

Artículo original de reflexión

Células neuroendocrinas y mariposas amarillas: Diálogo epistemológico entre el sistema APUD-DENS y la novela “Cien Años de Soledad”.

Neuroendocrine Cells and Yellow Butterflies: Epistemological Dialogue between the APUD-DENS System and the Novel “One Hundred Years of Solitude”.

Freddy Moreno-Gómez^{1,a}

1. Odontólogo, Magíster en Ciencias Biomédicas, Doctor (c) en Humanidades, profesor Departamento de Ciencias Básicas de la Salud.

a. Facultad de Ciencias de la Salud, Pontificia Universidad Javeriana (Colombia).

CORRESPONDENCIA

Freddy Moreno Gómez

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-0394-9417>

Pontificia Universidad Javeriana (Colombia)

E-mail: fmorenog@javerianacali.edu.co

CONFLICTO DE INTERESES

El autor del artículo hace constar que no existe, de manera directa o indirecta, ningún tipo de conflicto de intereses que pueda poner en peligro la validez de lo comunicado.

RECIBIDO: 01 de julio de 2024.

ACEPTADO: 10 de diciembre de 2024.

RESUMEN

Introducción: En el estudio de las prácticas discursivas el uso del lenguaje hace parte de la teoría del conocimiento, en donde las necesidades sociales dan cuenta de las prácticas y representaciones culturales que contribuyen a la formación de la historia cultural y la sociología de la cultura, las cuales abordan la inserción de las prácticas de escritura y lectura en las representaciones culturales que reproducen las funciones epistemológicas. **Objetivo:** Realizar un diálogo epistemológico entre el sistema APUD-DENS y la novela “Cien Años de Soledad” a través de la fisiología de las células neuroendocrinas y la metáfora de las mariposas amarillas, para analizar y reflexionar la manera como Gabriel García Márquez construyó la realidad en la relación amorosa entre Renata Remedios Buendía (Meme) y Mauricio Babilonia. **Materiales y métodos:** Se realizó una exploración multidimensional para integrar aspectos simbólicos que se aproximan a la comprensión de la metáfora de las mariposas amarillas y su significado en el contexto de la neurofisiología celular del sistema APUD-DENS. **Resultados:** La función de las células neuroendocrinas y la metáfora de las mariposas amarillas explora la interacción entre los sistemas nervioso y endocrino con los sistemas cardiorrespiratorio y gastrointestinal, en donde la somatización de experiencias emocionales intensas se vinculó con la regulación hormonal y la comunicación cerebro-cuerpo. **Conclusión:** El diálogo epistemológico permitió examinar la metáfora de las mariposas amarillas desde la construcción de la realidad comunicando ciertos significados que fueron explicados desde el sistema APUD-DENS y el rol de las células neuroendocrinas desde una perspectiva epistemológica.

Palabras clave: Células APUD, sistema cardiovascular, sistema respiratorio, tracto gastrointestinal, “Cien Años de Soledad”, mariposas amarillas.

ABSTRACT

Background: In the study of discursive practices, the use of language is part of the theory of knowledge, where social needs account for the practices and cultural representations that contribute to the formation of cultural history and the sociology of culture. These address the incorporation of writing and reading practices in cultural representations that reproduce epistemological functions. **Aim:** To conduct an epistemological dialogue between the APUD-DENS system and the novel “One Hundred Years of Solitude” through the physiology of neuroendocrine cells and the metaphor of the yellow butterflies, in order to analyze and reflect on how Gabriel García Márquez constructed reality in the romantic relationship between Renata Remedios Buendía (Meme) and Mauricio Babilonia. **Materials and methods:** A multidimensional exploration was conducted to integrate symbolic aspects that approach the understanding of the metaphor of the yellow butterflies and its significance in the context of the cellular neurophysiology of the APUD-DENS system. **Results:** The function of neuroendocrine cells and the metaphor of the yellow butterflies explore the interaction between the nervous and endocrine systems with the cardiorespiratory and gastrointestinal systems, where the somatization of intense emotional experiences was linked to hormonal regulation and brain-body communication. **Conclusion:** The epistemological dialogue allowed for the examination of the metaphor of the yellow butterflies from the construction of reality, conveying certain meanings that were explained from the APUD-DENS system and the role of neuroendocrine cells from an epistemological perspective.

Key words: APUD cells, cardiovascular system, respiratory system, gastrointestinal tract, “One Hundred Years of Solitude”, yellow butterflies.

Moreno F. Células neuroendocrinas y mariposas amarillas: Diálogo epistemológico entre el sistema APUD-DENS y la novela “Cien Años de Soledad” *Salutem Scientia Spiritus* 2024; 10(4):23-32.



La Revista *Salutem Scientia Spiritus* usa la licencia Creative Commons de Atribución - No comercial - Sin derivar:

Los textos de la revista son posibles de ser descargados en versión PDF siempre que sea reconocida la autoría y el texto no tenga modificaciones de ningún tipo.

INTRODUCCIÓN

- Entonces ¿Todo lo que pones en tus libros tiene una base real?
– No hay en mis novelas una línea que no esté basada en la realidad.
– ¿Estás seguro? En “Cien Años de Soledad” ocurren cosas bastante extraordinarias. Remedios, la bella, sube al cielo. Mariposas amarillas revolotean en torno a Mauricio Babilonia...
– Todo ello tiene una base real.

(Conversación de Plinio Apuleyo Mendoza con Gabriel García Márquez en “El Olor de la Guayaba”, 1994).

INTRODUCCIÓN

El sistema APUD-DENS (APUD del inglés, *Amine Precursor Uptake and Decarboxylation* y DENS del inglés *Diffuse Enteric Nervous System*) y las células neuroendocrinas presentan un interés significativo debido a su rol fundamental en la regulación hormonal y en la modulación de respuestas frente a diversas situaciones psicoafectivas. El sistema APUD-DENS se refiere a un conjunto de células epiteliales especializadas distribuidas a lo largo del esquema corporal humano que poseen la capacidad de captar y descarboxilar precursores de aminas (dopamina y serotonina) para producir péptidos reguladores (neurotransmisores y hormonas) con los que se coordina la comunicación entre el sistema nervioso central y el sistema endocrino para finalmente regular diversos fenómenos fisiológicos que conducen al equilibrio homeostático.

Muchos de estos fenómenos fisiológicos de los sistemas morfofuncionales que constituyen el cuerpo humano han sido empleados simbólicamente en la literatura para enriquecer, a través de metáforas, símiles, sinécdoques y metonimias, la narrativa y transmitir complejas ideas y emociones de manera evocadora.

En la novela “Cien Años de Soledad”, Gabriel García Márquez utiliza toda clase de figuras literarias de manera intensiva para construir capas de significado en su narrativa, tal y como es el caso del hielo, del viento, de los espejos, de las flores amarillas y de las mariposas amarillas, las cuales adquieren significados simbólicos que contribuyen a la construcción de la realidad en la novela en tanto que no solo representan aspectos concretos de la trama sino que también transmiten ideas más profundas sobre la condición humana y la naturaleza del universo macondiano.

En este sentido, las mariposas amarillas se asocian con diversos estados psicoafectivos y sus respectivas manifestaciones somáticas. Si se establece un diálogo epistemológico entre las células neuroendocrinas y las mariposas amarillas, se podrían equiparar los efectos fisiológicos de estas células con la idea de una marea emocional, de tal forma que células factuales y mariposas ficcionales logran representar la capacidad del cuerpo

para experimentar emociones intensas que logran impactar los sistemas cardiorrespiratorio y gastrointestinal.

El diálogo epistemológico corresponde a una noción que hace referencia a un intercambio de ideas y argumentos centrado en cuestiones relacionadas con la epistemología, es decir, con el estudio del conocimiento. Este tipo de diálogos puede abarcar diversos enfoques y perspectivas científicas y empíricas, que para el caso de este artículo implican la exploración de la conexión simbólica y metafórica entre las células neuroendocrinas y las mariposas amarillas dentro del contexto de la relación amorosa de dos personajes de “Cien Años de Soledad”, que al final dará cuenta de cómo se construye y se representa el lenguaje metafórico a través de las vías psiconeuroendocrinoinmunológicas y la manera como este lenguaje ficcional, característico del realismo mágico (introducción de elementos fantásticos inmersos en una narrativa realista), influye en nuestra comprensión de la realidad factual dentro de la narrativa, aunque siempre sea lo mágico el aspecto que resalte sobre el realismo.

Son muchas las lecturas que se han hecho de la novela “Cien Años de Soledad” desde la antropología, la sociología y la historiografía, dejando de lado el carácter literario de la obra, es decir, el carácter de representación de la realidad que hace Gabriel García Márquez. Por el contrario, este diálogo pretende contribuir con la obtención de interpretaciones desde las ciencias básicas de la salud (principalmente de la neurofisiología) sin alejarse del objetivo literario del autor.¹

Es por ello que el objetivo de esta reseña histórica (exploración de temas históricos y sociales, interconexión entre literatura y ciencia y análisis de la percepción y la interpretación) consistió en una puesta en diálogo epistemológico entre el sistema APUD-DENS y la novela “Cien Años de Soledad”, a través de la fisiología de las células neuroendocrinas y la metáfora de las mariposas amarillas, para analizar y reflexionar sobre la manera como Gabriel García Márquez construyó la realidad dentro del universo narrativo de la novela, específicamente del capítulo 14 en el que se describe la relación amorosa entre Renata Remedios Buendía (Meme) y Mauricio Babilonia.

La comprensión del fenómeno social que la escritura representa, en todos sus contextos, se lleva a cabo mediante la reconstrucción de los distintos usos y prácticas discursivas de la cultura a través del conocimiento más completo del significado de esas prácticas en el marco de la sociedad que las produce. En el estudio de las prácticas discursivas y formas del pensamiento, durante el paso de la historia social de la cultura a la historia cultural de lo social, el uso del lenguaje ha sido considerado como parte de la teoría del conocimiento, en donde las necesidades sociales dan cuenta de las diferentes prácticas y representaciones culturales que contribuyen a la formación de la historia cultural, constituyéndose

en objeto de estudio histórico y sociológico a partir de los modos de utilización, de comprensión y de apropiación de los textos. Por un lado, la historia cultural se centra en la manera como las prácticas de lectura se han insertado en el contexto de la historia de la cultura escrita a través de las prácticas y representaciones culturales, todas ellas generadoras de ideas y todas ellas portadoras de producción intelectual. Por otro lado, la sociología de la cultura revisa el espacio social como el lugar en donde los agentes sociales se disponen en determinadas posiciones para reproducir sus funciones epistemológicas. Con todo ello, los textos escritos se constituyen en objetos que hacen parte del universo social, en el que los seres humanos consumen dichos objetos a partir de relaciones sociales específicas que generan la creencia de su valor cultural.^{2,3} Por tanto, la intención de este artículo implica una exploración multidimensional que integra aspectos simbólicos y epistemológicos para comprender mejor la metáfora de las mariposas amarillas y su significado en el contexto más amplio de la neurofisiología celular del sistema APUD-DENS.

SISTEMA APUD-DENS Y LAS CÉLULAS NEUROENDOCRINAS

El sistema APUD-DENS corresponde a la correlación morfofuncional entre el mecanismo de captación y descarboxilación de precursores de aminas y el sistema nervioso enteroendocrino difuso, de tal forma que la compleja red de neuronas que se encuentran en las tunicas de los órganos de los sistemas cardiorrespiratorio, gastrointestinal y genitourinario, regula un conjunto de células especializadas, denominadas células neuroendocrinas, que sintetizan y secretan una serie de aminas, péptidos y monoaminas para coordinar y regular las funciones de cada órgano, incluida la secreción de hormonas y la modulación del sistema inmunológico.⁴

Entre 1965 y 1969 Anthony Pearse agrupó a más de 40 tipos de células (denominadas hasta ese entonces como células claras al no teñir con la técnica histológica de hematoxilina-eosina) descritas previamente desde 1906 por Carmelo Ciaccio, Claude Pierre Masson y Friedrich Feyrter como un grupo de células epiteliales, con funciones endocrinas, capaces de captar polipéptidos precursores biológicos de aminas, procesarlos intracelularmente a través de endopeptidasas y secretarlos en forma de monoaminas activas o péptidos reguladores.⁵

Bajo el mecanismo APUD se encuentran agrupadas las neuronas hipotalámicas, las células adenohipofisarias, las células C de la tiroides, las células endocrinas del timo, las células cromafines de la médula suprarrenal y tejidos paraganglionares (glomero carotídeo, cuerpo aórtico y ganglios simpáticos), las células endocrinas placentarias, las células de Merkel, los melanocitos y las células endocrinas de los tractos respiratorio, gastrointestinal (incluido el páncreas) y genitourinario. Cada una de estas células se diferencia de acuerdo con el tipo de péptido regulador que sintetiza,

sin embargo, histológicamente tienen en común que los gránulos secretorios tiñen argentafin y cromafin debido a su afinidad por las sales de plata y cromo respectivamente.⁶

En la actualidad se describen en los libros de embriología e histología como células neuroendocrinas, constituyentes del DENS asociado a la túnica mucosa y al parénquima de algunos órganos, cuyos péptidos reguladores operan mediante mecanismos auto-crininos y paracrininos.⁷⁻¹⁰

El control que ejerce el sistema nervioso central sobre los sistemas cardiorrespiratorio, gastrointestinal y genitourinario, mediante el sistema nervioso autónomo y sus vías simpática y parasimpática, regula las funciones excretoras de los órganos que constituyen dichos sistemas a través de estímulos hormonales hacia las células neuroendocrinas, las cuales sintetizan péptidos reguladores que ejercen efectos sobre las tunicas y parénquimas de los órganos blanco para mantener la homeostasia del cuerpo humano. De interés en este artículo se abordarán las células neuroendocrinas de los sistemas cardiorrespiratorio y gastrointestinal¹¹⁻¹⁸ (Tabla 1).

“CIEN AÑOS DE SOLEDAD” Y LAS MARIPOSAS AMARILLAS

La novela “Cien años de soledad”, considerada una obra maestra de la literatura hispanoamericana y universal, fue escrita por Gabriel García Márquez entre 1965 y 1966 en Ciudad de México y publicada en 1967 en Buenos Aires. El texto se encuentra estructurado en 20 capítulos no titulados en los que se narra la historia del pueblo de Macondo y de la familia Buendía. En los tres primeros capítulos se describe el éxodo de un grupo de familias y la fundación y establecimiento de Macondo; desde el capítulo cuatro hasta el 16 se trata el desarrollo económico, político y social del pueblo, incluyendo la guerra civil y la fiebre bananera; y los últimos cuatro capítulos narran la decadencia de la familia Buendía y el fin de Macondo.

Fusionando hechos factuales y ficcionales, Gabriel García Márquez combina elementos de la realidad cotidiana con elementos mágicos, fantásticos o surrealistas de manera natural, los cuales se integran en la vida diaria de los personajes presentándose como algo normal o aceptado dentro del mundo narrativo, propio del movimiento literario realismo mágico.^{19,20}

Algunos ejemplos de elementos de realismo mágico presentes en la novela serían el fantasma de Prudencio Aguilar que persigue a José Arcadio Buendía hasta su muerte, la belleza hipnótica de Remedios Moscote, la Bella, y su ascensión a los cielos, la casa de los Buendía que se derrumba y se reconstruye sola, y las mariposas amarillas que acompañan a Renata Remedios Buendía (Meme) y a Mauricio Babilonia durante todo su idilio amoroso. De estas últimas se ocupa este artículo.

Tabla 1. Células neuroendocrinas del sistema APUD

Célula	Órgano	Función	Efecto
Células neuroendocrinas cardíacas	Pared cardíaca de atrios y ventrículos del corazón	Secreción de péptido natriurético atrial (ANP) y el péptido natriurético tipo B (BNP), en respuesta a la distensión de las cavidades cardíacas	Regulación de presión arterial, equilibrio de líquidos y electrolitos y función renal actuando como vasodilatadores y promoviendo la excreción de sodio y agua por los riñones
Células ganglionares cardíacas	Ganglios intracardiacos y a lo largo de los nervios cardíacos del corazón	Integración de señales nerviosas y liberación de neurotransmisores (noradrenalina y la acetilcolina)	Modulación de frecuencia cardíaca, contractilidad y conducción eléctrica del corazón.
Células de conducción cardíaca	Sistema de conducción del corazón (nodo sinusal, nodo atrioventricular, haz de His y fibras de Purkinje)	Generación y transmisión de señales eléctricas	Coordinación de contracción rítmica del músculo estriado cardíaco para regular el ritmo cardíaco
Células neuroendocrinas pulmonares	Epitelios de tráquea, bronquios y pulmón	Secreción de serotonina, calcitonina y bombesina	Regulación de contracción del músculo liso bronquial, producción de moco, broncoconstricción y respuesta inflamatoria
Células G	Mucosa del estómago	Secreción de gastrina	Excreción de ácido gástrico por células parietales y peristaltismo gástrico
Células D	Mucosa del estómago	Secreción de somatostatina	Inhibición de gastrina y ácido gástrico para regular la acidez del estómago y el peristaltismo gástrico
Células ECL	Mucosa del estómago	Secreción de histamina en respuesta a gastrina y acetilcolina	Excreción de ácido gástrico por células parietales, peristaltismo gástrico y permeabilidad vascular
Células I	Mucosa del intestino delgado	Secreción de serotonina	Peristaltismo intestinal
Células K	Mucosa de duodeno y yeyuno	Secreción de gastrina	Excreción de ácido gástrico por células parietales y peristaltismo gástrico
Células L	Mucosa del íleon	Secreción de péptido inhibidor del glucagón (GIP)	Liberación de insulina para absorción de glucosa y lípidos.
Células D	Mucosa del intestino delgado	Secreción de somatostatina	Inhibición de liberación de hormonas gastrointestinales para regular secreción gástrica y peristaltismo
Células EEC	Mucosa del intestino delgado	Secreción de colecistocinina (CCK), secretina, péptido YY (PYY), motilina y neurotensina	Regulación de secreción de enzimas pancreáticas, peristaltismo y sensación de saciedad.
Células EC (enterocromafines)	Mucosa del intestino delgado	Secreción de serotonina, histamina y sustancia P	Regulación de secreción de líquidos y respuesta inflamatoria
Células EC (enteroendocrinas)	Mucosa del intestino delgado	Secreción de colecistocinina (CCK), secretina, péptido YY (PYY), motilina y neurotensina	Regulación de secreción de enzimas pancreáticas, peristaltismo intestinal y sensación de saciedad
Células EC (Células Enteroendocrinas Cromogranina A-positivas)	Mucosa del intestino delgado	Secreción de VIP (péptido intestinal vasoactivo), GIP (péptido inhibidor gástrico), motilina y péptido YY	Regulación de secreción de ácido gástrico, absorción de nutrientes y peristaltismo intestinal
Células EC (Células Enteroendocrinas Argéntico-reactivas)	Mucosa del intestino delgado	Secreción de serotonina, somatostatina, péptido YY (PYY) y encefalina	Regulación de secreción de líquidos, peristaltismo intestinal y sensación de saciedad.
Células EC (Células Enteroendocrinas Cromogranina A-negativas)	Mucosa del intestino delgado	Secreción de neurotensina, encefalina, péptido liberador de gastrina, péptido pancreático, glucagón, VIP y sustancia P	Regulación de secreción de enzimas pancreáticas, peristaltismo intestinal y permeabilidad vascular.
Células EC (Células Enteroendocrinas Cromogranina A-positivas y Argéntico-reactivas)	Mucosa del intestino delgado	Secreción de secretina, colecistocinina (CCK), péptido relacionado con el gen de la calcitonina (CGRP), motilina, gastrina y péptido similar al glucagón 1 (GLP-1)	Regulación secreción de ácido gástrico, absorción de nutrientes, peristaltismo intestinal, respuesta inflamatoria

DIÁLOGO EPISTEMOLÓGICO

El diálogo epistemológico del sistema APUD-DENS y la novela “Cien Años de Soledad”, representados por la función de las células neuroendocrinas y la metáfora de las mariposas amarillas, explora la compleja interacción entre los sistemas nervioso, endocrino e inmunológico con los sistemas cardiorrespiratorio y gastrointestinal para regular diferentes funciones de manera bidireccional, generando efectos psiconeuroendocrinoinmunológicos. Un ejemplo de ello es la somatización de emociones intensas como el amor. Las células neuroendocrinas cumplen un rol fundamental en el balance de la síntesis de hormonas y en la comunicación entre el cerebro y el cuerpo durante experiencias emocionales intensas, como el enamoramiento, en donde se secretan de manera autocrina, paracrina y endocrina neurotransmisores y hormonas (como la serotonina) que influyen en las funciones cardíaca, pulmonar y gastrointestinal.

En la literatura este tipo de manifestaciones somáticas han sido descritas a través de frases que desde tiempo remoto forman parte de la cultura popular, tal y como es el caso de “ahogarse con un nudo de garganta”, “atragantarse con el corazón en la boca”, “hacer de tripas corazón” y “sentir las mariposas en el estómago”. A pesar de su sentido figurado, resulta clara la representación somática de estas sensaciones, como lo son respectivamente la hiperventilación, la taquicardia, el dolor tipo cólico abdominal y la distensión gastrointestinal; sin embargo, no se han descrito en propiedad las respuestas fisiológicas que reflejan la estrecha conexión entre cerebro y cuerpo poniendo en diálogo lo factual de la neurofisiología con lo ficcional de la literatura.

“... Pero él no le dio tiempo. «No se asuste», le dijo en voz baja. «No es la primera vez que una mujer se vuelve loca por un hombre» [...] Fue entonces cuando cayó en la cuenta de las mariposas amarillas que precedían las apariciones de Mauricio Babilonia. Las había visto antes, sobre todo en el taller de mecánica [...] Alguna vez las había sentido revoloteando sobre su cabeza en la penumbra del cine. Pero cuando Mauricio Babilonia comenzó a perseguirla [...] comprendió que las mariposas amarillas tenían que ver algo con él [...] y ella no necesitaba verlo para descubrirlo, porque se lo indicaban las mariposas” (p. 286).²¹

Cada vez que en “Cien Años de Soledad” la retórica del realismo mágico pretende integrar lo fantástico de las mariposas amarillas con la realidad cotidiana del amor entre Meme y Mauricio Babilonia, se pone en evidencia una sinestesia que, en tanto fenómeno neurológico en el que la estimulación de un sentido provoca una experiencia automática e involuntaria en otro sentido, incorpora toda clase de efectos somáticos como “saliendo el corazón por la boca”, “el corazón le dio un vuelco”, “se atragantó el rubor”, “apenas podía respirar” y “temblando de amor”, todos ellos asociados a la presencia de las mariposas amarillas.

En un contexto evolutivo, la noción de amor romántico u obsesivo, reconocido como “la más poderosa motivación humana”, puede considerarse como una colección de actividades asociadas con la adquisición y retención de una serie de emociones necesarias para cumplir con las funciones biológicas de elección de pareja, cortejo y reproducción que se encuentran vinculadas con la perpetuación de la especie, sin embargo, será la construcción cultural que las mujeres y los hombres han hecho del amor romántico la que transforme las diversas estrategias de comportamiento que le permiten a los individuos aumentar la probabilidad de cumplir con estos objetivos. De allí que el comportamiento social y cultural se encuentren mediados por un sustrato biológico que, determinado evolutivamente, se encuentra regulado por la activación de áreas cerebrales específicas y la subsecuente secreción de hormonas.¹⁸

Es indudable que el gesto retórico de Gabriel García Márquez contribuye a la expresividad verbal al aportar la significación y persuadir, emocionar y conectar a los lectores con los comportamientos somáticos. Esta metáfora de las mariposas amarillas parte de la concepción de la gestualidad en la que el lenguaje corporal en un contexto social y cultural específico, el de Macondo, engloba los comportamientos significativos del cuerpo humano y la manera como el autor utiliza y los lectores interpretan los gestos, posturas y expresiones para comunicarse y expresar emociones. El aleteo de una mariposa, la frecuencia y la amplitud del movimiento de sus alas que la impulsan hacia adelante y hacia arriba, implica una sensación física de agitación en el aire, comparable con la sensación física de agitación relacionada con los pulmones (hiperventilación y ahogamiento), con el corazón (taquicardia y dolor pectoral) y con el estómago (motilidad y vaciamiento gastrointestinal), todo ello asociado fisiológicamente con la reducción del flujo sanguíneo al órgano, la secreción de adrenalina, el aumento de la frecuencia respiratoria y cardíaca, y la activación del peristaltismo gastrointestinal.^{12,15,17}

Los estados mentales subjetivos y el correlato neuronal dan cuenta de un conjunto de regiones cerebrales que se activan (la corteza prefrontal, el área tegmental ventral, la ínsula medial, la corteza cingulada anterior, el núcleo hipotalámico paraventricular, el núcleo estriado y el núcleo accumbens), todas ellas asociadas al sistema de recompensa del cerebro ricas en receptores de oxitocina y vasopresina y coextensivas hacia regiones cerebrales que responden a dopamina. A su vez, se describe también la desactivación de otro grupo de regiones asociadas con los estados de mentalización y juicio social que superan la evaluación crítica y las emociones negativas.

La dopamina es un neuromodulador que, asociado con la recompensa, el deseo, el placer, la adicción y los estados eufóricos, es secretado por el hipotálamo para establecer un enlace entre el sistema nervioso central y el sistema endocrino. Entre sus efectos se encuentra disminuir la secreción de serotonina, otro

neuromodulador relacionado con el apetito y el estado de ánimo. La disminución de serotonina en las etapas tempranas del amor romántico se asocia con un estadio similar a los comportamientos de ansiedad y obsesivo-compulsivos en donde se inmoviliza el pensamiento para canalizarlo hacia un único individuo. Asimismo, otros neuromoduladores como la oxitocina y la vasopresina, sintetizados por los núcleos paraventricular y supraóptico del hipotálamo y almacenados en la hipófisis para su posterior secreción, se encuentran relacionados con el apego y los vínculos de unión que se establecen en las primeras etapas del amor romántico, además de inducir la secreción de dopamina para activar el sistema de recompensa, haciendo del amor una experiencia gratificante, no obstante que el eje hipotálamo, hipófisis y glándula suprarrenal se encuentra activo por secreción de vasopresina, de tal forma que los altos niveles de cortisol se encuentran asociados con un aumento del estrés emocional durante las primeras etapas del enamoramiento para hacer frente al sentimiento de inseguridad.²²⁻²⁷

El uso de la multitud de mariposas amarillas que acompaña las apariciones de Mauricio Babilonia y que genera efectos particulares en Meme, corresponde a una imagen característica del realismo mágico que, pese a su encanto poético, muy seguramente tiene un origen prosaico. Si bien la figura metafórica parece compleja, fascinante y elevada dentro del contexto de la novela, su origen real resulta bastante común, cotidiano o mundano, debido a que la mariposa ha sido representada en los blasones heráldicos como emblema del corazón enamorado o de la amistad generosa.²⁸ En términos generales, todo el bestiario de la novela parece obedecer a las diferentes experiencias de vida de Gabriel García Márquez; animales alegóricos con múltiples capas de significado simbólico que desde el recuerdo son empleados para unir lo factual de la realidad con la ficción de la magia: El sentimiento constante que revolotea e intranquiliza el cuerpo y la mente de los enamorados.^{29,30}

A continuación, se van a tomar cinco apartados del capítulo 14 de la novela “Cien Años de Soledad” en su edición de la Editorial Norma impresa en 2014 en Bogotá, a través de los cuales se va a contrastar la fisiología del sistema APUD-DENS y las células neuroendocrinas de los sistemas morfofuncionales cardiorrespiratorio y gastrointestinal con la narrativa metafórica de las apariciones de las mariposas amarillas y sus efectos en Meme.

“...La ansiedad se hizo más intensa en el curso de la semana, y el sábado era tan apremiante que tuvo que hacer un gran esfuerzo para que Mauricio Babilonia no notara al saludarla en el cine que se le estaba saliendo el corazón por la boca. Ofuscada por una confusa sensación de placer y rabia, le tendió la mano por primera vez [...] Esa noche comprendió que no tendría un instante de sosiego mientras no le demostrara a Mauricio Babilonia la vanidad de su aspiración, y pasó la semana revoloteando en torno de esa ansiedad...” (p. 285).²¹

“Eran las mariposas. Meme las vio, como si hubiera nacido de pronto en la luz, y el corazón le dio vuelco. En ese momento entraba Mauricio Babilonia con un paquete [...] Meme se atragantó el rubor; asimiló la tribulación, y hasta consiguió una sonrisa natural [...] Sin embargo, el fuego de la ansiedad la abrazó de tal modo en el curso de la semana, que el sábado convenció a su padre de que la dejara sola en el teatro [...] Una mariposa nocturna revoloteó sobre su cabeza mientras las luces estuvieron encendidas [...] cuando se apagaron, Mauricio Babilonia se sentó a su lado. Meme se sintió chapaleando en un tremedal de zozobra...” (p. 286-287).²¹

Cuando una persona experimenta amor romántico, se desencadenan una serie de procesos bioquímicos y fisiológicos en el cerebro (corteza prefrontal, núcleo accumbens y área tegmental ventral) que pueden afectar directamente al corazón tras la secreción de dopamina, la cual activa el sistema nervioso autónomo para estimular la síntesis de adrenalina y noradrenalina en las glándulas suprarrenales. Asimismo, la activación del sistema nervioso simpático (nervios periféricos procedentes de la médula espinal) induce a las células cromafines del corazón, un tipo de células neuroendocrinas cardíacas ricas en receptores beta-adrenérgicos que tienen la capacidad de secretar adrenalina en respuesta a estrés emocional, para aumentar la concentración de calcio intracelular y generar una mayor contractilidad del músculo cardíaco (por acción de la noradrenalina, la cual estimula los miocitos estriados cardíacos), además de influir en la frecuencia cardíaca (taquicardia por aumento en la actividad eléctrica del nodo sinusal), en la vasodilatación de las arterias coronarias (inducida por la secreción de péptido natriurético atrial y tipo B por los miocitos estriados cardíacos endocrinos) y en la presión arterial, lo que provoca una aceleración del ritmo cardíaco y una sensación aumentada de excitación o ansiedad, característica de las primeras etapas del enamoramiento, y muy similar a la eferescencia de Meme causada por las mariposas amarillas. De igual forma, el cortisol cumple un papel importante en estas primeras etapas. El estrés emocional induce un aumento en la secreción de cortisol para modular la función cardíaca. En contraste y para lograr la homeostasia como parte de la regulación de la función cardiovascular los péptidos natriuréticos y moléculas bioactivas (catecolaminas y péptidos opioides) secretados respectivamente por los miocitos estriados cardíacos endocrinos y por las células neuroendocrinas promueven la vasodilatación y la excreción de sodio y agua en los riñones, lo que ayuda a reducir la presión arterial y el gasto cardíaco, reduciendo los efectos negativos del estrés emocional en el sistema cardiovascular.³¹⁻³³

“... Las mariposas amarillas invadían la casa desde el atardecer [...] Una noche, mientras Meme estaba en el baño [...] había tantas mariposas amarillas que apenas se podía respirar [...] Esa noche, la guardia derribó a Mauricio Babilonia cuando levantaba las tejas para entrar en el baño donde Meme lo esperaba, desnuda

y temblando de amor entre los alacranes y las mariposas, como lo había hecho casi todas las noches de los últimos meses. Un proyectil incrustado en la columna vertebral lo redujo a cama por el resto de su vida. Murió de viejo en la soledad [...] atormentado por los recuerdos y por las mariposas amarillas que no le concedieron un instante de paz...” (p. 290).²¹

En el caso de la vía aérea inferior, en la tráquea y en el árbol bronquial intrapulmonar, las células neuroendocrinas pueden liberar neurotransmisores y péptidos que afectan la función pulmonar y la respiración. En situaciones de estrés emocional intenso puede ocurrir una respiración rápida y superficial (hiperventilación) comparable con la sensación de anticipación o agitación de Meme, la cual acompaña la presencia de las mariposas amarillas. En un cerebro enamorado, diversos estímulos sensoriales pueden activar áreas específicas asociadas con el procesamiento emocional como la amígdala y la corteza prefrontal. Así, el sistema nervioso autónomo, que regula los patrones respiratorios involuntarios a través del tronco encefálico (rico en receptores adrenérgicos), puede verse afectado por la activación del sistema nervioso simpático, tras la secreción de adrenalina y noradrenalina, con lo que aumentan la frecuencia respiratoria, la profundidad de la respiración y una mayor sensación de conciencia de la respiración; todo ello debido al aumento de actividad de los músculos respiratorios (diafragma e intercostales), a la mayor expansión y contracción de los pulmones y al aumento de la ventilación pulmonar, lo que favorece un aumento de la captación de oxígeno y eliminación de dióxido de carbono en respuesta a las demandas metabólicas del cuerpo. De esta forma, los patrones respiratorios pueden verse afectados ante la activación de regiones asociadas con el procesamiento emocional, por lo que la secreción de los neurotransmisores dopamina y serotonina modulan la actividad neuronal del centro respiratorio en el tronco encefálico. También la secreción de cortisol, frente al estrés emocional, influye en la actividad del sistema nervioso autónomo, específicamente el sistema nervioso simpático, lo que aumenta la capacidad de interacción con el sistema cardiovascular, de tal forma que el aumento de la frecuencia respiratoria acompaña el aumento de la frecuencia cardíaca y de la presión arterial como parte de la respuesta fisiológica en las primeras etapas del enamoramiento, lo que genera una sensación de ahogo.^{34,35}

Las células neuroendocrinas presentes en la tráquea y los pulmones, como las células de Kulchitsky y las células neuroepiteliales (como las de borde en cepillo) secretan neurotransmisores (serotonina y la acetilcolina) que actúan sobre los receptores 5-HT de los miocitos lisos presentes en las vías respiratorias para inducir broncoconstricción y secreción de moco. De igual forma sintetizan péptidos vasoactivos (sustancia P y calcitonina) que tienen efectos vasodilatadores y broncodilatadores, lo que puede resultar en la relajación del músculo liso bronquial y la dilatación de las vías respiratorias para permear la vía aérea y regular la homeostasia,

junto con la activación del sistema nervioso parasimpático para disminuir la frecuencia respiratoria y promover un estado de relajación, dado que las emociones intensas como la ansiedad, la excitación y la anticipación pueden desencadenar respuestas físicas como la respiración superficial, la hiperventilación y la sensación de opresión en el pecho, las mismas que son descritas en Meme cuando veía, escuchaba o sentía a Mauricio Babilonia y las mariposas amarillas que lo acompañaban.³⁶

“... Se volvió loca por él. Perdió el sueño y el apetito, y se hundió tan profundamente en la soledad, que hasta su padre se convirtió en un estorbo [...] saltó por encima los convencionalismos para verse con Mauricio Babilonia a cualquier hora y en cualquier parte [...] él la arrastró sin misericordia a un estado animal que la dejó extenuada [...] Tampoco lo hubiera creído después del agresivo realismo con que ella le reveló que la ansiedad del enamoramiento no encontraba reposo sino en la cama...” (p. 288).²¹

Finalmente, y respecto al sistema gastrointestinal, las células neuroendocrinas del tracto gastrointestinal o enteroendocrinas, como las células enterocromafines, tiene la capacidad de liberar hormonas y neurotransmisores que afectan la función intestinal y el estado de ánimo. En momentos de estrés emocional y ansiedad, tal y como ocurre en las primeras etapas del enamoramiento, estas células contribuyen con la generación de diversos síntomas como nerviosismo estomacal, náuseas y cambios en el apetito, sensaciones que se describen en Meme ante la presencia de las mariposas amarillas. La sensación de tener “mariposas en el estómago” durante el amor romántico puede atribuirse a un proceso neurofisiológico complejo. El proceso comienza con un estímulo emocional, como sería el encuentro con el ser amado o la anticipación de un evento romántico, lo que activa en el cerebro regiones específicas involucradas en la respuesta emocional, como la amígdala y el hipotálamo. La secreción de dopamina en estas regiones activa al sistema nervioso simpático para estimular la síntesis de adrenalina y noradrenalina en las glándulas suprarrenales, las cuales, en el tracto gastrointestinal, causan una serie de cambios fisiológicos que incluyen la inhibición de la motilidad intestinal y la estimulación de la liberación de ácido gástrico en el estómago. Adrenalina y noradrenalina actúan sobre los receptores adrenérgicos de las células neuroendocrinas presentes en estómago, intestino delgado e intestino grueso, las cuales secretan serotonina para estimular las fibras nerviosas sensoriales en la mucosa gástrica e intestinal y activar el sistema nervioso entérico (plexos mientérico de Meissner en la túnica submucosa y de Auerbach en la túnica muscular externa), quien se encarga de afectar la motilidad gastrointestinal, la secreción ácida y la sensibilidad visceral. Precisamente, la experiencia subjetiva de “mariposas en el estómago” es debida a la actividad de las neuronas sensoriales entéricas, frente a la serotonina, y su posterior transmisión de señales hacia el sistema nervioso central.³⁷⁻⁴⁰ Asimismo, la actividad sexual es un componente importante para reforzar el

sistema de recompensa y fortalecer el apego, de la misma manera que contribuye con la disminución de estrés emocional desde los sistemas cardiorrespiratorio y gastrointestinal, o lo que es lo mismo la “liberación de las mariposas”. El deseo incontenible de Meme se asocia con el aumento de los niveles de testosterona y estrógeno (frente a una alta actividad dopaminérgica), los cuales promueven la liberación de dopamina y la activación de mecanismos de retroalimentación positiva.³⁸

En “Cien Años de Soledad”, Gabriel García Márquez utiliza las mariposas amarillas como parte del cronotopo de Macondo, esto es como constructoras de un evento específico y como configuradoras del espacio dentro de la narración que, para el caso del amor entre Meme y Mauricio Babilonia, corresponde a la metáfora creadora de toda una batería de significados, que se pueden resumir en los efectos que genera el cerebro enamorado y la neurofisiología del amor en los sistemas cardiorrespiratorio y gastrointestinal.¹ Aquello que en este artículo hemos denominado células neuroendocrinas y mariposas amarillas, corresponde al diálogo epistemológico entre el sistema APUD-DENS y la novela “Cien Años de Soledad”.

La invención de Macondo condujo al autor hacia un doble determinismo, el determinismo biográfico que permitió integrar en su imaginación la convivencia de los seres humanos y de los animales y el determinismo literario que permitió el desarrollo del argumento de la novela en un pueblo como lugar y de una trama configurada por el realismo mágico. Las mariposas amarillas, como parte del bestiario marquesiano o macondiano, cumplen en la novela la función de receptáculo de una fuerza mágica y de un poder misterioso que se corresponde con la literatura popular y con las tradiciones folclóricas de origen medieval y de gran uso en la literatura moderna. Las mariposas amarillas pueden compararse con los arquetipos míticos (sino míticos por lo menos alegorizados) que refieren patrones simbólicos universales para reflejar experiencias subjetivas de la humanidad, conectando a las personas con las raíces profundas de su psique colectiva y cultural.²⁹

Son las mariposas amarillas en la novela el símbolo del amor y del deseo: “Esa noche comprendió que no tendría un instante de sosiego mientras no le demostrara a Mauricio Babilonia la vanidad de su aspiración, y pasó la semana revoloteando en torno de esa ansiedad” (p. 285);²¹ de la presencia mágica y sobrenatural: “Pero cuando Mauricio Babilonia comenzó a perseguirla [...] comprendió que las mariposas amarillas tenían que ver algo con él [...] y ella no necesitaba verlo para descubrirlo, porque se lo indicaban las mariposas” (p. 286);²¹ y de la trascendencia y la memoria: para Mauricio Babilonia “Murió de viejo en la soledad [...] atormentado por los recuerdos y por las mariposas amarillas que no le concedieron un instante de paz” (p. 290).²¹ y para Meme “Había pasado mucho tiempo cuando vio la última

mariposa amarilla destrozándose en las aspas del ventilador y admitió como una verdad irremediable que Mauricio Babilonia había muerto” (p. 294).²¹

En conclusión, la puesta en diálogo epistemológico permite examinar la manera como las mariposas amarillas funcionan como un signo que comunica ciertos significados a través de la narrativa, signos que pueden ser explicados con el sistema APUD-DENS y el rol neurofisiológico de las células neuroendocrinas de los sistemas cardiorrespiratorio y gastrointestinal. En este sentido, este artículo historiográfico le apostó a la construcción de la realidad desde el universo narrativo de la novela, desde la representación de las ideas, las percepciones y las comprensiones que se obtienen al analizar y reflexionar sobre la relación simbólica entre las mariposas amarillas y las células enteroendocrinas desde una perspectiva epistemológica, a manera de una búsqueda de la verdad objetiva de los dotes metafóricos del realismo mágico presentes en la novela y que hacen parte del universo narrativo de Gabriel García Márquez. Si bien la construcción de la realidad en la novela “Cien Años de Soledad” es un aspecto fundamental y fascinante soportado en un mundo mágico en donde los límites entre lo factual y lo ficticio se difuminan constantemente, lo real y lo imaginario se entrelazan fluidamente, tal y como es el caso del amor obsesivo entre Meme y Mauricio Babilonia, cuyas manifestaciones somáticas se ven simbolizadas en las mariposas amarillas y en todo lo que se refiere a la cantidad de su presencia y a la intensidad y fuerza de su aleteo, los cuales no son más que la representación de los efectos generados por la interconexión psiconeuroendocrino-inmunológica tras la secreción de serotonina por parte de las células neuroendocrinas que acompañó a los dos personajes, sin desencantamiento, hasta su muerte:

“...Subió al tren como un sonámbulo sin advertir siquiera las mariposas amarillas que seguían acompañándola [...] Había pasado mucho tiempo cuando vio la última mariposa amarilla destrozándose en las aspas del ventilador y admitió como una verdad irremediable que Mauricio Babilonia había muerto [...] Todavía pensaba en Mauricio Babilonia, en su olor a aceite y su ámbito de mariposas, y seguiría pensando en él todos los días de su vida, hasta la remota madrugada de otoño en que muriera de vejez...” (p. 293-294).²¹

Si bien el sociólogo alemán Max Weber empleó la noción de desencantamiento del mundo para describir el proceso histórico y cultural por el cual el mundo moderno perdió su misterio y su encanto original debido a la racionalidad secular y a la burocracia que reduce la importancia de las tradiciones, las creencias y las formas de conocimiento no racionales,⁴¹ el universo macondiano de Gabriel García Márquez rescata con su bestiario toda una simbología soportada en la tradición popular reforzando el significado trascendente de una visión del mundo que incluye fuerzas sobrenaturales y misterios inexplicables. De la misma forma que

el médico Juan Valentín Fernández de la Gala, en “Los Médicos de Macondo”, interpreta historiográficamente las prácticas médicas en la obra literaria de Gabriel García Márquez.⁴²

En este sentido es mucho más intenso para la experiencia literaria describir la hiperventilación, la taquicardia y el peristaltismo aumentado con la metáfora de las mariposas amarillas que hacerlo a través de la racionalidad científica, lo cual se corresponde con lo que Max Weber ha denominado la persistencia de lo irracional en un mundo cada vez más racionalizado. Esta ironía histórica encuentra su soporte en que la racionalidad científica si bien puede proporcionar explicaciones y soluciones para muchos aspectos de la vida, no puede satisfacer completamente las necesidades humanas de significado, pertenencia y trascendencia. Ni Meme enclaustrada ni Mauricio Babilonia postrado en una cama, hasta el día de sus muertes, perdieron el encantamiento y significado del amor en sus vidas. La coexistencia de la racionalidad macondiana, en una especie de dualidad cultural, no ocasionó la pérdida de asombro y maravilla frente a las mariposas amarillas en tanto que la racionalización de un amor imposible por efectos de clase social no superó lo sobrenatural, allí en donde la magia se sostuvo como una forma de resistencia contra la lógica implacable de la modernidad, “*porque las estirpes condenadas a cien años de soledad no tenían una segunda oportunidad sobre la tierra.*” (p. 412).²¹ Solo la muerte acaba con la pérdida del sentido de lo maravilloso y la efímera naturaleza de la belleza y la felicidad, frágil como el aleteo de una mariposa, al estrellarse contra las aspas de un ventilador y contra la soledad del envejecimiento. Una desconexión del sistema nervioso central con el sistema nervioso entérico para que las células neuroendocrinas dejen de secretar serotonina.

REFERENCIAS

1. Piamba-Tulcán M. La flora y la fauna de Macondo: un asunto de interpretación. *Revista Cuadernos del Caribe*. 2016; 22: 26-44.
2. Bourdieu P. El campo literario. Prerrequisitos críticos y principios de método. *Criterios*. 1989; 25-28:20-42.
3. Chartier R. El mundo como representación. *Estudios sobre historia cultural*. Barcelona: Gedisa Editorial; 1995.
4. Bussolati G. C and APUD cells and endocrine tumours. Pearse's laboratory in the years 1965-1969: a personal recollection. *Endocr Pathol*. 2014; 25(2):133-40. DOI: 10.1007/s12022-014-9311-1
5. Pearse AG. The cytochemistry and ultrastructure of polypeptide hormone-producing cells of the APUD series and the embryologic, physiologic and pathologic implications of the concept. *J Histochem Cytochem*. 1969; 17(5):303-13. DOI: 10.1177/17.5.303
6. Andrew A. The APUD concept: where has it led us? *Br Med Bull*. 1982; 38(3):221-5. DOI: 10.1093/oxfordjournals.bmb.a071764
7. Ross MH, Pawlina W. *Histología: texto y atlas color con biología celular y molecular*. Séptima edición. Barcelona: Wolters Kluwer; 2016.
8. Gartner LP, Hiatt JL. *Texto de histología: Atlas a color*. Cuarta edición. Barcelona: Elsevier; 2017.
9. Sadler TW. *Embriología médica de Langman*. Décima segunda edición. Barcelona: Lippincot Williams & Wilkins; 2012.
10. Moore KL, Persaud TVN, Torchia MG. *Embriología clínica*. Décima edición. Barcelona: Elsevier; 2016.
11. Ogawa T, de Bold AJ. The heart as an endocrine organ. *Endocr Connect*. 2014; 3(2):R31-R44. DOI: 10.1530/EC-14-0012
12. Volpe M, Gallo G, Rubattu S. Endocrine functions of the heart: from bench to bedside. *Eur Heart J*. 2023; 44(8):643-655. DOI: 10.1093/eurheartj/ehac759
13. Seeholzer LF, Julius DJ. Neuroendocrine cells initiate protective upper airway reflexes. *Science*. 2024; 384(6693):295-301. DOI: 10.1126/science.adh5483.
14. Garg A, Sui P, Verheyden JM, Young LR, Sun X. Consider the lung as a sensory organ: A tip from pulmonary neuroendocrine cells. *Curr Top Dev Biol*. 2019; 132:67-89. DOI: 10.1016/bs.ctdb.2018.12.002
15. Noguchi M, Furukawa KT, Morimoto M. Pulmonary neuroendocrine cells: physiology, tissue homeostasis and disease. *Dis Model Mech*. 2020; 13(12): dmm046920. DOI: 10.1242/dmm.046920
16. Oberg K. Gastric neuroendocrine cells and secretory products. *Yale J Biol Med*. 1998; 71(3-4):149-54.
17. Latorre R, Sternini C, De Giorgio R, Greenwood-Van Meerveld B. Enteroendocrine cells: a review of their role in brain-gut communication. *Neurogastroenterol Motil*. 2016; 28(5):620-30. DOI: 10.1111/nmo.12754
18. Posovszky C. Development and Anatomy of the Enteroendocrine System in humans. *Endocr Dev*. 2017; 32:20-37. DOI: 10.1159/000475729
19. Geetha BJ. Magic Realism in Gabriel Garcia Marquez's *One Hundred Years of Solitude*. *Rupkatha Journal on Interdisciplinary Studies in Humanities*. 2010; 2(3):1-5. DOI: 10.21659/rupkatha.v2n3.13
20. Waham JJ. Magical Realism in Garcia's “*One Hundred Years of Solitude*” as a Reflection of the Political Climate. *International Journal of Language and Literary Studies*. 2023; 5(1):346-357. DOI: 10.36892/ijlls.v5i1.1249
21. García-Márquez G. *Cien años de soledad*. Bogotá: Editorial Norma; 2014.
22. Esch T, Stefano GB. The Neurobiology of Love. *Neuro Endocrinol Lett*. 2005; 26(3):175-92.
23. Zeki S. The neurobiology of love. *FEBS Lett*. 2007; 581(14):2575-9. DOI: 10.1016/j.febslet.2007.03.094
24. Esch T, Stefano GB. The neurobiological link between compassion and love. *Med Sci Monit Int Med J Exp Clin Res*. 2011; 17(3):RA65-75.
25. Seshadri KG. The neuroendocrinology of love. *Indian J Endocrinol Metab*. 2016; 20(4): 558-563. DOI: 10.4103/2230-8210.183479
26. Marazziti D, Dell'Osso B, Baroni S, Mungai F, Catena M, Rucci P, et al. A relationship between oxytocin and anxiety of romantic attachment. *Clin Pract Epidemiol Ment Health CP EMH*. 2006; 2: 28. DOI: 10.1186/1745-0179-2-28
27. Marazziti D, Palermo S, Mucci F. *The Science of Love: State of the*

- Art. *Adv Exp Med Biol.* 2021; 1331:249-254. DOI: 10.1007/978-3-030-74046-7_16
28. Pérez Rioja JA. *Diccionario de Símbolos y Mitos.* Madrid: Tecnos; 2000.
 29. Joret J. El bestiario de Gabriel García Márquez. *Nueva Revista De Filología Hispánica.* 1974; 23(1):65-87. DOI: 10.24201/nrfh.v23i1.1623
 30. Páez-Michel AL. Más que sólo mariposas amarillas: los artrópodos presentes en Cien Años de Soledad. En: Castaño-Meneses G, Navarrete-Heredia JL (coordinadores). *Avances en la Entomología Cultural Mexicana.* México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2015. p. 13-19.
 31. Silvani A, Calandra-Buonaura G, Dampney RA, Cortelli P. Brain-heart interactions: physiology and clinical implications. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci.* 2016; 374(2067):20150181. DOI: 10.1098/rsta.2015.0181.
 32. Brieler J, Breeden MA, Tucker J. Cardiomyopathy: An Overview. *Am Fam Physician.* 2017; 96(10):640-646.
 33. Jaryal AK, Singh A, Deepak KK. Neurophysiology of Heart. In: Prabhakar H, Kapoor I (editors). *Brain and Heart Crosstalk. Physiology in Clinical Neurosciences - Brain and Spinal Cord Crosstalks.* Singapore: Springer; 2020. DOI: 10.1007/978-981-15-2497-4_1
 34. Jeffries HE, Martin LD. Respiratory Physiology. In: Wheeler D, Wong H, Shanley T. (editors) *The Respiratory Tract in Pediatric Critical Illness and Injury.* London: Springer; 2019. DOI: 10.1007/978-1-84800-925-7_1
 35. Singh A, Jaryal AK. Neurophysiology of Respiratory System. In: Prabhakar H, Mahajan C (editors). *Brain and Lung Crosstalk. Physiology in Clinical Neurosciences - Brain and Spinal Cord Crosstalks.* Singapore: Springer; 2020. DOI: 10.1007/978-981-15-2345-8_1
 36. Ince LM, Pariollaud M, Gibbs GE. Lung physiology and defense. *Current Opinion in Physiology.* 2018; 5:9-15. DOI: 10.1016/j.cophys.2018.04.005
 37. Wingate D. Gastrointestinal neurophysiology. *Gut.* 1989; 30(2):281-282.
 38. Seshadri KG. The neuroendocrinology of love. *Indian J Endocrinol Metab.* 2016; 20(4):558-563. DOI: 10.4103/2230-8210.183479
 39. Sharkey KA, Beck PL, McKay DM. Neuroimmunophysiology of the gut: advances and emerging concepts focusing on the epithelium. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2018;15(12):765-784. DOI: 10.1038/s41575-018-0051-4
 40. McKay DM, Defaye M, Rajeev S, MacNaughton WK, Nasser Y, Sharkey KA. Neuroimmunophysiology of the Gastrointestinal Tract. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol.* 2024. DOI: 10.1152/ajpgi.00075.2024.
 41. Weber M. *Economía y sociedad.* Cuarta edición. México: Fondo de Cultura Económica; 2005.
 42. Fernández de la Gala JV. *Los médicos de Macondo. La medicina en la obra literaria de Gabriel García Márquez.* Bogotá: Editorial Nomos S. A.; 2024.