedigree culture for Twenty five years". *Trans. Am. Mic. Soc.*, 51: 196-198.
- (54) 1935. "Physiological significance of conjugation in *Blepharisma undulans*". *J. Exp. Zool.*, 70: 287-300.
- * (55) 1935. Artículo "Biology" en "The Loose-leaf Encyclopedia.
- (56) 1936. "Foundations of Biology" 5a ed. MacMillan, New York.
- (57) 1937. "Louis Joblot and the Protozoa". *Sci Monthly*, 44: 41 -47.
- (58) 1938. "Philosophers in little things". Univ. of Oklahoma Bull., Biology Issue 739, 15 p.
- (59) 1938. "Animal Biology". MacMillan, New York.
- (60) 1939. "Some pioneers in microscopy, with special reference to protozoology". *Trans. New York Acad. Sci.*, 1: 1-4 (en el sobretiro consultado).
- (61) 1939. "Edmund Beecher Wilson". *Am. J. Sci.*, 73: 485-516.
- (62) 1940. "Endomixis" en Protozoa in Biological Research". G.N. Calkins y F. Summers eds. Columbia Univ. Press, New York.
- (63) 1940. "Biology" en "The development of the Sciences" 2a serie, G.A. Baitsell ed., Yale Univ. Press., New Haven.
- (64) 1941. "Foundations of Biology" 6a. ed., MacMillan, New York.
- (65) 1941 "Population problems in protozoa. Introduction". *Amer. Naturalist.*, 75: 401-405.
- (66) 1942. "Robert William Hegner, 1880-1942". *Sci. Monthly*, 55: 182-184.

(69) 1943. "The pedigreed culture of *Paramecium aurelia* at Yale University". *Proc. Nat. Acad. Sci*, 29: 135-136.

(70) 1943. "The advent of microscope at Yale College". *Amer. Scientist*, 31: 341-345.

*(71) 1943. "Gari N. Calkins". Collection Net 18.

(72) 1945. "Alexander Petrukevitch, colleague and friend". *Trans. Conn. Ac. Arts & Sci.*, 36: 7-8.

(73) 1945. "The early history of the gems *Paramecium* with special reference to *P. aurelia* and *P. caudatum*". *Trans. Conn. Ac. Arts & Sci*, 36: 517-527.