

JEAN MARTIN CHARCOT, EL PADRE DE LA NEUROLOGÍA MODERNA

Autores

Claudia Lissette Martínez Suárez ¹, Carlos Rivero Chau ²

¹ Estudiante de cuarto año de Medicina. Alumna ayudante en Neurocirugía. Universidad de Ciencias Médicas de Cienfuegos. Facultad "Dr. Raúl Dorticós Torrado". Cienfuegos. Cuba. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2763-6132>. Correo electrónico: clms567.3@gmail.com. Teléfono: +5358238537.

² Estudiante de cuarto año de Medicina. Alumno ayudante en Medicina Interna. Universidad de Ciencias Médicas de Cienfuegos. Facultad "Dr. Raúl Dorticós Torrado". Cienfuegos. Cuba. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5757-8474>. Correo electrónico: carlosrchau@nauta.cu. Teléfono: +5353078390.

RESUMEN

Jean Martin Charcot, neurólogo francés que evidenció la relación existente entre las lesiones de ciertas partes del cerebro y la afectación de las habilidades motrices. El objetivo de este trabajo fue describir los acontecimientos fundamentales de la vida, obra y legado de Jean Martin Charcot, el padre de la neurología. Se realizó para ello un estudio de tipo descriptivo, que utilizó la historia de vida para lograr su propósito. Fueron empleados los métodos teóricos: analítico-sintético, deductivo-inductivo y el histórico-lógico, para la recolección de los datos se utilizaron la iconografía y la revisión documental. Se consultaron 15 referencias bibliográficas, de acuerdo con el resumen, relevancia y libre acceso que presentaban. Charcot fue el precursor de la psicopatología, además de fundador de la escuela de neurología del Hospital de la Salpêtrière, donde también impartió clases, con lecciones célebres. Freud fue uno de sus alumnos, así como Joseph Babinski, Gilles de la Tourette, Gilbert Ballet y Jean Leguierc inventor del método Benedicte. Médicos de muchos países acudieron a trabajar con él y recibir sus lecciones.

Palabras clave: Galeno; Jean Martin Charcot; Medicina; Neurología.

ABSTRACT

Jean Martin Charcot, French neurologist who evidenced the relationship between injuries to certain parts of the brain and the impairment of motor skills. The objective of this work was to describe the fundamental events of the life, work and legacy of Jean Martin Charcot, the father of neurology. For this, a descriptive study was carried out, which used the life history to achieve its purpose. Theoretical methods were used: analytical-synthetic, deductive-inductive and historical-logical, for data collection iconography and documentary review were used. Bibliographical references were consulted, according to the abstract, relevance and free access they presented. Charcot was the forerunner of psychopathology, as well as the founder of the neurology school at the Hospital de la Salpêtrière, where he also taught, with famous lectures. Freud was one of his students, as well as Joseph Babinski, Gilles de la Tourette, Gilbert Ballet, and Jean Leguircq, inventor of the Benedicte method. Physicians from many countries came to work with him and receive lessons from him.

Keywords: Galen; Jean-Martin Charcot; Medicine; Neurology.

INTRODUCCIÓN

Grandes personajes han dejado impresos sus nombres a lo largo de la historia de la neurología. Uno de ellos, sin duda alguna, fue el neurólogo Jean Martin Charcot, considerado como el fundador de la neurología moderna y cuyo nombre está asociado, por lo menos, con quince epónimos médicos.

Jean Martin Charcot nació el 29 de noviembre de 1825 en París, Francia, en el seno de una familia modesta. Junto con sus tres hermanos, acudió a la escuela con el entendimiento de que sólo uno de ellos, el que lograra un mayor grado académico, podría continuar hasta el adiestramiento profesional; fue Jean Martin quien lo logró.^{1,2}

En su gran obra se pueden distinguir dos fases de estudio: una primera dedicada a la neurología (motivo por el cual se considera a Charcot como el padre de la neurología moderna) y una segunda, más breve y al final de su carrera, dedicada a algunos aspectos dentro del área psiquiátrica.^{3,4}

Charcot tuvo alumnos que provenían de diferentes lugares del mundo, en particular, de casi todos los países europeos. Sus discípulos posteriormente serían pioneros de la neurología en sus países de origen. Hasta un 40 % de ellos provenía de Rusia y Europa del Este, algunos de Canadá y de algunos países latinoamericanos.^{5,6}

¿Cómo se desempeñó Jean Martin Charcot en su labor como médico?

Hace más de cien años de la muerte de Charcot y las generaciones actuales, inmersas en los descubrimientos contemporáneos y en el progreso de la ciencia, han olvidado todo lo que su genio creó y la influencia que tuvo durante la segunda mitad del siglo pasado en el mundo entero y el legado tan preciado que dejó hasta los tiempos actuales. En consecuencia, con el

fin de proporcionar un aporte teórico se propone esta investigación, con el objetivo de describir los acontecimientos fundamentales de la vida, obra y legado de Jean Martin Charcot, el padre de la neurología.

MÉTODOS

Se llevó a cabo un estudio de tipo descriptivo, en el que la historia de vida fue la utilizada para lograr su propósito, en la Universidad de Ciencias Médicas de Cienfuegos, durante el período comprendido entre el 10 y el 22 de abril del 2022. Se empleó la forma biográfica para reseñar la vida de Jean Martin Charcot. Se emplearon los métodos teóricos: analítico-sintético, el cual permitió llevar la investigación de lo general a lo particular y seleccionar los aspectos significativos que conformaron el informe final; deductivo-inductivo, mediante el cual fue posible explicar la vida de este galeno dentro de la historia de la medicina y comprender su relevancia a nivel internacional; y el histórico-lógico, mediante el cual se delimitó el marco temporal de la investigación determinado entre 1825 y 1893; y se pudo analizar el contexto histórico en el que se desarrolló la misma. Para la recolección de los datos se utilizaron la iconografía (estudio de fotografías que reflejan la vida personal y profesional) y la revisión documental. Se consultaron 15 referencias bibliográficas, de acuerdo con el resumen, relevancia y libre acceso que presentaban. Los autores declaran no haber encontrado conflictos de intereses para ninguno de los tópicos abordados.

DESARROLLO

Charcot ingresó a la Facultad de Medicina de París en 1844 junto con otros 2 500 estudiantes. No deja de ser llamativo el enorme nivel de deserción y fracaso académico que para ese entonces existía en dicha facultad, ya que solo 38 de ellos lograron terminar los estudios. Fue interno de los hospitales de París en 1848, y recibió su título de doctor en Medicina en 1853.^{7,8}

Ese mismo año realizó una tesis para obtener su doctorado titulada: "Estudio para utilizar, en la historia de la afección descrita con el nombre de gota asténica primitiva, nodularidades en las articulaciones, reumatismo articular crónico (forma primitiva)", en la cual estableció la distinción entre artritis reumatoide crónica y gota. Poco tiempo después fue nombrado jefe de clínica e inició, a la vez, su práctica privada.^{5,6}

Fue elegido en 1856 médico de los hospitales de París y en 1860 fue nombrado profesor agregado, elaborando una tesis acerca de las neumonías crónicas. Se presentó al Concurso de Agregación, en 1860, con los temas: "Las hemorragias intestinales" y "Las neumonías crónicas". En 1862, a los 37 años, fue nombrado superintendente médico del Hospice de la Salpêtrière, donde inició su labor de investigación sobre enfermedades neurológicas.^{7,8}

Este hospital era un inmenso hospicio que albergaba 5 000 pacientes, de los cuales 3 000 tenían condiciones y enfermedades neurológicas. Esta situación permitiría el desarrollo de la especialidad, la realización de múltiples trabajos de investigación y la descripción y clasificación de un importante número de condiciones y enfermedades neurológicas y psiquiátricas. De esta situación derivan las siguientes palabras de Charcot: "estamos en posesión de una clase de museo de patología viviente de recursos casi inagotables".^{2,3,4}

Durante ese período tuvo como mentores y profesores a Pierre Rayer, decano de la Facultad de Medicina y médico del emperador Napoleón III, y a Guillaume Duchenne, quien lentamente lo induciría al terreno de la neurología. Al llegar Charcot a la Salpêtrière conocía muy bien la medicina general, nada de las enfermedades mentales y muy poco de las enfermedades nerviosas. De hecho, estas últimas ocupaban casi la totalidad de camas de su servicio. En aquella época las enfermedades nerviosas estaban mal clasificadas y muchas veces confundidas entre ellas por lo que Charcot, fiel a su costumbre, decidió intentar corregir de alguna manera esta deficiencia.^{8,9}

Se documentó de la literatura inglesa y alemana de entonces que no aportaba gran cosa a la sistematización. Poco encontró en la literatura francesa, salvo las publicaciones de Duchenne de Boulogne a quien había conocido varios años antes. De hecho se convierte en uno de los pocos asistentes libres al servicio de Charcot quien aprende bastante sobre las enfermedades que afectaban el sistema nervioso a tal punto que años después Charcot se referiría a él como su Maestro en Neurología. Así y de a pocos organizó un rudimentario pero único laboratorio en donde se realizaron investigaciones sobre anatomía normal y patológica del sistema nervioso.^{5,6,7}

Exhibía habilidades en varios campos, no solo como médico, sino como pintor (dejó obras extraordinarias sobre los hallazgos que observaba en sus pacientes y en piezas patológicas), profesor universitario y líder en gestión hospitalaria, ya que, aun cuando parezca increíble, los pacientes, muchos de ellos hospitalizados desde años atrás, vivían en el hospital y recibían cuidados, pero no tenían historia clínica. Charcot ordenó entonces que todos la tuviesen y que se consignara en ella la evolución diaria, tal y como se hace hoy en día. Era tan grande su influencia en las decisiones que se tomaban en el hospital, que se le dio el apelativo de "César de la Salpêtrière".^{9,10}

Desarrolló un método de enseñanza que le proporcionaría fama mundial, el cual se realizaba en una sala a la cual asistían no solo estudiantes de medicina, médicos y enfermeras, sino intelectuales, periodistas, artistas e incluso el público general. Aunque este método anatomoclínico había sido instaurado por el patólogo italiano Giovanni Morgagni y refinado por el clínico francés René Laennec, Charcot lo adoptó en el campo de la neurología; consistía en el examen de grandes números de pacientes con signos neurológicos similares y la documentación de la evolución de la enfermedad, con fotografías y hallazgos obtenidos con técnicas de electrofisiología, neurooftalmología y neuropsicología.^{11,12}

Una segunda fase del método consistía en el análisis post mortem de estos pacientes, identificando lesiones anatómicas y correlacionándolas con las manifestaciones clínicas. Había iniciado estudios sobre hipnosis, la practicaba en algunos pacientes y hacía demostraciones sobre las modificaciones en la conducta de ellos durante el trance hipnótico.^{13,14}

A veces él mismo durante alguna lección imitaba algún signo clínico como la desviación de la cara en una parálisis facial o la actitud rígida de un paciente con Parkinson. Charcot preparaba sus lecciones con extremo cuidado, se documentaba de toda la literatura francesa y extranjera pues leía fácilmente en inglés, alemán e italiano. Sus lecciones estaban escritas de puño y letra y a veces podían ser publicadas sin correcciones; sin embargo Charcot no las leía jamás durante ellas.^{4,5,6}

De esta manera Charcot creó con el transcurrir del tiempo una gran escuela en la Salpêtrière. Fueron algunos de sus discípulos Bouchard, Brissaud, Pierre Marie, Pitres, Bourneville, Cilles de la Tourette, Babinski, Souques y Meige. Grandes neurólogos extranjeros también pasaron por el servicio de Charcot como Bechterew, Kojewnikow, Marinesco, Freud y Sachs. Esto le hizo acreedor de otros dos títulos de la historia de la medicina: el de primer profesor de enfermedades del sistema nervioso y el de uno de los principales investigadores del siglo XIX en el campo de la neurología clínica.^{11,12}

Charcot trabajó e hizo aportes en varios campos de la medicina: geriatría, reumatología y neumología, entre otros, pero, sin duda, los más significativos se encuentran en neurología. Describió diferentes tipos de temblor, poniendo el énfasis en el estudio de la "parálisis agitante", condición descrita por el médico inglés James Parkinson (1755-1824) en 1817. Charcot dio a esta condición la categoría de entidad nosológica, y propuso la designación de "enfermedad de Parkinson" en 1872, como se conoce hasta hoy.^{13,14}

Además, hizo grandes aportes a la descripción y el análisis de la histeria y su relación con traumatismos. Observó que a pesar de que este desorden mental se expresa de forma diferente en cada paciente, la mayoría sufría una combinación de síntomas físicos y psicológicos; los que incluían delirio, parálisis, rigidez y contracción muscular, ceguera, incapacidad para hablar, pérdida de sensibilización, vómito, deformidad en articulaciones y otros más. Muchos de estos síntomas eran ignorados por los médicos de la época, sin embargo, Charcot creía que estos eran una indicación de un problema fisiológico.^{14,15}

Para comprobar su hipótesis, combinó sus métodos tradicionales de diagnósticos con novedosas técnicas de experimentación como hipnosis, magnetismo y electricidad. Charcot llegó a la conclusión que la susceptibilidad a la hipnosis era un indicador de histeria latente. Basó su creencia en el hecho de que se podían producir síntomas de histeria por medio de la sugestión hipnótica. Aunque en la actualidad, se sabe que algunas de sus conclusiones eran erróneas, Charcot es considerado como el primero en demostrar la clara relación entre psicología y fisiología. Además de definir con precisión todos los síntomas de la histeria,

distinguió entre el caso normal de ésta y la que denominó "crisis general de histeria", actualmente conocida como esquizofrenia paranoide.^{4,5,6}

Dado que las enfermedades de la médula espinal llamaron enormemente la atención de Charcot, las primeras descripciones de esclerosis múltiple datan del siglo XIV, Charcot hizo aportes muy importantes a la clínica de esta enfermedad al describir la triada que lleva su nombre: nistagmus, temblor y habla escandida, y a los hallazgos característicos en histopatología. En 1868, Charcot la llamó esclerosis en placas. En 1873 publicó el: "Ensayo de la fisiología patológica de la médula espinal", donde hace un estudio importante de la esclerosis en placas. Asimismo, describió la esclerosis lateral amiotrófica, con la colaboración de su alumno Alix Jofroy (1844-1908), haciendo una descripción clínica muy precisa. Sus hallazgos y observaciones fueron publicados en 1874. En honor a él, dicha condición se conoce como enfermedad de Charcot.^{6,7,8}

Aunque en 1868 había hecho la descripción de la columna de Charcot (también conocida como articulación de Charcot) relacionada con el tabes dorsal (en la neurosífilis), esta fue relacionada mundialmente como una artropatía relacionada con la ataxia motora durante el 7th International Medical Congress realizado en Londres en 1881.^{11,13}

Posteriormente, en 1883, Charcot y Charles Féré publicaron un estudio sobre el pie tabético. En 1886, con la colaboración de su discípulo Pierre Marie (1853-1940), estudió a profundidad una condición que produce atrofia muscular en la región peronea, condición también descrita por el médico británico Howard Henry Tooth (1856-1925) ese mismo año. Se trata de una neuropatía hereditaria motora y sensitiva, cuyo epónimo es "enfermedad de Charcot-Marie-Tooth".^{14,15}

Junto con su alumno Charles Joseph Bouchard (1837-1915) describió microaneurismas arteriales en arterias cerebrales que aún siguen siendo considerados una de las causas de las hemorragias intracraneales hipertensivas y que se denominan aneurismas de Charcot y Bouchard. Describió, además, la migraña oftalmopléjica.^{12,13}

En la época en la que Charcot trabajó, las enfermedades neurológicas no se diferenciaban de las psiquiátricas. Todas recibían la denominación de "desórdenes del sistema nervioso". Sus aportes fueron fundamentales para empezar a diferenciar las dos especialidades, pero pasarían varios años antes de estas dos disciplinas tomaran su propio rumbo.^{14,15}

En julio de 1881, por iniciativa del entonces presidente de la Cámara, León Gambetta (1838-1882), el Parlamento francés creó la cátedra "Clinique des maladies du système nerveux" en la Facultad de Medicina de París, y el 2 de enero de 1882 Charcot fue nombrado titular de ella. Fue la primera cátedra en su género a escala mundial. En 1872, Charcot, junto con Pierre Marie, fue uno de los fundadores de la revista Archives de Neurologie, y también director de la publicación Iconographie de la Salpêtrière, inmensa obra que contiene material visual, dibujos y fotos de gran valor para la enseñanza de la neurología.^{3,4}

Charcot participó de todas las Sociedades médicas y neurológicas importantes. Fue miembro de la Sociedad de Biología desde 1851 y vicepresidente en 1860. Miembro de la Academia de Medicina en 1872 y miembro del Instituto de Francia en 1883. Presidente de la Sociedad Anatómica de 1872 a 1882. Además, Charcot fue consultor a nivel nacional e internacional. Tuvo como pacientes al Emperador del Brasil, la Reina de España, los Duques de Rusia, entre otros.^{6,7}

El fundador de la neurología moderna padecía enfermedad coronaria e insuficiencia cardiaca congestiva. Presentó una crisis de angor pectori el 31 de diciembre de 1890, y posteriormente otros episodios, al igual que síncope a repetición que le obligaron a suspender su actividad académica en el transcurso de 1891. El 15 de agosto de 1893, en una excursión organizada por dos de sus alumnos, murió a causa de un edema pulmonar.

El féretro de Charcot fue llevado a París y depositado en la Capilla de la Salpêtrière donde fue velado por las enfermeras de su Servicio. Al día siguiente desfilaron todas las pacientes de la Salpêtrière así como un gran número de sus antiguos pacientes. Sin ningún discurso, como él lo deseaba, el féretro fue trasladado al cementerio de Montmartre. Luego de la muerte de Charcot, sus discípulos recolectaron una suma de dinero para erigir una estatua de su ilustre maestro con su indumentaria habitual y que sería instalada a la entrada del Hospital de la Salpêtrière; la mitad de la suma la enviaron médicos del extranjero. Lamentablemente, durante la ocupación de París por parte del ejército nazi la estatua fue fundida para hacer municiones. En la actualidad hay una iniciativa mundial para recaudar fondos y volver a erigirla.^{8,9,10}

Es tal la influencia ejercida por Charcot, que el día del neurólogo se celebra el 29 de noviembre, fecha que coincide con su natalicio. Su legado, vida y obra, al igual que las publicaciones de las que fue fundador o cofundador, y el acervo iconográfico que dejaron el gran Charcot y sus discípulos, evocan momentos cruciales acerca del nacimiento de la neurología.

CONCLUSIONES

Jean Martin Charcot es conocido como el padre de la neurología debido a sus grandes aportes en esta rama y en la psiquiatría, aunque también abarcó estudios en varios campos de la medicina como la geriatría, la reumatología, la neumología, entre otros. Este galeno fue mentor de grandes personalidades de la historia de la medicina, y gracias a sus enseñanzas se crearon nuevos aportes a esta. Debido a sus investigaciones se dieron a conocer diversas enfermedades aún desconocidas en su época y que con el paso de los años se fueron reforzando los conocimientos sobre ellas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lotti Mesa RL, Gutiérrez Gacel L, Fabra Aguirre GS. Jean Martin Charcot, un homenaje 127 años después su muerte. Morfovirtual [Internet]. 2020 [citado 11/04/22]; 6(2): 45-56. Disponible en: <http://www.morfovirtual2020.sld.cu/index.php/morfovirtual/morfovirtual2020/paper/viewPDFInterstitial/645/562>
2. Brigo Gomez F. Jean-Martin Charcot (1825–1893) y sus dudas sobre la histeria. Neuro-Psiquiat [Internet]. 2021 [citado 12/04/22]; 79(6): 173-174. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/anp/a/KSkJGVn5xW6RrMBrZFRJvkj/abstract/?lang=en>
3. Brigo Gomez F, Martini Suarez M, Lorusso River L. Jean-Martin Charcot (1825–1893) y el "síndrome de Alicia en el país de las maravillas". Cienc Neurol [Internet]. 2021 [citado 12/04/22]; 8(4): 1-4. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10072-021-05531-5>
4. Albuja Flores KJ. Reestructuración organizacional y perfiles de cargo por competencias para el plantel educativo particular "Jean Martín Charcot" de la ciudad de Quito para el año 2018. Rev Simon Bolivar [Internet]. 2019 [citado 12/04/22]; 6(2): 25-36. Disponible en: <https://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/7192>
5. Palacios Sánchez L. Jean Martin Charcot, padre de la neurología moderna. Acta Neurol Colomb [Internet]. 2021 [citado 12/04/22]; 37(3): 154-157. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-87482021000400154&script=sci_abstract&lng=en
6. Ferreira Camargo CH, Marques Gómez PT, Livia de Oliveira P, Francisco Germinian MB, Ghizoni Teive HA. La influencia de Jean-Martin Charcot en la carrera de Sigmund Freud y la influencia de este encuentro para la medicina brasileña. Rev Brasil Neurol [Internet]. 2018 [citado 12/04/22]; 54(2): 34-47. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Henrique-Camargo/publication/327979472_Jean-Martin-Charcot's_influence_on_Career_of_Sigmund_Freud_and_the_Influence_of_this_Meeting_for_the_Brazilian_Medicine/links/5bb17fd292851ca9ed331f6a/Jean-Martin-Charcot's-influence-on-Career-of-Sigmund-Freud-and-the-Influence-of-this-Meeting-for-the-Brazilian-Medicine.pdf
7. Bahamonde Farías F. En memoria. La huella en la memoria de Charcot. Acta Neurol Colomb [Internet]. 2020 [citado 12/04/22]; 6 (3): 21-29. Disponible en: https://www.academia.edu/download/63720640/articulo_Charcot20200623-94852-1uabuxl.pdf
8. Franco Pedro MK, Ferreira Simões T. Los múltiples síndromes, enfermedades y estructuras anatómicas que llevan el nombre de Jean-Martin Charcot. Neurol Europ [Internet]. 2020

[citado 12/04/22]; 83(5): 550-553. Disponible en:
<https://www.karger.com/Article/Abstract/511028>

9. Vilaplana Guerrero JD. Jean-Martin Charcot, El César. Rev Colomb Med [Internet]. 2021 [citado 12/04/22]; 65(7): 345-360. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8133718>

10. Vázquez Navarrete EG, García Luna G, Castillo Santiago G. Display variables con sistemas ópticos de pantallas nulas y luz, para un retrato de la histeria en tiempos de charcot. Rev Psicol [Internet]. 2021 [citado 12/04/22]; 23(4): 1782-1817. Disponible en:
<https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenI.cgi?IDARTICULO=98414>

11. Matthew Young CJ. Un enfoque de equipo multidisciplinario para el manejo de la neuroartropatía de Charcot con ulceración. Rev Neurol [Internet]. 2021 [citado 12/04/22]; 24(2): 14-24. Disponible en:
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=14622041&AN=151156351&h=3BsuSuOQW1KTbL5E0RT%2BJCMK3ZZ18uDS%2FJcusCE65UOdTJ%2ByURS4JJ4N>

12. Gómez López MT, Palacios Sánchez L, Vélez Van Meerbeke A. Botero Meneses J. Désiré-Magloire Bourneville y sus aportes a la neurología pediátrica. Arq Neuropsiquiatr [Internet]. 2019 [citado 11/04/22]; 77 (4): 289-91. doi: 10.1590/0004-282X20190009

13. Palacios Sánchez L, Torres Nupan M, Botero Meneses JS. James Parkinson and his essay on "shaking palsy", two hundred years later. Arq Neuropsiquiatr [Internet]. 2017 [citado 11/04/22]; 75 (9): 671-2. doi: 10.1590/0004-282X20170108.

14. Guerrero Acosta LE, Banguero Gutiérrez A, Ramos Delarosa R. Pie de Charcot y osteomielitis: un reto diagnóstico. Radiol [Internet]. 2018 [citado 12/04/22]; 6(2): 34-56. Disponible en: https://epos.myesr.org/esr/viewing?module=viewing_poster&pi=143898

15. Palacios Sánchez L. Jean Martin Charcot, padre de la neurología moderna. Acta neurol colomb [Internet]. 2021 [citado 11/04/22]; 37(3): 154-157. Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-87482021000400154.