



Universidad
Internacional
de Andalucía

TÍTULO

DESCUBRIMIENTOS FARMACOLÓGICOS

HISTORIA Y CIENCIA EN VIÑETAS

AUTOR

Manuel Gómez Guzmán

Esta edición electrónica ha sido realizada en 2025

Tutora	Dra. Eugenia García Amor
Institución	Universidad Internacional de Andalucía
Curso	<i>Máster de Formación Permanente en Medicina Gráfica (2023-24)</i>
©	Manuel Gómez Guzmán
©	De esta edición: Universidad Internacional de Andalucía
Fecha documento	2024



Universidad
Internacional
de Andalucía



**Atribución-NoComercial-SinDerivadas
4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)**

Para más información:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>

III EDICIÓN DEL MÁSTER EN MEDICINA GRÁFICA

TRABAJO FIN DE MÁSTER (TFM)

DESCUBRIMIENTOS FARMACOLÓGICOS: HISTORIA Y CIENCIA EN VIÑETAS

Presentado por:

DR. MANUEL GÓMEZ GUZMÁN

Responsable de tutorización:

Profa. Dra. Eugenia García Amor

Curso académico 2023/2024



ÍNDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	4
JUSTIFICACIÓN	8
OBJETIVO PRINCIPAL	8
METODOLOGÍA	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
CONCLUSIONES	37
ÍNDICE DE FIGURAS	37
BIBLIOGRAFÍA	38

RESUMEN

Introducción: La *Medicina Gráfica* es una disciplina que combina la narrativa visual con la enseñanza médica, utilizando ilustraciones y cómics para transmitir conceptos complejos de forma accesible. Este enfoque ha demostrado ser útil para mejorar la comprensión y transmisión de conocimientos en educación médica. En este contexto, la historia de la Farmacología, con sus numerosos descubrimientos paradigmáticos, se presenta como una oportunidad ideal para ser contada a través de cómics breves y autoconclusivos. Estos cómics no solo explican los avances científicos, sino que también contextualizan el impacto social y clínico de los fármacos que han transformado la medicina moderna.

Objetivos: Este proyecto tiene como objetivo desarrollar una serie de cómics breves sobre descubrimientos farmacológicos clave con el fin de divulgar estos avances científicos entre estudiantes y público en general. En este TFM se presenta un único ejemplo de lo que se pretende hacer en los próximos años. Además, este trabajo busca utilizar la narrativa gráfica como una herramienta educativa eficaz que permita mejorar la comprensión de la evolución de la Farmacología y su importancia en la historia de la Medicina.

Metodología: Se han seleccionado tres hitos relevantes en la historia de la Farmacología (la penicilina, la insulina y la Warfarina); tras una investigación exhaustiva en fuentes científicas y académicas, se han escrito tres resúmenes sobre estos descubrimientos. A partir de esta información, se han desarrollado guiones narrativos y un storyboard, definiendo un estilo gráfico monocromo en tonos azulados, inspirado en la web polimedicado.es, con un formato de cinco viñetas por página y rotulación mediante *Comic Sans* para cartelas y *lettering* a mano alzada para los bocadillos. Como ejemplo práctico, se ha creado un cómic de dos páginas sobre el descubrimiento de la warfarina, incluyendo su boceto y versión final digitalizada. El material está diseñado para ser publicado en revistas de acceso abierto como *Actualidad en Farmacología y Terapéutica (AFT)*, facilitando su difusión en entornos educativos y científicos.

Resultados y discusión: El formato de cómic permite presentar información farmacológica compleja de manera clara y atractiva. Esperamos que los lectores, tanto estudiantes como público general, respondan positivamente, de manera que el formato gráfico les ayude a entender mejor los conceptos clave y el impacto de los descubrimientos en la medicina moderna. Además, confiamos en que la combinación de texto e imagen fomente su interés y facilite la retención de la información. Futuros estudios, más allá de este trabajo, tratarán de evaluar cualitativamente el impacto real en el aprendizaje gracias a estas publicaciones.

Conclusión: La creación de cómics sobre descubrimientos farmacológicos puede ser una herramienta educativa eficaz y accesible. Este enfoque gráfico no solo pretende mejorar la comprensión de temas científicos complejos, sino que también ofrece un medio atractivo para divulgar avances clave en la historia de la Farmacología. El proyecto pretende destacar el valor de la Medicina Gráfica como un recurso didáctico innovador en la docencia médica.

Palabras clave: Medicina Gráfica; Farmacología; Cómics; Descubrimientos científicos; Divulgación médica.

ABSTRACT

Introduction: Graphic Medicine is a discipline that combines visual storytelling with medical education, employing illustrations and comics to convey complex concepts in an accessible manner. This approach has proven to be effective in enhancing comprehension and knowledge dissemination in medical education. Within this framework, the history of Pharmacology, with its numerous paradigm-shifting discoveries, represents an ideal opportunity to be narrated through concise and self-contained comics. These comics not only explain scientific advancements but also contextualize the social and clinical impact of drugs that have transformed modern medicine.

Objectives: This project aims to develop a series of short comics about key pharmacological discoveries to disseminate these scientific advancements among students and the general public. This Master's Thesis presents a single example of what is intended to be expanded in the coming years. Furthermore, this work seeks to utilize graphic storytelling as an effective educational tool to enhance the understanding of the evolution of Pharmacology and its significance in the history of Medicine.

Methodology: Three significant milestones in the history of Pharmacology (penicillin, insulin, and warfarin) were selected. Following an in-depth investigation using scientific and academic sources, three summaries about these discoveries were written. Based on this information, narrative scripts and a storyboard were developed, defining a monochromatic graphic style in blue tones, inspired by the website polimedicado.es. The format consists of five panels per page, with Comic Sans used for captions and hand-drawn lettering for speech bubbles. As a practical example, a two-page comic about the discovery of warfarin was created, including its sketch and final digitalized version. The material is designed for publication in open-access journals such as *Actualidad en Farmacología y Terapéutica (AFT)*, enabling dissemination in educational and scientific settings.

Results and Discussion: The comic format allows for the presentation of complex pharmacological information in a clear and engaging manner. We anticipate that readers, including both students and the general public, will respond positively, finding the graphic format helpful in better understanding key concepts and the impact of discoveries on modern medicine. Additionally, we expect that the combination of text and images will stimulate interest and facilitate information retention. Future studies, beyond this work, will aim to qualitatively assess the actual impact on learning through these publications.

Conclusion: The creation of comics about pharmacological discoveries can serve as an effective and accessible educational tool. This graphic approach not only seeks to improve the understanding of complex scientific topics but also offers an appealing medium for disseminating key advancements in the history of Pharmacology. The project highlights the value of Graphic Medicine as an innovative teaching resource in medical education.

Keywords: Graphic Medicine; Pharmacology; Comics; Scientific Discoveries; Medical Dissemination.

INTRODUCCIÓN

La Medicina Gráfica es una herramienta que utiliza la narrativa visual, como cómics y novelas gráficas, ilustraciones e infografía para comunicar conceptos médicos de manera efectiva, facilitando la comprensión de temas complejos tanto en educación médica como en divulgación científica. Este concepto fue formalizado por Ian Williams en 2007 y ha ganado popularidad como una herramienta educativa en el ámbito sanitario, especialmente en la enseñanza de estudiantes de Medicina y en la mejora de la relación médico-paciente (Williams et al., 2011). Los cómics, al combinar texto e imágenes, permiten un aprendizaje experiencial, promoviendo la empatía y la reflexión crítica en los profesionales de la salud (Green y Myers, 2010). Este enfoque no solo es útil para mejorar la adquisición de conocimientos científicos, sino también para fomentar habilidades como la comunicación y la profesionalidad, fundamentales en la atención clínica (Ronan y Czerwicz, 2020).

Graphic Medicine, tal como fue conceptualizada por Williams en un principio, tuvo su origen en el Reino Unido, donde este médico e ilustrador fusionó la medicina con el cómic para crear un enfoque visual y narrativo que facilitara la comunicación de experiencias relacionadas con la enfermedad, tanto desde el punto de vista del paciente como del profesional de la salud (Williams et al., 2012). A medida que esta corriente fue ganando terreno, *Graphic Medicine* se convirtió en una herramienta poderosa para narrar experiencias médicas complejas, mejorando no solo la comprensión clínica sino también el humanismo médico, especialmente en entornos educativos.

Uno de los conceptos clave dentro de la MG es el de la *patografía gráfica*, que se refiere a la representación visual de la experiencia de la enfermedad, generalmente a través de cómics o novelas gráficas. Este enfoque permite a los pacientes y profesionales de la salud compartir y comprender mejor las vivencias relacionadas con el proceso de la enfermedad y ha sido reconocido como un medio poderoso para humanizar la medicina. La patografía gráfica no solo transmite la información médica, sino también las emociones, preocupaciones y dificultades que enfrentan los pacientes, lo que puede ayudar a mejorar la empatía y la comunicación en la relación médico-paciente (Green y Myers, 2010). Esta representación gráfica de la enfermedad es fundamental porque permite a los lectores experimentar de manera vicaria las vivencias de otros, promoviendo una reflexión más profunda y una mayor sensibilización hacia el sufrimiento y las necesidades de los pacientes.

En España, este enfoque ha sido adaptado bajo el nombre de Medicina gráfica (MG), liderado por Mónica Lalanda, una médico de urgencias e ilustradora que ha promovido activamente este movimiento (Imagen 1). Lalanda introdujo la MG en España con el objetivo de usar los cómics no solo como medio educativo, sino también como una herramienta práctica para la mejora de la comunicación entre médicos y pacientes, así como para la enseñanza de ética médica y la humanización de la atención sanitaria (Lalanda y García Amor, 2023).



Imagen 1. Ilustración de Mónica Lalanda, impulsora del movimiento de Medicina Gráfica en España. (Realización propia).

Además, en el **Movimiento de Medicina Gráfica español** se ha ampliado el uso de la **narrativa gráfica más allá de los cómics**, incluyendo otros recursos visuales como las **infografías**, los **resúmenes gráficos** (*abstracts* gráficos) o las **ilustraciones** en general (Imagen 2). Estos elementos se utilizan de manera efectiva para mejorar la comunicación en salud, facilitando la transmisión de información tanto a pacientes como a profesionales sanitarios. Las infografías, en particular, han demostrado ser una herramienta útil para sintetizar datos complejos y presentarlos de manera clara y accesible, lo que es esencial en situaciones donde el tiempo y la comprensión rápida son críticos (Lalanda y García Amor, 2023).

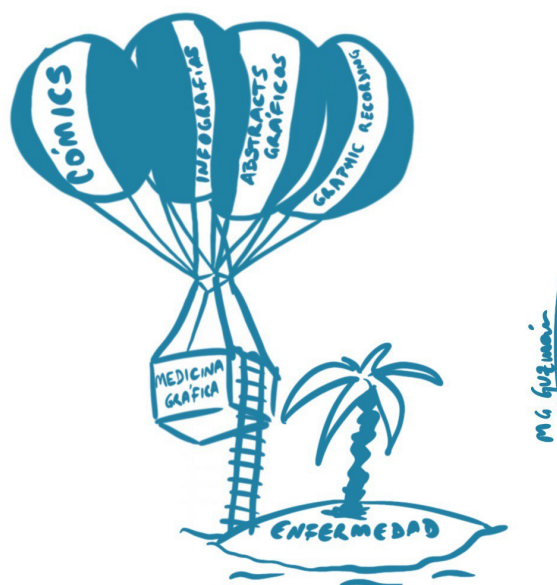


Imagen 2. Representación gráfica de los elementos de la Medicina Gráfica. (Realización propia).

Aunque la esencia de ambos movimientos es similar, la *Medicina Gráfica* en España ha tenido un enfoque más práctico y orientado a la publicación en medios convencionales (Lalanda y García Amor, 2023). En este contexto, y con el propósito de consolidar su labor, en **junio de 2023 el movimiento dio un paso significativo al constituirse como la Sociedad Española de Medicina Gráfica (SEMGRAF)**. Tal y como se indica en su web, esta sociedad científica nace con el objetivo de **promover el uso de recursos gráficos en el ámbito sanitario**, facilitando la comunicación entre profesionales de la salud y pacientes, así como fomentando la investigación y la educación en este campo (Sociedad Española de Medicina Gráfica (SEMGRAF), 2024).

Diversos estudios han puesto de relieve el **impacto positivo de la Medicina Gráfica en la formación médica y el cuidado de los pacientes**. Este enfoque, que combina el uso de narrativas visuales como cómics e infografías, ha permitido que los estudiantes de medicina y profesionales sanitarios adquieran una comprensión más profunda y accesible de conceptos complejos, además de sensibilizarlos ante la experiencia humana de la enfermedad. En su estudio pionero, Green y Myers (2010) destacan que el uso de cómics como herramientas educativas proporciona una vía innovadora para mejorar tanto el conocimiento técnico como la empatía en la interacción con los pacientes. A través de la representación gráfica de la enfermedad, los estudiantes pueden ver reflejadas las emociones, preocupaciones y desafíos que enfrentan los pacientes, algo que la enseñanza tradicional podría pasar por alto.

Este potencial pedagógico quedó demostrado pocos años después en un **curso innovador** que el profesor Grenn realizó para estudiantes de cuarto año de Medicina en Penn State College of Medicine; el Dr. Michael J. Green utilizó cómics para enseñar a los estudiantes la experiencia de la enfermedad desde una perspectiva humanística. El curso, diseñado para fomentar tanto el pensamiento crítico como la creatividad, se centró en el uso de **patografías gráficas**, que permiten a los estudiantes comprender mejor las vivencias de los pacientes, los familiares y los profesionales de la salud. Además de leer novelas gráficas médicas, los estudiantes crearon sus propios cómics basados en experiencias personales, desarrollando habilidades narrativas y visuales. Este enfoque no solo mejoró la empatía y la comprensión de la enfermedad, sino que también brindó un espacio para reflexionar sobre los desafíos del sistema médico y la interacción humana en la atención clínica (Green, 2013).

Otro ejemplo de la utilidad de la MG es el trabajo de Ronan y Czerwec (2020), quienes desarrollaron **un programa de formación para residentes de neurología utilizando cómics para mejorar las competencias en comunicación y empatía**. Los resultados indicaron que los residentes lograron no solo una mejor comprensión de las enfermedades neurológicas, sino también una mayor capacidad para ponerse en el lugar del paciente. Además, el uso de estas narrativas gráficas fomentó un entorno de aprendizaje más interactivo y accesible, que facilitó el desarrollo de habilidades interpersonales clave, fundamentales para la práctica médica. Esto resalta cómo la Medicina Gráfica no solo mejora el conocimiento técnico, sino que también fortalece la relación médico-paciente y la atención centrada en la persona (Ronan y Czerwec, 2020).

En el marco de la innovación docente en Ciencias de la Salud, un ejemplo notable del uso del cómic se llevó a cabo en la Universidad de Almería. A través de una actividad implementada en la titulación de Fisioterapia, los estudiantes participaron en la **lectura de novelas gráficas** relacionadas con patologías y la realidad sociosanitaria, seguida de debates y reflexiones escritas. La experiencia, que incluía títulos como *Una posibilidad entre mil* de Durán y Giner Bou (2009), mostró cómo los cómics facilitan la comprensión emocional y práctica de temas complejos como la relación entre profesionales sanitarios y pacientes, además de reforzar conceptos clave como la empatía y el trabajo colaborativo. Los estudiantes valoraron positivamente la metodología, subrayando el impacto emocional y educativo del uso de cómics en su formación (Rocamora Pérez et al., 2018).

En el artículo *Vivir la Medicina Gráfica como estudiante sanitario*, Eugenia García-Amor (2019) explora **cómo los estudiantes de Medicina pueden aprovechar la MG para mejorar su aprendizaje y su empatía con los pacientes**. La autora destaca el poder de las *patografías gráficas* como una forma eficaz de complementar la formación teórica. Estas narrativas visuales ayudan a los estudiantes a conectar con la dimensión psicosocial de la atención médica, enriqueciendo su comprensión de los procesos de enfermedad y el impacto emocional en los pacientes. Además, García-Amor anima a los estudiantes a participar activamente en la creación de recursos gráficos, utilizando sus propios dibujos y mnemotecnias para facilitar el aprendizaje y la retención de conceptos médicos. También resalta el uso de novelas gráficas y cómics en bibliotecas universitarias y redes sociales como una herramienta educativa accesible y de gran potencial.

Siguiendo el enfoque de García-Amor (2019), Mónica Lalanda amplía esta perspectiva en su artículo *El cómic como herramienta en el mundo sanitario* (2019). La médica subraya que, aunque la formación médica es rigurosa en el ámbito científico, frecuentemente se descuida el componente humanístico y emocional en la atención al paciente. Según la autora, **los cómics y novelas gráficas permiten** abordar esta brecha, proporcionando **una representación más completa y empática de las experiencias de enfermedad**. Estas narrativas gráficas, en concreto las *patografías gráficas*, muestran las vivencias personales de los pacientes, aportando una dimensión que no se encuentra en los libros de texto tradicionales. Lalanda recalca que la MG no solo ayuda a mejorar la comunicación entre profesionales sanitarios y pacientes, sino que también fomenta una mayor comprensión de la enfermedad en su contexto humano, lo cual es esencial para una atención médica integral (Lalanda, 2019).

En nuestro caso particular, hemos llevado a cabo proyectos de innovación docente que demuestran **cómo el uso de imágenes e ilustraciones mejora la memorización y comprensión de los nombres y características de los fármacos**. Un ejemplo destacado de esta metodología es el desarrollo de tarjetas mnemotécnicas (*flashcards*), empleadas como herramienta pedagógica para facilitar el aprendizaje en las asignaturas de Farmacología. Estas tarjetas, elaboradas por los propios estudiantes, incluyen información relevante sobre los medicamentos, acompañada de ilustraciones diseñadas para asociar visualmente el nombre y las características del fármaco (Gómez-Guzmán et al., 2019). Se ha comprobado que este enfoque no solo mejora la retención a largo plazo, sino que también incrementa la motivación y el aprendizaje autónomo de los estudiantes. Además, las imágenes permiten representar

conceptos complejos de forma simplificada, favoreciendo la comprensión inmediata y la retención de información científica. Este modelo visual, ya probado en nuestras aulas, sirve de base para el presente proyecto, en el que se emplea el formato de cómic como evolución natural de estas herramientas educativas relacionadas con la MG.

Estos ejemplos **refuerzan la idea central de este TFM**: utilizar la MG para narrar los descubrimientos más importantes de la Farmacología, con el objetivo de hacer más accesibles los conocimientos médicos a través de cómics breves y autoconclusivos. Estos cómics no solo permitirán transmitir información científica de manera efectiva, sino que también humanizarán los descubrimientos al presentar sus implicaciones sociales y clínicas.

JUSTIFICACIÓN

La Farmacología ha sido fundamental en el desarrollo de la medicina moderna, con descubrimientos apasionantes y curiosos que han salvado millones de vidas. Sin embargo, la forma en que estos hitos se enseñan y se comunican a menudo carece de una dimensión accesible y humana. La MG, con su capacidad para combinar texto e imagen, se presenta como una herramienta innovadora que puede superar estas barreras al hacer que los conceptos complejos de la Farmacología sean más comprensibles y atractivos tanto para estudiantes de carreras biosanitarias como para el público general. **El presente TFM busca aprovechar la fuerza pedagógica de los cómics para crear historias visuales que narren de manera accesible los hitos clave en la historia de la Farmacología.**

OBJETIVO PRINCIPAL

Crear una serie de **cómics breves y autoconclusivos que narren los descubrimientos más relevantes en la historia de la Farmacología.**

Objetivos secundarios

1. Facilitar el acceso y la comprensión de los avances científicos en Farmacología, destacando su impacto clínico y social en la vida de los pacientes y en la práctica clínica actual.
2. Fomentar el interés de estudiantes y público general por la historia de la Ciencia, y en particular, por los descubrimientos farmacológicos.
3. Explorar y validar el uso de la Medicina Gráfica como herramienta educativa y de divulgación en el ámbito sanitario.

METODOLOGÍA

Diseño del Proyecto

Este trabajo se diseña como un **proyecto de divulgación, investigación y creación en el ámbito de la MG**. La propuesta combina elementos de narrativa visual con el rigor científico necesario para abordar hitos históricos en Farmacología de manera accesible y atractiva.

El diseño se basa en una metodología cualitativa-descriptiva, utilizando el cómic como herramienta pedagógica y divulgativa. Se han seleccionado descubrimientos farmacológicos que han tenido un impacto significativo en la medicina moderna, tanto desde el punto de vista clínico como social. Este enfoque permite no solo explicar los procesos científicos involucrados, sino también contextualizar los avances dentro de la experiencia humana de la enfermedad.

La idea surge realizando la actividad del tema impartido por Josune Urrutia Asúa, donde dibujé un breve cómic sobre la vida y aportes científicos de Gertrude B. Elion (Imagen 3; Anexo 1). Este ejercicio inicial sirvió como punto de partida para explorar el potencial de la Medicina Gráfica como herramienta de divulgación científica y educativa en el ámbito de la Farmacología.

La actividad se centraba en la figura de Gertrude B. Elion (1918-1999), una bioquímica y farmacóloga estadounidense cuya trayectoria profesional dejó una huella significativa en el tratamiento de diversas enfermedades. Elion destacó, no solo por sus contribuciones científicas, sino también por romper barreras de género en un campo tradicionalmente dominado por hombres.

Este cómic resalta momentos clave como su motivación inicial para dedicarse a la ciencia, influida por la pérdida de su abuelo a causa del cáncer; su colaboración con George Hitchings en *Burroughs Wellcome*, donde desarrolló un enfoque innovador basado en diferencias bioquímicas entre células humanas y patógenas para diseñar medicamentos selectivos; muestra descubrimientos como la mercaptopurina para la leucemia, la azatioprina como inmunosupresor para trasplantes y el aciclovir, uno de los primeros tratamientos antivirales comercializados; y el reconocimiento internacional con el Premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1988, compartido con Hitchings y Sir James Black, consolidando su legado en el desarrollo de nuevos fármacos.

Este ejercicio se estructuró en seis viñetas, cada una representando un momento crucial de la vida de Elion. El diseño seguía un formato visual de 3x3 viñetas por página para garantizar claridad narrativa y accesibilidad.

La experiencia sirvió como modelo para diseñar el presente proyecto, aplicando las mismas técnicas gráficas y narrativas a otros descubrimientos farmacológicos como la penicilina, la insulina y la warfarina. Para profundizar más en el proceso de creación se puede consultar el Anexo I.

GERTRUDE B. ELION

A través de un artículo del National Geographic, recordé la figura de Gertrude B. Elion, quedando fascinado por su dedicación y logros.



Nacida en 1918, Gertrude se enfrentó a numerosos desafíos. Motivada por la pérdida de su abuelo por un cáncer, decidió estudiar duramente para encontrar una cura.



Años después, en Burroughs Wellcome, colaboró con George Hitchings, desarrollando medicamentos que marcarían una diferencia real en la Farmacología.



Su trabajo resultó en innovaciones como la mercaptopurina para la leucemia, la azatioprina para trasplantes de órganos y el aciclovir para el herpes virus.



Reconocida con el Premio Nobel de Medicina en 1988, Elion abrió caminos no solo en la ciencia sino también para las futuras generaciones de mujeres en la ciencia.



El legado de Elion inspira mi enseñanza y me motiva a fomentar la curiosidad y dedicación en mis estudiantes.



MG Guzmán

Imagen 3. Cómic en una página que resume la historia de la investigadora ganadora del Premio Nobel Gertrude B. Elion. (Realización propia).

Estilo del cómic

Como se observa en el cómic de Gertrude B. Ellion, el estilo visual del cómic se ha diseñado para ser fácilmente reconocible y coherente con la identidad gráfica de mi web **www.polimedicado.es** (Imagen 4; Gómez Guzmán et al., 2019), utilizando un esquema **monocromo en tonos azulados** como color característico (el mismo utilizado en dicha web). Esta elección no solo proporciona uniformidad estética, sino que también facilita la identificación del material como parte de una colección temática sobre **descubrimientos farmacológicos**.



Imagen 4. Captura de la web www.polimedicado.es

Cada cómic se estructura en **dos páginas** compuestas por **cinco viñetas**. La primera y la última viñeta ocupan un espacio **doble**, lo que permite introducir y cerrar la narrativa con escenas más detalladas e impactantes, mientras que las viñetas intermedias siguen un formato más compacto para desarrollar la trama de manera fluida (Imagen 5).

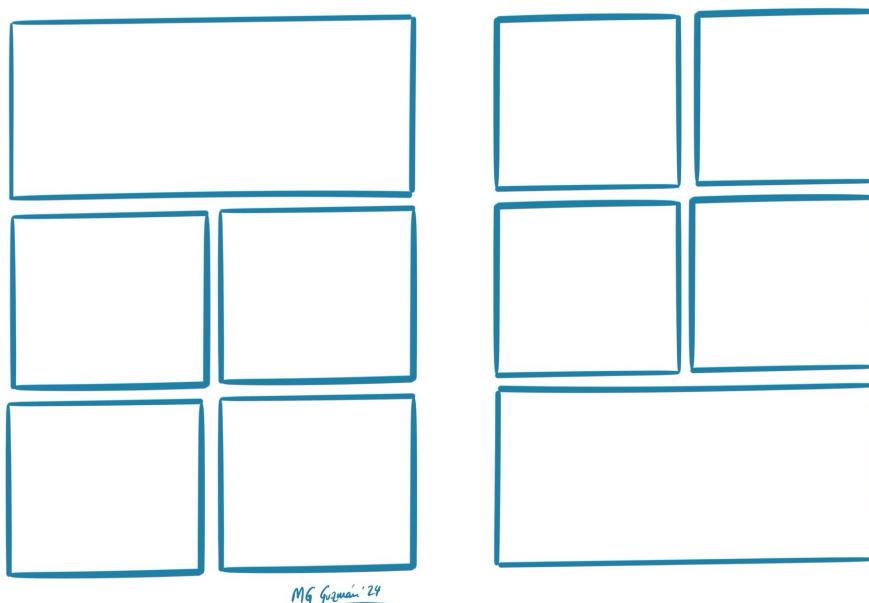


Imagen 5. Distribución de las dos páginas que constituirán cada cómic, con un total de 10 viñetas. (Realización propia).

La estructura se mantiene **deliberadamente esquemática** para facilitar tanto el trabajo del autor como, sobre todo, la experiencia del lector. Este formato accesible está diseñado para ser fácilmente entendible incluso por aquellos que no son lectores habituales de cómics.

No se pretende experimentar con fórmulas innovadoras o rompedoras del lenguaje del cómic, ya que el objetivo principal es **priorizar la claridad narrativa y la comprensión del contenido científico**. De este modo, el diseño se centra en proporcionar una herramienta educativa efectiva sin sacrificar la precisión histórica ni el rigor científico.

La descripción completa y las imágenes de referencia se encuentran disponibles en el Anexo 1, acompañadas de diagramas y modelos de viñetas para clarificar la estructura utilizada en este proyecto. Ahí se describe cómo el formato elegido busca simplificar la lectura sin sacrificar el impacto visual. Además, se incluyen ejemplos ilustrativos de obras que han servido de inspiración para este proyecto, como *Pseudociencia, mentiras, fraudes y otros timos* de Darryl Cunningham, *Microbes Bugs and Wonder Drugs* de Balkwill y Rolph, y *Ronson* de César Sebastián. Estos ejemplos muestran cómo un diseño sencillo puede ser efectivo para transmitir información compleja de forma accesible.

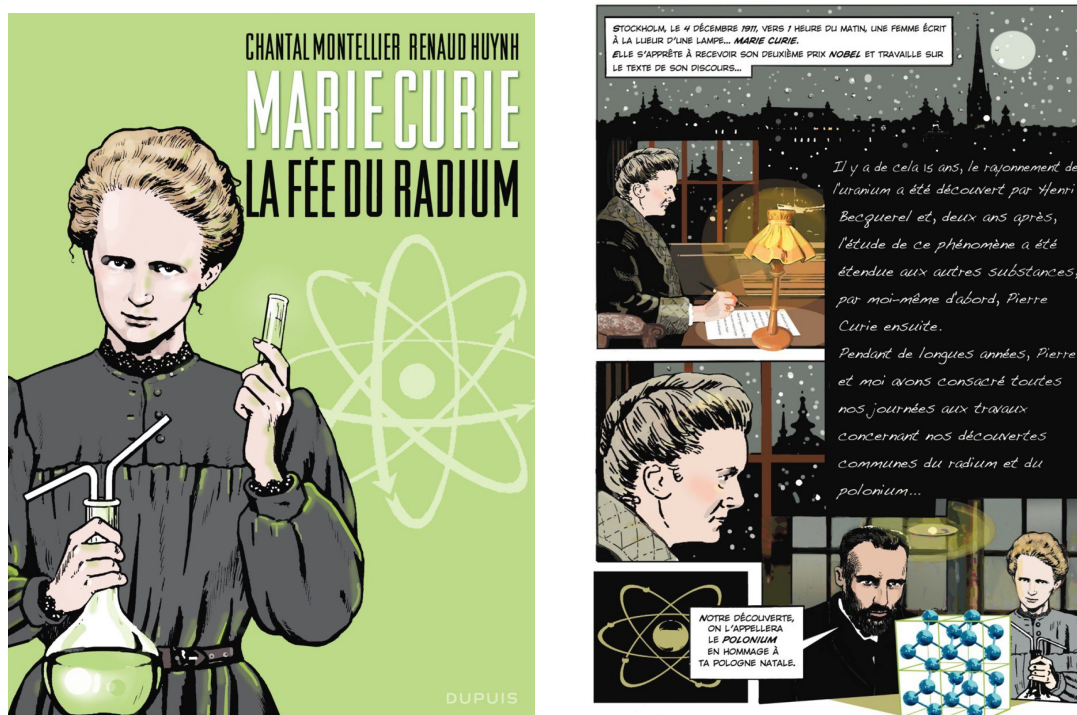


Imagen 6. Portada y página interior del cómic *Marie Curie: La Fée du Radium*, de Chantal Montellier y Renaud Huynh. Ejemplo de estilo semi-realista y diseño narrativo aplicado a la divulgación científica.

El estilo de dibujo que se pretende utilizar combina un enfoque **semi-realista** con líneas claras y simples, priorizando la legibilidad, el atractivo visual y la sencillez, inspirado en obras

como *Marie Curie: La Fée du Radium* de **Chantal Montellier** y **Renaud Huynh** (Imagen 6). El uso de trazos definidos y colores planos proporciona un equilibrio entre el rigor documental y la expresividad narrativa, facilitando la conexión emocional del lector con los personajes y los eventos retratados.

La obra *Marie Curie: La Fée du Radium* narra la vida y los logros de Marie Curie, destacando sus contribuciones pioneras a la ciencia y su papel como una de las primeras mujeres en recibir un Premio Nobel. Su estilo gráfico realista, acompañado de fondos detallados y escenas simbólicas, refuerza la dimensión histórica de la narrativa. Este enfoque también permite introducir elementos científicos, como diagramas atómicos y modelos moleculares, integrándolos de manera visual en la historia (Montellier y Huynh, 2011; Imagen 6). Este modelo ha servido de referencia para el proyecto, adaptando su estructura clara y su diseño sobrio para asegurar la comprensión del contenido sin renunciar al atractivo estético.

Sin embargo, en el presente proyecto se ha optado por un enfoque más simplificado, tanto en términos gráficos como narrativos. A diferencia de la obra mencionada, donde los fondos y los detalles juegan un papel destacado, aquí se busca una representación más esquemática y monocroma, utilizando un **estilo basado en líneas claras, simples y sin fondos**.

Rotulación y Tipografía

El diseño tipográfico del proyecto se plantea con un enfoque funcional y accesible a cualquier lector, adaptado al carácter divulgativo del cómic. Se contempla la utilización de fuentes previamente creadas en la aplicación **iFontMaker** para futuros trabajos, lo que permitiría personalizar el estilo tipográfico y darle un sello distintivo (Imagen 7). Sin embargo, debido a limitaciones de tiempo, en este proyecto se ha optado por soluciones más directas y prácticas.

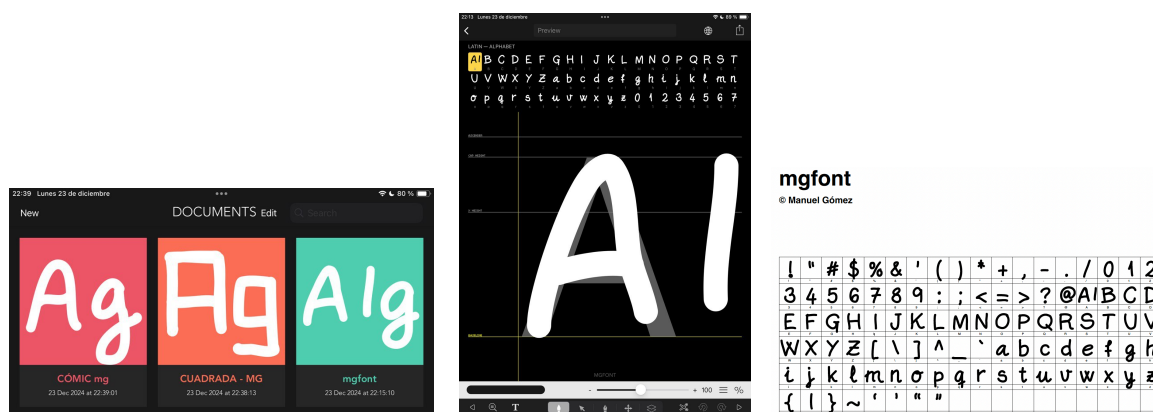


Imagen 7. Ejemplos de fuentes personalizadas creadas en iFontMaker para su uso en futuros cómics. (Realización propia).

En la primera captura (Imagen 6) se observa una vista general de las fuentes creadas, cada una con un estilo distintivo. La segunda imagen presenta el catálogo completo de caracteres diseñados, incluyendo letras, números y símbolos, dentro de la aplicación iFontMaker; mientras que la tercera imagen muestra el diseño detallado de un carácter individual dentro de la

fuerza **mgfont** (de nueva creación), resaltando el ajuste de proporciones y alineaciones como la línea base, el ascendente y el descendente.

En el primer trabajo realizado para este proyecto presentado en este TFM, para las **cajas de texto** (cartelas o recuadros narrativos), se ha utilizado la fuente **Comic Sans**, una tipografía ampliamente reconocida por su legibilidad y estilo desenfadado, lo que facilita la lectura, especialmente para lectores no habituales de cómics o con problemas de comprensión lectora. Aunque esta elección pueda resultar controvertida en algunos círculos de diseño, se justifica por su claridad visual y familiaridad, lo que responde al propósito de accesibilidad del proyecto.

En cambio, los textos dentro de los **bocadillos** (globos de diálogo) están escritos **a mano alzada**, siguiendo principios caligráficos explicados en el Máster, para dotar a las voces de los personajes de una mayor personalidad y expresividad (Imagen 8). Esta técnica, tal y como mencionaba el profesor Fernando Fuentes Méndez, aporta un valor emocional que no siempre se consigue mediante tipografías digitales, destacando la importancia del *lettering* como elemento narrativo en el cómic.



Imagen 8. Ejemplo de bocadillos escritos a mano alzada para resaltar la expresividad y personalidad en los diálogos. Ilustración creada durante el Máster y utilizada para la divulgación de un artículo publicado en el 2024 por nuestro grupo de investigación: <https://link.growkudos.com/1f6hwawfrb4>. (Realización propia).

La elección de combinar estos dos enfoques (**una fuente predefinida en las cajas de texto y escritura manual en los bocadillos**) responde a criterios prácticos y artísticos. Permite

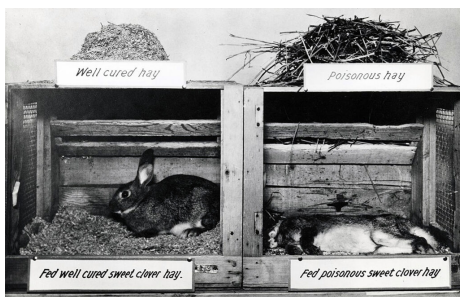
diferenciar visualmente las partes narrativas y dialogadas, al tiempo que mantiene un equilibrio entre eficiencia y estética.

Investigación documental y publicación

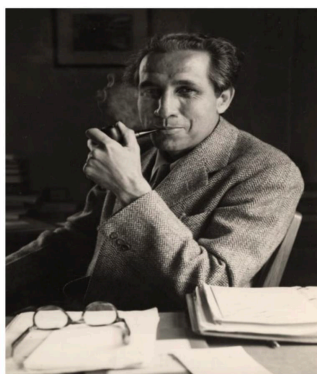
El proceso de producción de estos breves cómics comienza con una investigación documental exhaustiva, que incluye la revisión de bibliografía especializada en bases de datos científicas como **PubMed**, **Scopus** y **Google Scholar** (Gómez-Guzmán, 2019). Además, se analizan textos históricos, biografías y relatos sobre los descubrimientos seleccionados, lo que permite contextualizar cada hito farmacológico y destacar su relevancia científica y social.

En la búsqueda, se recopilan también **fotografías históricas** relacionadas con el descubrimiento en cuestión y que serán utilizadas para la realización de diferentes viñetas. Con ello se pretende cumplir con el estilo semi-realista que se busca, así como hacer reconocible para los lectores momentos claves que están perfectamente documentados con algunas imágenes o fotografías icónicas (Imagen 9).

1.



2.



3.



Imagen 9. Ejemplos de fotografías relacionadas con el descubrimiento de la warfarina. (1) Fotografía del experimento histórico en el que se observa un conejo alimentado con heno seco (izquierda) y otro con heno mohoso (derecha). El segundo muestra signos visibles de hemorragias internas, ilustrando el impacto del trébol dulce contaminado. (2) Retrato del químico Karl Paul Link, quien aisló y sintetizó el dicumarol, precursor de la warfarina. (3) El presidente Eisenhower en 1957 en el hospital militar de Denver donde atendieron su trombosis cardíaca. (Imágenes obtenidas de Arroyo-Espliguero, 2023; Peinado-Lorca, 2024).

Una vez recopilada la información, se procedió a la elaboración de **guiones y storyboards**. Los guiones narrativos detallan la estructura del contenido, especificando los diálogos de los personajes y las descripciones visuales necesarias para cada viñeta. En este trabajo se muestra el doble proceso de los guiones. En primer lugar, se realizan guiones muy resumidos y básicos para establecer los 10 puntos clave (que corresponden a las 10 viñetas finales). Así queda expuesto en los casos de la penicilina en insulina en este trabajo; posteriormente, una vez que la estructura convence, se realizan guiones más detallados sobre lo que irá escrito y dibujado

en cada viñeta (ejemplo del guion de la warfarina escrito en este TFM). Por último, se crearon bocetos preliminares (Imagen 13) que sirven para probar la disposición gráfica y evaluar la claridad narrativa antes de pasar al diseño final.

En la fase de diseño gráfico y maquetación, se utilizaron herramientas digitales como **Procreate**, **Canva** y **PowerPoint** para la creación de las ilustraciones y la composición de las páginas. Tal y como se ha explicado previamente, el formato adoptado consta de cinco viñetas por página, siendo una de ellas doble, lo que permite resaltar momentos clave en la historia y mantener un ritmo narrativo equilibrado, garantizando una organización visual clara y accesible. Antes de su finalización, y tal y como explicaba la profesora Sandra Díaz, **los cómics pasan por una evaluación preliminar**. Se lleva a cabo una revisión interna con expertos en Farmacología y MG para asegurar la precisión científica y la coherencia narrativa. Además, se recaba la **opinión de lectores beta**, tanto profesionales como no especializados, para valorar el impacto visual, la accesibilidad y la capacidad de captar el interés del público, mostrándoles diferentes ideas y versiones, como pruebas de color (Imagen 10).

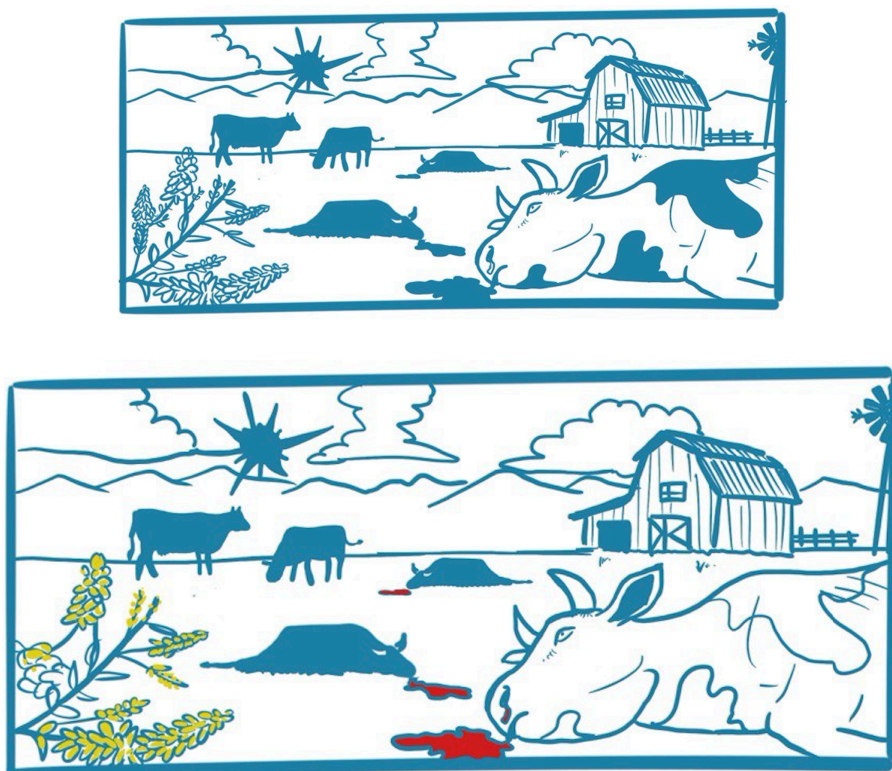


Imagen 10. Pruebas de color de la primera viñeta finalizada que forma parte del cómic sobre el descubrimiento de la warfarina. En la segunda viñeta, con nuevos colores planos (amarillo y rojo), se resaltan dos elementos claves de la historia como son el trébol dulce (*Melilotus officinalis*) y la sangre (en referencia a las hemorragias). (Elaboración propia).

Finalmente, se pretende que el material se publique en la **revista Actualidad en Farmacología y Terapéutica (AFT)**, editada por la Sociedad Española de Farmacología (SEF). Esta revista, de acceso abierto y con licencias *Creative Commons*, es un canal idóneo para difundir el contenido de manera accesible, ya que previamente ha acogido artículos divulgativos nuestros relacionados con la docencia en Farmacología y temas afines (Gómez-

Guzmán et al., 2023; Imagen 11). Su vertiente científica y especializada garantiza el rigor académico necesario para respaldar este trabajo, mientras que su formato digital y en abierto facilita el acceso tanto a nuestros alumnos como al público en general. Además, este modelo permite enlazar directamente los artículos desde redes sociales como Twitter/X, Bluesky y otras plataformas, favoreciendo así una mayor difusión y visibilidad del proyecto en distintos entornos digitales y educativos.



Imagen 11. Ejemplo de artículo previo publicado en Actualidad en Farmacología y Terapéutica (AFT) por nuestro grupo de investigación sobre innovación docente en Farmacología. (Captura realizada de Gómez-Guzmán et al., 2023).

Para seguir favoreciendo la accesibilidad y divulgación de los diferentes cómics que se realicen, se prevé también su **publicación en la página web polimedicado.es**, manteniendo el formato visual y cromático previamente definido para asegurar una identidad coherente y fácilmente reconocible. Cada cómic será recopilado en páginas individuales dentro del sitio web, incluyendo enlaces directos a los artículos originales publicados en AFT. Esto permitirá ampliar el alcance del proyecto, facilitando su consulta tanto por estudiantes como por profesionales sanitarios y promoviendo su uso como herramienta educativa en diferentes plataformas digitales.

Obra recopilatoria

La publicación de los cómics individuales en la revista *Actualidad en Farmacología y Terapéutica (AFT)* servirá como base para la creación de una obra recopilatoria cuando se hayan publicado aproximadamente diez historias. Este tomo reunirá las viñetas en un único volumen, consolidando el proyecto en un formato accesible tanto para su uso en docencia como para la divulgación científica.

La obra recopilatoria permitirá ampliar el alcance del material al presentarlo como un recurso educativo completo, dirigido a estudiantes, profesionales sanitarios y público general interesado en la historia de la Farmacología. La intención es publicarlo en abierto en el repositorio de la Universidad de Granada (UGR), digibug (<https://digibug.ugr.es>).

El título elegido para la obra recopilatoria es el mismo que el utilizado para este TFM: **Descubrimientos Farmacológicos: Historia y Ciencia en Viñetas**. Este título es corto, fácil de

recordar y reconocer y no contiene palabras técnicas o difíciles de pronunciar. Tal y como se nos recomendaba, utiliza un enfoque directo que refleja el contenido de la obra.

El diseño de la portada mantendrá el formato de cómic, mostrando a los descubridores que aparecen en las historias. Estos protagonistas posarán frente a una cámara ficticia, similar a la famosa foto de los **científicos de la Conferencia Solvay de 1927**. Considero que este diseño unificado refuerza la identidad visual de la obra. Utilizaré el estilo monocromático ya descrito previamente, con el azul verdoso de mi página web (<https://www.polimedicado.es>), de manera que sea reconocible y coherente con mi identidad visual, tal y como se ha expuesto en el estilo que caracterizará a los diferentes cómics (Imagen 12).

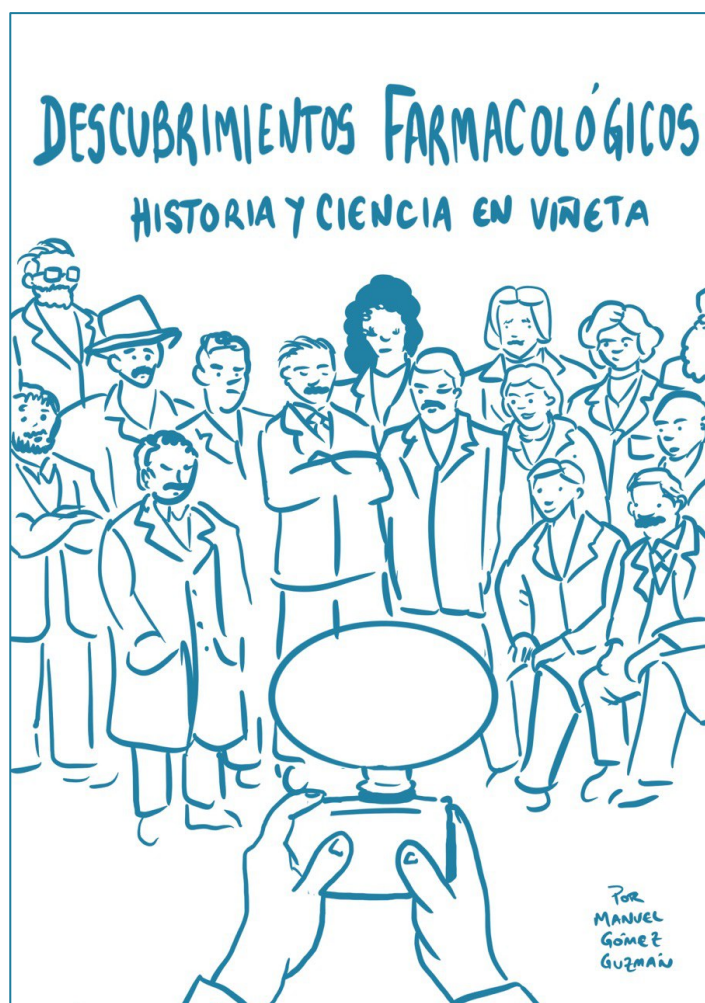


Imagen 12. Boceto de portada de un posible cómic recopilatorio con todas las historias publicadas a lo largo de un par de años. (Elaboración propia).

Además, y tal y como se exponía en el sexto módulo del Máster, se incluirá una **sinopsis de la obra para la contraportada**. La sinopsis debe capturar la esencia de la obra y enganchar al lector sin ser un resumen exhaustivo. En ella, se pretenden destacar los aspectos más interesantes y relevantes de las historias presentadas. Podría ser algo del tipo:

¿Sabías que un pequeño descuido en el laboratorio de Alexander Fleming llevó al descubrimiento de la penicilina, el primer antibiótico que salvó millones de vidas? ¿Qué habría pasado si Fleming no hubiera notado ese moho inusual en su placa de Petri?

¿Conoces la intrigante historia de la warfarina, un anticoagulante que comenzó su viaje como un veneno para ratas y terminó siendo un salvavidas en la medicina moderna? ¿Qué eventos fortuitos y decisiones críticas condujeron a su desarrollo y uso clínico?

Los cómics contenidos en esta obra no solo te ofrecen una perspectiva única sobre estos descubrimientos, sino que también te invita a reflexionar sobre el impacto que tienen en nuestra vida cotidiana y en la salud pública. A través de viñetas detalladas y narrativas cautivadoras, "Descubrimientos Farmacológicos: Historia y Ciencia en Viñetas" promete ser una lectura tan educativa como entretenida, despertando la curiosidad y admiración por el ingenio humano en el campo de la Farmacología.

Esta obra recopilatoria estará disponible en formato digital en el repositorio de la UGR, Digibug, y cada capítulo especificará su publicación original en AFT o en otros medios, asegurando así evitar duplicidades o publicaciones redundantes.

Selección de casos

Para este TFM se han seleccionado tres descubrimientos paradigmáticos en la historia de la Farmacología. Estos ejemplos permiten resumir y ejemplificar el enfoque narrativo y gráfico que se pretende desarrollar en futuras entregas del proyecto.

La selección de los casos se basa en criterios de relevancia histórica, impacto clínico y potencial narrativo, asegurando que cada historia represente un hito en el avance de la ciencia médica. Los descubrimientos seleccionados son:

- **La penicilina:** un hallazgo accidental que revolucionó el tratamiento de las infecciones bacterianas, marcando el inicio de la era de los antibióticos.
- **La insulina:** un desarrollo clave para el tratamiento de la diabetes mellitus, que transformó el pronóstico de una enfermedad hasta entonces letal y que ha salvado millones de vidas.
- **La warfarina:** una molécula inicialmente utilizada como veneno para ratas y, posteriormente, redescubierta como un anticoagulante esencial en medicina moderna, con aplicaciones que han mejorado el tratamiento de enfermedades cardiovasculares.

Cada uno de estos casos se ha analizado desde una perspectiva histórica, científica y social, incorporando información sobre los investigadores implicados, los desafíos que enfrentaron y las consecuencias clínicas derivadas de sus aplicaciones.

En este TFM, los casos de la penicilina y la insulina se presentan a través de sus resúmenes científicos y guiones narrativos, sentando las bases para su desarrollo completo en trabajos futuros. Por otro lado, el caso de la warfarina se aborda con mayor profundidad, avanzando en

su desarrollo hasta incluir tanto el boceto preliminar como el cómic finalizado, compuesto por dos páginas. Este material servirá como ejemplo práctico dentro de los resultados, ilustrando el proceso metodológico y el potencial educativo del proyecto.

HISTORIA DE LA PENICILINA

El descubrimiento de la penicilina representa uno de los avances más significativos en la historia de la medicina y la farmacología y supone un episodio que se suele utilizar como ejemplo de la serendipia. Su impacto ha sido tan profundo que marcó el inicio de la era de los antibióticos, transformando el tratamiento de las infecciones bacterianas. La historia comienza en 1928, cuando Alexander Fleming, microbiólogo del St. Mary's Hospital de Londres, observó accidentalmente que un moho del género *Penicillium* inhibía el crecimiento de bacterias en una placa de cultivo contaminada. Fleming identificó el compuesto activo producido por el moho y lo denominó como penicilina. Sin embargo, no pudo purificar el compuesto ni producirlo en cantidades suficientes para su uso clínico, lo que limitó el alcance de sus hallazgos durante la siguiente década (Letek, 2020).

En 1938, Howard Florey y Ernst Chain, en la Universidad de Oxford, retomaron el trabajo de Fleming. Su equipo, que incluía a Norman Heatley, logró aislar y purificar la penicilina, demostrando su eficacia en modelos animales infectados con estreptococos. Los experimentos en ratones mostraron resultados prometedores, ya que aquellos tratados con penicilina sobrevivieron, mientras que los no tratados murieron (Markel, 2013). Estos ensayos marcaron un paso decisivo hacia el uso terapéutico de la penicilina en humanos. En 1941, el equipo probó la penicilina en un paciente humano, un policía que sufría una infección grave. Inicialmente, el tratamiento mostró mejoría, pero la falta de suministro suficiente impidió completarlo y el paciente falleció. Esta experiencia subrayó la necesidad urgente de aumentar la producción del fármaco para garantizar su eficacia en ensayos clínicos a gran escala (Gaynes, 2017).

La producción masiva de penicilina fue posible gracias a la colaboración entre investigadores británicos y estadounidenses. En 1941, Florey y Heatley viajaron a los Estados Unidos, donde trabajaron con el Departamento de Agricultura en Peoria, Illinois, para desarrollar métodos de fermentación en tanques profundos. Esta técnica permitió aumentar exponencialmente la producción. Un hallazgo clave fue la identificación de una cepa altamente productiva de *Penicillium chrysogenum* en un melón, lo que mejoró el rendimiento del proceso (Gaynes, 2017).

La Segunda Guerra Mundial aceleró el desarrollo y distribución de penicilina, ya que se convirtió en un recurso vital para tratar infecciones en soldados heridos. En 1943, las compañías farmacéuticas, lideradas por laboratorios como Eli Lilly, comenzaron a producir penicilina a gran escala. Para el desembarco de Normandía en 1944, la penicilina estaba disponible en cantidades suficientes para tratar a las tropas aliadas, salvando miles de vidas y demostrando su efectividad en el campo de batalla (Sabour, 2023).

A pesar de su éxito, la historia de la penicilina ha estado marcada por controversias en cuanto al reconocimiento de los méritos científicos. Aunque Alexander Fleming es recordado

como el descubridor, el trabajo de Florey, Chain y Heatley fue esencial para convertir el hallazgo en un tratamiento viable. En 1945, Fleming, Florey y Chain recibieron el Premio Nobel de Medicina por su contribución al descubrimiento y desarrollo de la penicilina. Sin embargo, Norman Heatley, cuya innovación en el proceso de purificación fue fundamental, quedó fuera del reconocimiento, lo que ha generado debates sobre la distribución del crédito (Sabour, 2023).

El impacto de la penicilina no se limitó solo a la medicina clínica. Su descubrimiento marcó el inicio de la era de los antibióticos, llevando al desarrollo de nuevos compuestos antimicrobianos y cambiando la forma en que se trataban las enfermedades infecciosas. También dio lugar a una industria farmacéutica centrada en la investigación de antibióticos, allanando el camino para innovaciones futuras en tratamientos antimicrobianos (Gaynes, 2017).

Sin embargo, ya desde su aceptación como tratamiento, Fleming advirtió sobre el peligro del uso indiscriminado de la penicilina y la posibilidad de que surgiera resistencia bacteriana. Su predicción se ha hecho realidad en las últimas décadas, con el aumento de bacterias multirresistentes que amenazan la eficacia de los antibióticos actuales (Letek, 2020).

En la actualidad, la penicilina sigue siendo un tratamiento esencial, aunque ha sido modificada y mejorada para hacer frente a nuevos desafíos clínicos. Su historia es un testimonio del valor de la serendipia científica, la perseverancia y la colaboración internacional en la investigación médica. Además, destaca la importancia de abordar con responsabilidad la resistencia antimicrobiana, un problema que sigue siendo crítico en la práctica médica contemporánea (Sabour, 2023).

Teniendo en cuenta este resumen, el posible **guion simplificado sobre la historia del descubrimiento de la penicilina** podría ser el siguiente:

Página 1

Viñeta 1 (doble):

- **Texto (cartela):** «1928. Alexander Fleming, microbiólogo en el St. Mary's Hospital de Londres, hace un descubrimiento accidental».
- **Dibujo:** Fleming observa una placa de cultivo contaminada donde un moho inhibe el crecimiento de bacterias.

Viñeta 2:

- **Texto (cartela):** «Fleming identifica el compuesto activo del moho y lo llama penicilina, pero no puede purificarlo».
- **Dibujo:** Fleming en su laboratorio, rodeado de matraces y probetas, con una expresión de frustración.

Viñeta 3:

- **Texto (cartela):** «1938. Howard Florey y Ernst Chain, en la Universidad de Oxford, retoman el trabajo de Fleming».
- **Dibujo:** Florey y Chain revisando documentos y realizando experimentos en su laboratorio.

Viñeta 4:

- **Texto (cartela):** «El equipo, incluyendo a Norman Heatley, logra aislar y purificar la penicilina, demostrando su eficacia en ratones infectados».
- **Dibujo:** Heatley administrando penicilina a ratones en jaulas, con Florey y Chain observando.

Viñeta 5:

- **Texto (cartela):** «1941. El equipo prueba la penicilina en un policía con una infección grave. La falta de suministro suficiente impide completar el tratamiento».
- **Dibujo:** El paciente en una cama de hospital, con médicos administrándole penicilina. Florey y Chain discuten en segundo plano.

Página 2

Viñeta 6:

- **Texto (cartela):** «Florey y Heatley viajan a los Estados Unidos para aumentar la producción de penicilina».
- **Dibujo:** Florey y Heatley trabajando con científicos estadounidenses en un laboratorio en Peoria, Illinois.

Viñeta 7:

- **Texto (cartela):** «Identifican una cepa altamente productiva de *Penicillium chrysogenum* en un melón, mejorando la producción».
- **Dibujo:** Científicos en un laboratorio mostrando un melón y frascos etiquetados como "*Penicillium chrysogenum*".

Viñeta 8:

- **Texto (cartela):** «La Segunda Guerra Mundial acelera el desarrollo y distribución de penicilina para tratar infecciones en soldados heridos».
- **Dibujo:** Soldados heridos siendo tratados con penicilina en un hospital de campaña.

Viñeta 9:

- **Texto (cartela):** «1945. Fleming, Florey y Chain reciben el Premio Nobel de Medicina, aunque Norman Heatley queda fuera del reconocimiento».

- **Dibujo:** Fleming, Florey y Chain en la ceremonia del Nobel, mientras Heatley observa desde el fondo con una expresión reflexiva.

Viñeta 10 (doble):

- **Texto (cartela):** «La colaboración internacional y la producción masiva de penicilina transforman las infecciones bacterianas en condiciones tratables, salvando millones de vidas».
- **Dibujo:** Una fábrica de penicilina con frascos en una línea de ensamblaje, médicos sosteniendo frascos de penicilina y un periódico con el titular "Penicilina: Salvando Vidas".

HISTORIA DE LA INSULINA

La historia del descubrimiento de la insulina es uno de los hitos más importantes en la medicina moderna. Antes de su desarrollo, la diabetes mellitus, especialmente la diabetes tipo 1, era una enfermedad mortal. Los tratamientos consistían en dietas extremadamente restrictivas, bajas en carbohidratos y calorías, que solo lograban prolongar brevemente la vida de los pacientes en estado crítico. Sin embargo, esta situación cambió radicalmente en la década de 1920 gracias a una serie de investigaciones pioneras que culminaron en un tratamiento eficaz para esta enfermedad (Rostène y De Meyts, 2021). Aunque el descubrimiento de la insulina se suele atribuir al equipo liderado por Frederick Banting en Canadá, hubo investigaciones previas que allanaron el camino. Entre ellas destaca el trabajo del fisiólogo rumano Nicolae Paulescu, quien en 1921 publicó sus resultados sobre un extracto pancreático con propiedades hipoglucemiantes en animales diabéticos. Paulescu demostró que la sustancia obtenida del páncreas podía reducir los niveles de glucosa en sangre, aunque no logró perfeccionar el método para purificar el compuesto ni continuar con ensayos en humanos (Šakić et al., 2022). A pesar de ser un avance clave, sus publicaciones no tuvieron gran difusión fuera de Europa, posiblemente debido a las barreras lingüísticas y a la limitada distribución de sus trabajos, lo que hizo que sus contribuciones quedaran inicialmente relegadas (Bliss, 2018).

En octubre de 1920, el médico canadiense Frederick Banting desarrolló la hipótesis de que el páncreas contenía una sustancia capaz de regular los niveles de glucosa en sangre. Banting creía que esta sustancia, segregada por los islotes de Langerhans, podía ser aislada si se bloqueaba la función exocrina del páncreas. Para llevar a cabo su investigación, Banting contó con el apoyo del fisiólogo John Macleod de la Universidad de Toronto, quien le proporcionó un laboratorio, suministros y un ayudante, Charles Best (Bliss, 2018).

Los experimentos comenzaron utilizando perros como modelo animal de investigación. Ligaron los conductos pancreáticos de los perros para atrofiar la parte exocrina del páncreas, dejando intactos los islotes de Langerhans. Posteriormente, extrajeron el páncreas atrofiado, lo trituraron y lograron aislar un extracto al que llamaron isletina. Cuando inyectaron este extracto en perros diabéticos, observaron una reducción significativa de los niveles de glucosa en sangre y la desaparición de los síntomas clínicos de la diabetes (Šakić et al., 2022).

El éxito inicial en animales llevó al equipo a probar el tratamiento en humanos. El 11 de enero de 1922, Leonard Thompson, un joven de 14 años en estado crítico, fue el primer paciente en recibir insulina. Aunque la primera administración provocó reacciones alérgicas debido a impurezas en el extracto, el bioquímico James Collip, que se unió al equipo para purificar el compuesto, logró mejorar la fórmula. Con el extracto refinado, Thompson mostró una recuperación espectacular, lo que atrajo la atención mundial y marcó el inicio de la producción de insulina como tratamiento para la diabetes (Rostène y De Meyts, 2021).

El impacto del descubrimiento llevó al reconocimiento internacional. En 1923, Banting y Macleod recibieron el Premio Nobel de Fisiología o Medicina. Sin embargo, el anuncio generó controversias dentro del equipo. Banting consideraba que el trabajo de Charles Best había sido esencial para el éxito de los experimentos y que Macleod solo había proporcionado el laboratorio, por lo que compartió su parte del premio con Best. Por su parte, Macleod decidió dividir su premio con James Collip, reconociendo su papel en la purificación de la insulina (Bliss, 2018).

Las tensiones por el Nobel no fueron las únicas disputas asociadas al descubrimiento. Aunque el equipo canadiense había logrado purificar y producir insulina a escala industrial, lo que permitió salvar millones de vidas, las contribuciones previas de Paulescu fueron ignoradas en este reconocimiento. Solo años después, la comunidad científica comenzó a valorar el papel fundamental de Paulescu como precursor en el aislamiento de extractos pancreáticos (Šakić et al., 2022).

Tras el éxito clínico, la producción de insulina fue rápidamente industrializada. En 1923, la farmacéutica Eli Lilly comenzó su fabricación en masa, facilitando el acceso al tratamiento. Este avance transformó la diabetes tipo 1 de una enfermedad mortal a una condición crónica manejable. Con el tiempo, las técnicas de producción se mejoraron, dando lugar a insulinas más purificadas y, posteriormente, versiones sintéticas y análogas que continúan siendo esenciales en la práctica médica actual (Zuelzer, 2021).

Considerando este resumen sobre el descubrimiento de la **insulina**, el guion del cómic en **dos páginas** sería el siguiente:

Página 1

Viñeta 1 (doble):

- **Texto (cartela):** «Finales del siglo XIX. La diabetes mellitus es una enfermedad mortal sin tratamiento efectivo».
- **Dibujo:** Un médico examina a un paciente demacrado, extremadamente delgado, en la cama de un hospital mientras la familia observa preocupada.

Viñeta 2:

- **Texto (cartela):** «1921. Nicolae Paulescu, fisiólogo rumano, descubre que los extractos pancreáticos reducen la glucosa en sangre».

- **Dibujo:** Paulescu trabajando en un laboratorio rodeado de matraces y probetas. Un cuaderno con anotaciones científicas sobre su mesa.

Viñeta 3:

- **Texto (cartela):** «Octubre de 1920. Al otro lado del mundo, en Canadá, Frederick Banting propone una idea revolucionaria: aislar el extracto del páncreas».
- **Dibujo:** Banting escribiendo en su diario junto a un boceto anatómico del páncreas, con la fecha anotada en el margen.

Viñeta 4:

- **Texto (cartela):** «Macleod, profesor de fisiología en la Universidad de Toronto, proporciona el laboratorio y asigna a Charles Best como asistente».
- **Dibujo:** Banting y Best en un laboratorio improvisado, preparando instrumental quirúrgico mientras Macleod los supervisa desde el fondo.

Viñeta 5:

- **Texto (cartela):** «Tras meses de experimentos con perros, Banting y Best lograron aislar un extracto pancreático que reduce la glucosa en sangre».
- **Dibujo:** Banting y Best, en un laboratorio, observan atentamente a un perro diabético que, tras ser inyectado, se levanta débilmente, pero comienza a beber agua de un recipiente cercano. En la mesa, se ven frascos etiquetados como "extracto pancreático" y notas científicas abiertas. Best sostiene una jeringa vacía mientras Banting revisa un cronómetro o toma notas. El perro lleva una venda en el abdomen, indicando la cirugía pancreática previa.

Página 2

Viñeta 6:

- **Texto (cartela):** «11 de enero de 1922. Leonard Thompson, un joven de 14 años con diabetes severa, se convierte en el primer paciente en recibir insulina».
- **Dibujo:** Thompson en una cama de hospital mientras un médico le inyecta insulina bajo la mirada esperanzada de sus padres. También se puede dibujar la típica foto de Thompson en la que aparece enfermo y marcadamente delgado.

Viñeta 7:

- **Texto (cartela):** «La primera inyección causa una reacción alérgica. James Collip purifica el extracto y logra una versión segura».
- **Dibujo:** Collip en un laboratorio, trabajando frente a matraces y probetas mientras sostiene un frasco etiquetado como "Insulina purificada".

Viñeta 8:

- **Texto (cartela):** «El tratamiento es un éxito. Thompson mejora rápidamente, demostrando que la insulina puede salvar vidas».
- **Dibujo:** Thompson levantado de la cama, sonriente, mientras sus padres y el equipo médico celebran el avance.

Viñeta 9:

- **Texto (cartela):** «1923. Frederick Banting y John Macleod reciben el Premio Nobel por el descubrimiento de la insulina, pero las disputas sobre la autoría ensombrecen el reconocimiento».
- **Dibujo:** Banting y Best discuten en el laboratorio mientras un periódico con el titular “Premio Nobel por la insulina” descansa sobre la mesa. En el fondo, Collip observa con gesto serio.

Diálogo (bocadillo 1): Banting: «¡No lo habría logrado sin Best! Compartiré el premio con él».

Diálogo (bocadillo 2): Macleod: «Collip merece ser reconocido. También dividiré mi parte con él».

Viñeta 10 (doble):

- **Texto (cartela):** «La colaboración con el laboratorio Eli Lilly permitió la producción masiva de insulina, transformando la diabetes en una enfermedad tratable y salvando millones de vidas».
- **Dibujo:** Una fábrica de Eli Lilly con frascos de insulina en una línea de ensamblaje. En primer plano, un médico sostiene un frasco etiquetado como “Insulina Lilly”

HISTORIA DE LA WARFARINA

La historia del descubrimiento de la warfarina comienza en los años 20, en Norteamérica, cuando el ganado en las llanuras de Canadá y Wisconsin comenzó a morir de manera repentina debido a una misteriosa enfermedad hemorrágica. Los veterinarios Frank Schofield y Lee Roderick descubrieron que el origen del problema era el consumo de heno de trébol dulce que había sido infectado por moho. Este moho transformaba la cumarina presente en el trébol en dicumarol, una sustancia que causaba una inhibición de la coagulación sanguínea, lo que generaba hemorragias internas fatales en el ganado (Ramachandran y Pitchai, 2018).

Según cuenta la historia, en 1933, un ganadero desesperado llamado Ed Carlson llevó a Karl Link, investigador de la Universidad de Wisconsin, muestras del trébol dulce, sangre sin coagular de sus animales y una vaca muerta, en busca de respuestas. Carlson había perdido la mayor parte de su ganado a causa de esta misteriosa enfermedad y el encuentro con Link fue

un catalizador en la búsqueda de la causa exacta de las hemorragias. A pesar de este punto de partida, no fue hasta varios años después que Link y su equipo lograron aislar y sintetizar el compuesto responsable, el dicumarol, en 1939. Durante los siguientes años, el compuesto fue investigado como un anticoagulante, primero en animales y luego en humanos, aunque con reacciones mixtas en cuanto a su efectividad y seguridad. En 1948, Link desarrolló una forma más potente de dicumarol, llamada warfarina, la cual fue utilizada inicialmente como veneno para ratas (Asra et al., 2022). No fue hasta 1951 que la warfarina fue probada en humanos después de que un joven intentara suicidarse con el compuesto y sobreviviera gracias al tratamiento con vitamina K. Esto motivó su uso clínico, y en 1954 fue aprobada por la FDA como un anticoagulante para la prevención de trombosis (Wardrop y Keeling, 2008).

El éxito de la warfarina como anticoagulante quedó consolidado cuando, en 1955, el presidente de los Estados Unidos, Dwight D. Eisenhower, fue tratado con este fármaco tras sufrir un infarto de miocardio. Este evento ayudó a legitimar el uso de la warfarina en la medicina clínica, lo que llevó a su adopción generalizada como tratamiento para prevenir la formación de coágulos sanguíneos, salvando innumerables vidas desde entonces (Ramachandran y Pitchai, 2018).

Teniendo en cuenta este breve resumen sobre el descubrimiento de la **warfarina**, el **guion del cómic en dos páginas** sería el siguiente:

Página 1

Viñeta 1 (doble):

- **Texto (cartela):** «Años 20, en las vastas llanuras de Canadá y Wisconsin, algo extraño comenzó a suceder...».
- **Dibujo:** Un campo extenso con ganado pastando bajo un cielo despejado. Uno de los animales aparece caído en primer plano, mostrando una mancha de sangre saliendo de su morro.

Viñeta 2:

- **Texto (cartela):** «Frank Schofield, veterinario canadiense, realizó ensayos experimentales para investigar las hemorragias en animales. Alimentó a conejos con heno seco y heno mohoso para evaluar sus efectos».
- **Dibujo:** Schofield en un laboratorio iluminado por lámparas antiguas. Se observan jaulas con conejos en distintas condiciones: algunos sanos y otros visiblemente afectados, con manchas de sangre. Schofield, con una lupa en la mano, examina una muestra de sangre mientras toma notas en un cuaderno.

Viñeta 3:

- **Texto (bocadillo):** Schofield: «¡Los conejos alimentados con heno mohoso muestran los mismos síntomas que las vacas! ¡Sangrado incontrolable y muerte!».

- **Dibujo:** Primer plano de un conejo tendido sobre paja contaminada con moho. Al lado, una probeta con sangre líquida junto a un microscopio abierto. En el fondo, Schofield sostiene un frasco con una muestra de heno mohoso y señala las irregularidades visibles a través del microscopio.

Viñeta 4:

- **Texto (cartela):** «El veterinario Lee M. Roderick continuó los estudios y demostró que la enfermedad podía prevenirse eliminando el heno contaminado. También descubrió que las transfusiones de sangre entre vacas podían salvar a los animales afectados».
- **Dibujo:** Roderick en un establo, con una vaca afectada en primer plano. Un asistente sostiene una botella de sangre conectada por un tubo mientras Roderick supervisa el procedimiento con gesto de preocupación. En el fondo, otras vacas observan desde sus establos.

Viñeta 5:

- **Texto (cartela):** «1933. Ed Carlson, un ganadero desesperado, lleva muestras del trébol dulce y sangre sin coagular al investigador Karl Link para evitar más muertes entre su ganado».
- **Dibujo:** Carlson, con expresión angustiada, entrega una caja con muestras a Link, quien observa preocupado todo lo que trae el ganadero.

Página 2

Viñeta 6:

- **Texto (cartela):** «Link y su equipo descubrieron que el moho en el trébol dulce transformaba la cumarina en una sustancia peligrosa: el dicumarol; pero no lograron aislar la molécula responsable hasta 1939.»
- **Dibujo:** Imagen microscópica ampliada que surge del moho. De ahí surgen las estructuras químicas que resumen la reacción química que tiene lugar en el meliloto.

Viñeta 7:

- **Texto (bocadillo):** Científico 1: «Funciona, pero necesitamos hacerlo más seguro». Científico 2: «¿Y qué tal como veneno para ratas?».
- **Dibujo:** Dibujo del típico cartel que anunciaba el matarratas "WARFARIN" (Arroyo-Espliguero, 2023).

Viñeta 8:

- **Texto (cartela):** «La Warfarina fue comercializada como veneno para ratas. En 1951, un joven intentó suicidarse con este producto... y sobrevivió gracias a la vitamina K».
- **Dibujo:** Un paciente (recluta militar) en la cama de un hospital rodeado por médicos que celebran el éxito del tratamiento.

Viñeta 9:

- **Texto (cartela):** «Este hecho impulsó su uso clínico y, en 1954, fue aprobado como anticoagulante por la FDA con el nombre de *Coumadin*».
- **Dibujo:** Un frasco de warfarina junto a un documento de aprobación de la FDA sobre una mesa.

Viñeta 10 (doble):

- **Texto (cartela):** «En 1955, el presidente Dwight D. Eisenhower fue tratado con warfarina tras un infarto. El fármaco se consolidó como un tratamiento seguro para salvar vidas».
- **Dibujo:** Eisenhower estrechando la mano de un médico mientras sostiene un frasco de warfarina. En el fondo, periódicos con titulares sobre su recuperación.

Guion revisado y completado tras la primera versión:

Página 1

Viñeta 1 (doble):

- **Texto (cartela):** «Años 20, en las vastas llanuras de Canadá y Wisconsin, algo extraño comenzó a suceder... Las vacas empezaron a morir desangradas».
- **Dibujo:** La ilustración muestra un paisaje rural extenso, con montañas y nubes al fondo bajo un cielo despejado. El sol brilla en la parte superior izquierda, proyectando luz sobre la escena.
En primer plano, hay una **vaca muerta**, tumbada de lado, con los ojos abiertos y una expresión inerte. De su morro se extiende **una mancha de sangre por el suelo**.
En el centro y al fondo del campo, se observan más vacas; algunas están de pie y parecen sanas, mientras que otras yacen en el suelo en distintas posiciones, también rodeadas de manchas de sangre.
A la derecha, hay un granero rústico de madera con techo a dos aguas. Cerca del granero, se aprecia una valla de madera y un molino de viento, reforzando el ambiente rural.
En la esquina inferior izquierda, y en primer plano (a la altura de la vaca), hay una gran planta de trébol dulce, destacada en detalle, que sugieren su relevancia en la historia.

Viñeta 2:

- **Texto (cartela):** «Frank Schofield, veterinario canadiense, realizó ensayos experimentales para investigar las hemorragias en animales. Alimentó a conejos con heno seco y heno mohoso para evaluar sus efectos».
- **Dibujo:** La viñeta está dividida en dos secciones, distinguiendo entre **dos jaulas separadas**. Imagen copia de la foto de archivo de los experimentos de Schofield.
En la parte superior de cada sección/jaula, hay etiquetas que indican el tipo de heno utilizado: a la izquierda, un cartel dice **«Heno»** y muestra una pila de heno seco,

mientras que, a la derecha, el cartel dice «Heno envenenado» y presenta una pila de heno enmohecido (mayor volumen y tamaño).

En la jaula de la izquierda, etiquetada como «Conejo sano», se encuentra un conejo sentado erguido, con apariencia saludable.

En la jaula de la derecha, etiquetada como «Conejo meliloto» (para recordarle el nombre de la planta a los lectores), hay un conejo acostado de lado, inmóvil y con los ojos cerrados, sugiriendo que está muerto. Para que no haya duda al respecto, del conejo sale un símbolo de una calavera con huesos cruzados para indicar la toxicidad del heno/la muerte del animal.

Viñeta 3:

- **Texto (cartela):** Schofield describió la implicación del trébol dulce mohoso en lo que le estaba ocurriendo a las vacas.
- **Dibujo:** Primer plano de un conejo sano (para que no todo sea muerte en el cómic). Frank Schofield, en un laboratorio, vistiendo una bata blanca y sosteniendo un tubo de ensayo en su mano derecha. Sobre la mesa hay un soporte con tres tubos de ensayo llenos de líquido que hacen referencia a muestras de sangre. El personaje habla al lector.
- **Texto (bocadillo):** Schofield: «¡Los conejos alimentados con heno mohoso muestran los mismos síntomas que las vacas! ¡Sangrado incontrolable y muerte!».

Viñeta 4:

- **Texto (cartela):** «El veterinario Lee Roderick continuó los estudios y descubrió que las transfusiones de sangre entre vacas podían salvar a los animales afectados».
- **Dibujo:** Roderick, vestido con traje, pajarita y bata, sostiene una libreta en una mano. Su expresión es seria y reflexiva, mientras observa atentamente a una vaca tumbada en lo que podría ser una mesa de operaciones. La vaca, que aparece en primer plano, está en posición lateral, pero no muestra signos visibles de sangre ni heridas, para reforzar la idea de que el animal está en observación tras haber recibido algún tratamiento.
- **Texto (bocadillo):** Roderick: «Algo hace el heno húmedo de meliloto en la sangre de los animales. Las transfusiones mejoran a las vacas».

Viñeta 5:

- **Texto (cartela):** «1933. Ed Carlson, un ganadero desesperado, lleva muestras del trébol dulce y sangre sin coagular al investigador Karl Link para evitar más muertes entre su ganado».
- **Dibujo:** Karl Link, de pie junto a una camioneta antigua. Link sostiene una pipa en la boca (se pretende que el personaje sea reconocible en todas las viñetas por este elemento) y señala con curiosidad hacia la carga en la parte trasera del vehículo. En la camioneta, sentado sobre fardos de heno, se encuentra un granjero con sombrero de paja, camisa remangada y botas. A su lado hay una vaca muerta y un bidón etiquetado como «Sangre de vaca».
- **Texto (bocadillo):** Link pregunta: «¿Qué es todo esto, amigo?». El granjero responde: «Necesito su ayuda, Sr. Link».

Viñeta 6:

- **Texto (cartela):** «Link y su equipo descubrieron que el moho en el trébol dulce transformaba la cumarina en una sustancia peligrosa: el dicumarol».
- **Dibujo:** Imagen microscópica ampliada que surge del **trébol dulce**. De ahí surgen las estructuras químicas que **resumen la reacción química que tiene lugar en el meliloto**.

Viñeta 7:

- **Texto (cartela):** «Pero Karl Link y su equipo no lograron aislar la molécula responsable hasta 1939».
- **Dibujo:** **Karl Link** en su laboratorio, vestido con bata y **fumando en pipa** mientras examina un frasco grande que contiene un líquido. En la mesa de trabajo hay varios utensilios de **laboratorio**, incluyendo un **matraz y un tubo de ensayo**. También se observa una hoja de papel con anotaciones. Link sostiene una pequeña cantidad del líquido en una pipeta, analizando su apariencia con detenimiento. Su expresión es de satisfacción, como si hubiera hecho un descubrimiento importante.
- **Texto (bocadillo):** Link: «Funciona de maravilla. Creo que será un magnífico veneno para ratas».

Viñeta 8:

- **Texto (cartela):** «La Warfarina fue comercializada como veneno para ratas. En 1951, un joven recluta intentó suicidarse con este producto... y sobrevivió gracias a la vitamina K».
- **Dibujo:** En la parte izquierda, aparece un **bote etiquetado como «d-CON; Warfarin; Matarratas»**, para destacar el uso inicial de la warfarina como veneno para ratas y el objeto como el causante de la hospitalización del personaje central: un **paciente vestido con uniforme militar** que está sentado en la cama del hospital, levantado el dedo en señal de gratitud/OK. A su lado, un **médico** con bata sonríe y le toca el hombro, transmitiendo cercanía y éxito en el tratamiento. Detrás de ellos, se ven dos **bolsas de suero en el gotero etiquetadas como «Vit K»**, para representar el uso de la vitamina K como antídoto para revertir los efectos anticoagulantes de la warfarina.
- **Texto (bocadillo):** Paciente: «Me ha salvado la vida, doctor. ¡Gracias!».

Viñeta 9:

- **Texto (cartela):** «Este hecho impulsó su uso clínico y, en 1954, fue aprobado como anticoagulante por la FDA con el nombre de *Coumadin*».
- **Dibujo:** Un **bote de Coumadin (Warfarina)** junto a un **documento de aprobación** de la FDA sobre una mesa y un **sello** de la FDA con el año de aprobación, el 1954.

Viñeta 10 (doble):

- **Texto (cartela):** «En 1955, el presidente Dwight D. Eisenhower fue tratado con Coumadin (warfarina) tras un infarto. El fármaco disparó su popularidad y se consolidó como un tratamiento seguro para salvar vidas.».
- **Dibujo:** La última viñeta está dividida en tres partes. En la primera escena, a la izquierda, se muestra al **presidente Dwight D. Eisenhower**, sentado en una silla de ruedas, vestido con traje y condecoraciones militares. Le estrecha la mano a un **médico**, quien sostiene un **frasco etiquetado como «WARF»**. En el centro, aparece la **puerta principal del edificio de la Wisconsin Alumni Research Foundation (WARF)**, destacando el papel clave de esta institución en el desarrollo, patente y distribución de la warfarina (y para entender de dónde surge el nombre de WARFarina). En la tercera escena, a la derecha, destaca **Karl Link** (fumando en pipa), con expresión reflexiva. Su bocadillo resume los hitos de la historia de la warfarina. Utilizar las fotografías históricas para los tres momentos históricos.
- **Texto (bocadillo):** «Heno contaminado por moho, animales que mueren desangrados, matarratas y Eisenhower. ¡Menuda historia la de la warfarina!».

BOCETO DEL CÓMIC SOBRE LA WARFARINA

A partir del segundo guion revisado y completado, se realizó un boceto rápido para comprobar la distribución de las viñetas y la disposición de los diferentes elementos en ellas.

En el caso concreto del cómic sobre la warfarina, este ejercicio permitió resolver varias cuestiones claves, como la disposición de algunos personajes para que el orden de sus diálogos fuera coherente (Imagen 13).

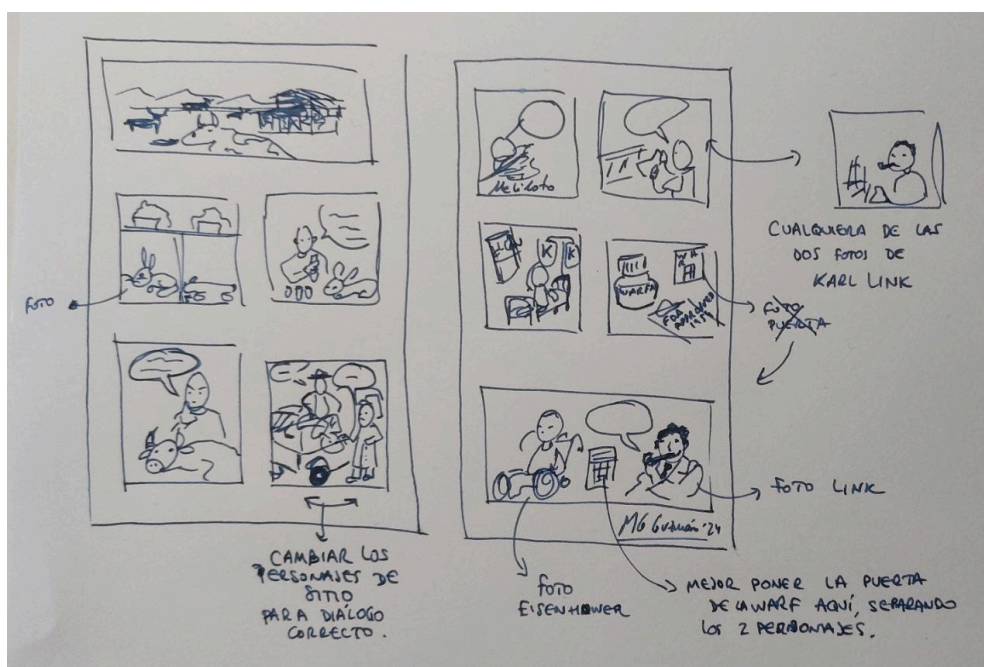
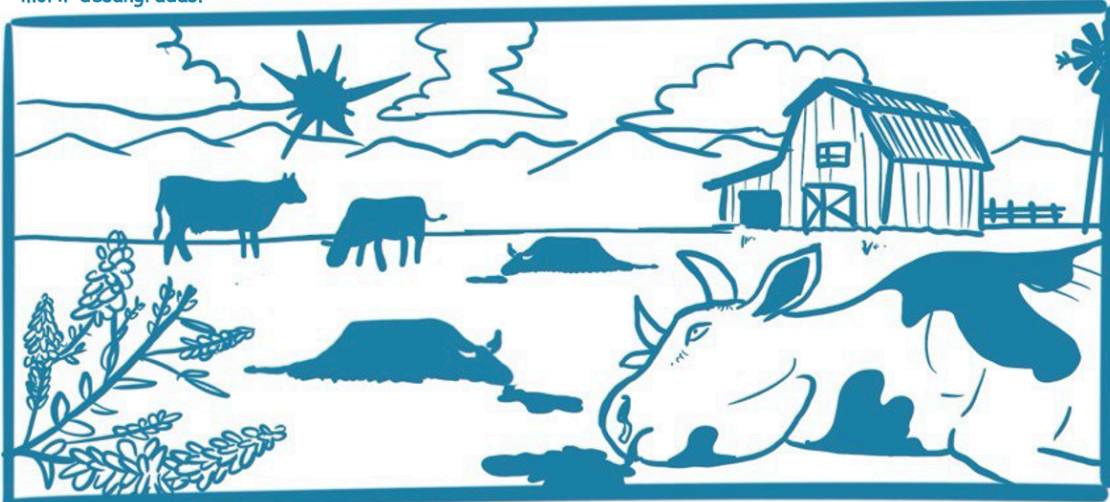


Imagen 13. Boceto con el diseño de las viñetas y su distribución del cómic sobre la warfarina. (Elaboración propia).

RESULTADOS

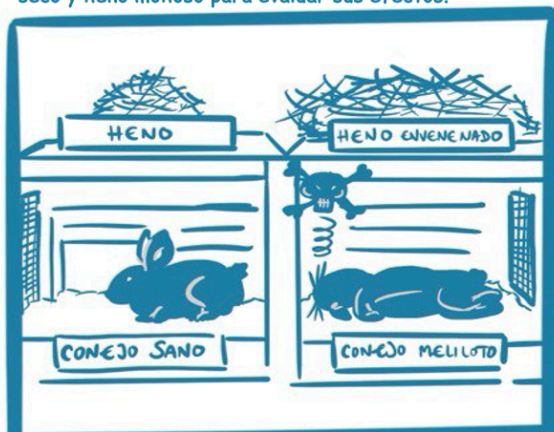
Descubrimiento de la warfarina

Años 20. En las vastas llanuras de Canadá y Wisconsin, algo extraño comenzó a suceder... Las vacas empezaron a morir desangradas.



Frank Schofield, veterinario canadiense, investigó las hemorragias en animales. Alimentó a conejos con heno seco y heno mohoso para evaluar sus efectos.

Schofield describió la implicación del trébol dulce mohoso en lo que le estaba ocurriendo a las vacas.

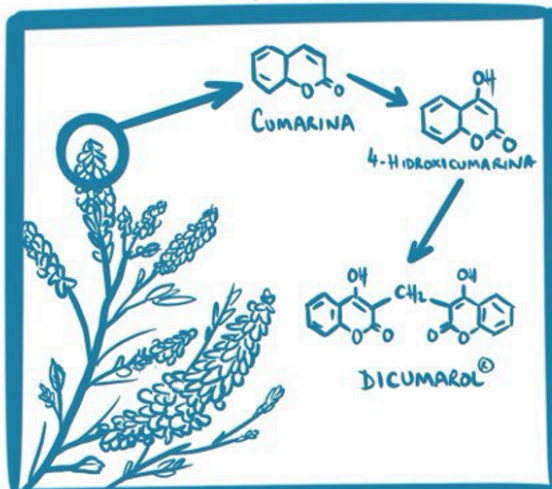


El veterinario Lee Roderick continuó los estudios y descubrió que las transfusiones de sangre entre vacas podían salvar a los animales afectados.

1933. Ed Carlson, un ganadero desesperado, lleva muestras del heno y sangre sin coagular al investigador Karl Link para evitar más muertes entre su ganado.



Link y su equipo descubrieron que el moho en el trébol dulce transformaba la cumarina en una sustancia causante de las hemorragias: el dicumarol.

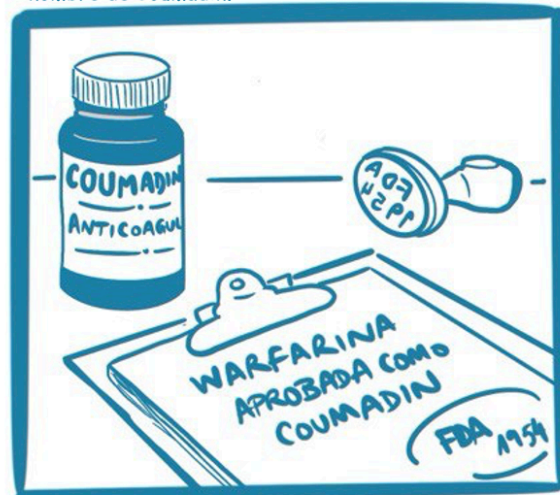


La Warfarina fue comercializada como veneno para ratas. En 1951, un joven recluta intentó suicidarse con este producto... y sobrevivió gracias a la vitamina K

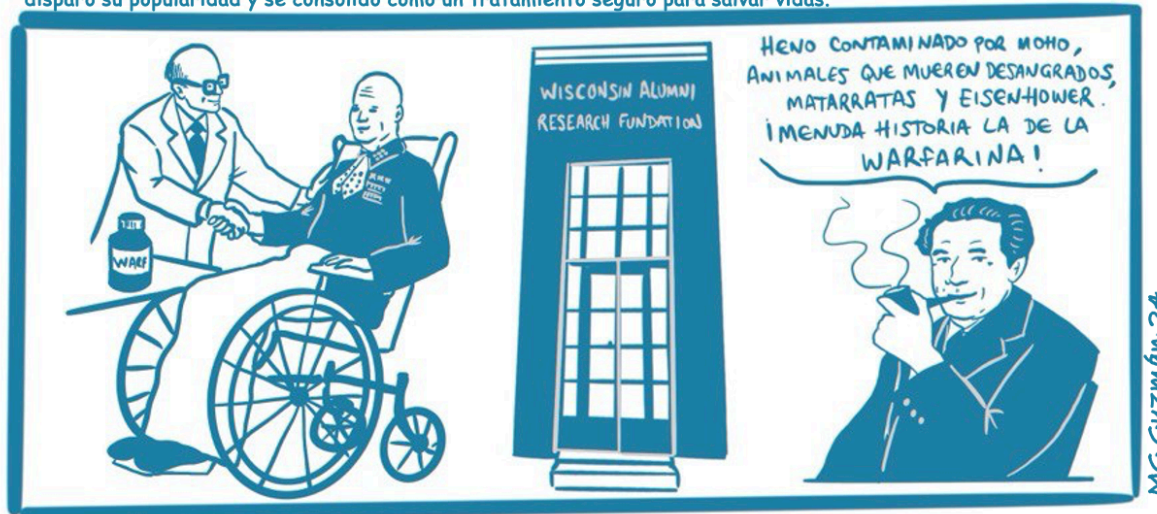
Pero Karl Link y su equipo no lograron aislar la molécula responsable hasta 1939



Este hecho impulsó su uso clínico y, en 1954, fue aprobado como anticoagulante por la FDA con el nombre de Coumadin.



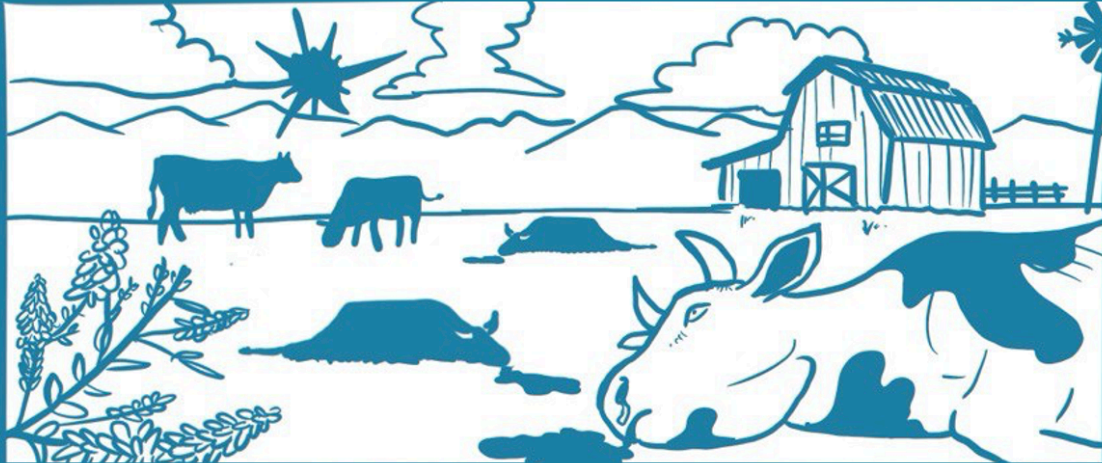
En 1955, el presidente Dwight D. Eisenhower fue tratado con coumadin (Warfarina) tras un infarto. El fármaco disparó su popularidad y se consolidó como un tratamiento seguro para salvar vidas.



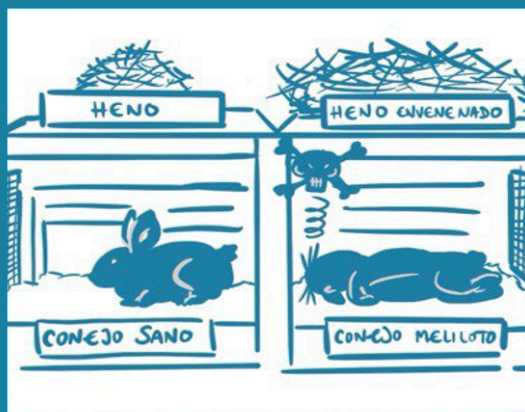
SEGUNDA VERSIÓN INTERCAMBIANDO COLORES DE FONDO, CARTELAS Y TEXTOS:

Descubrimiento de la warfarina

Años 20. En las vastas llanuras de Canadá y Wisconsin, algo extraño comenzó a suceder... Las vacas empezaron a morir desangradas.



Frank Schofield, veterinario canadiense, investigó las hemorragias en animales. Alimentó a conejos con heno seco y heno mohoso para evaluar sus efectos



El veterinario Lee Roderick continuó los estudios y descubrió que las transfusiones de sangre entre vacas podían salvar a los animales afectados.



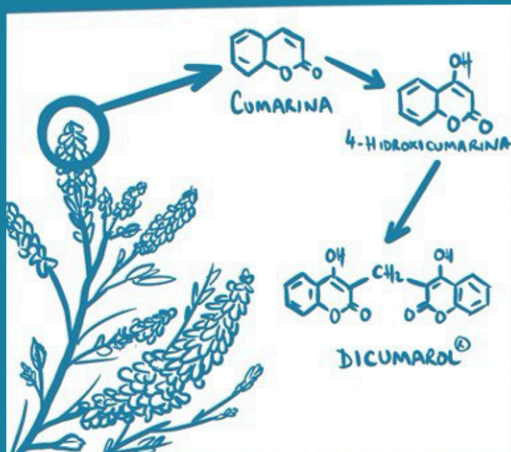
Schofield describió la implicación del trébol dulce mohoso en lo que le estaba ocurriendo a las vacas.



1933. Ed Carlson, un ganadero desesperado, lleva muestras del heno y sangre sin coagular al investigador Karl Link para evitar más muertes entre su ganado.



Link y su equipo descubrieron que el moho en el trébol dulce transformaba la cumarina en una sustancia causante de las hemorragias: el dicumarol.



Pero Karl Link y su equipo no lograron aislar la molécula responsable hasta 1939



La Warfarina fue comercializada como veneno para ratas. En 1951, un joven recluta intentó suicidarse con este producto... y sobrevivió gracias a la vitamina K



En 1955, el presidente Dwight D. Eisenhower fue tratado con Coumadin (warfarina) tras un infarto. El fármaco disparó su popularidad y se consolidó como un tratamiento seguro para salvar vidas.



MG Guzmán '24

CONCLUSIONES

Este TFM ha explorado la potencialidad de la MG como una herramienta innovadora para la divulgación científica, específicamente en el ámbito de la Farmacología. A través del desarrollo de un cómic sobre el descubrimiento de la warfarina, se ha pretendido demostrar que la narrativa visual puede transformar conceptos complejos en historias comprensibles y atractivas.

El formato de cómic, al combinar texto e imagen, puede facilitar la comprensión de los procesos científicos, la memorización de conceptos y sucesos y el impacto social de los descubrimientos farmacológicos. La estructura narrativa, basada en hitos clave y personajes históricos, permite contextualizar los avances y hacerlos más cercanos al lector. Además, el estilo gráfico seleccionado, inspirado en obras previas similares y en el estilo utilizado en la web polimedicado.es, aporta un toque visual distintivo y coherente a la serie.

Si bien este trabajo presenta un primer ejemplo de lo que se puede lograr con esta metodología, se reconoce la necesidad de realizar estudios más amplios para evaluar de manera cuantitativa su impacto en el aprendizaje. Futuras investigaciones podrían incluir encuestas a estudiantes y profesionales de la salud para medir su percepción sobre la utilidad de estos cómics como herramienta educativa, así como comparar los resultados de aprendizaje de grupos que han utilizado este recurso con aquellos que han seguido métodos tradicionales.

Por todo lo indicado, se puede concluir que la MG ofrece un gran potencial para revitalizar la enseñanza de la Farmacología y hacerla más accesible a un público amplio. Al combinar rigor científico con una presentación visualmente atractiva, este enfoque puede contribuir a fomentar el interés por la historia de la medicina y a promover una mayor comprensión de los avances farmacológicos que han transformado nuestras vidas.

ÍNDICE DE FIGURAS

Imagen 1. Ilustración de Mónica Lalanda, impulsora del movimiento de Medicina Gráfica en España.....	5
Imagen 2. Representación gráfica de los elementos de la Medicina Gráfica.....	5
Imagen 3. Cómic en una página que resume la historia de la investigadora ganadora del Premio Nobel Gertrude B. Elion.....	10
Imagen 4. Captura de la web www.polimedicado.es	11
Imagen 5. Distribución de las dos páginas que constituirán cada cómic, con un total de 10 viñetas.....	11
Imagen 6. Portada y página interior del cómic " <i>Marie Curie: La Fée du Radium</i> ", de Chantal Montellier y Renaud Huynh.....	12
Imagen 7. Ejemplos de fuentes personalizadas creadas en iFontMaker para su uso en futuros cómics.....	13
Imagen 8. Ejemplo de bocadillos escritos a mano alzada para resaltar la expresividad y	

personalidad en los diálogos.....	14
Imagen 9. Ejemplos de fotografías relacionadas con el descubrimiento de la warfarina.....	15
Imagen 10. Pruebas de color de la primera viñeta finalizada que forma parte del cómic sobre el descubrimiento de la warfarina.....	16
Imagen 11. Ejemplo de artículo previo publicado en Actualidad en Farmacología y Terapéutica (AFT) por nuestro grupo de investigación sobre innovación docente en Farmacología.....	17
Imagen 12. Boceto de portada de un posible cómic recopilatorio con todas las historias publicadas a lo largo de un par de años.....	17
Imagen 13. Boceto con el diseño de las viñetas y su distribución del cómic sobre la warfarina.....	32

BIBLIOGRAFÍA

Arroyo-Espliguero R. El heno, las ratas, un suicida y el Presidente de los Estados Unidos. La asombrosa historia del descubrimiento de un fármaco. RIECS. 2023;8(1):1-24. doi: 10.37536/RIECS.2023.8.1.357.

Asra R, Manao TA, Chandra B. Review: Drug Discovery and Development of Warfarin. Asian J Pharm Res Dev. 2022;10(4):64-69. doi: 10.22270/ajprd.v10i4.1158.

Bliss M. The Discovery of Insulin: An Important Milestone in the History of Medicine. Rev Med Hist. 2018;42(1):1-10.

Chiron A. Chantal Montellier, Renaud Huynh, Marie Curie, la fée du radium. Cah Hist Rev Hist Crit [Internet]. 2012;119. Disponible en: <http://journals.openedition.org/chrhc/2887>. doi: 10.4000/chrhc.2887.

García Amor E. Vivir la Medicina Gráfica como estudiante sanitario. Clin. 2019;27:50-55. doi: 10.24197/cl.27.2019.50-55.

Gaynes R. The discovery of penicillin—new insights after more than 75 years of clinical use. Emerg Infect Dis. 2017;23(5):849-853. doi: 10.3201/eid2305.161556.

Green MJ, Myers KR. Graphic medicine: use of comics in medical education and patient care. BMJ. 2010 Mar 3;340:c863. doi: 10.1136/bmj.c863. PMID: 20200064.

Green MJ. Teaching with comics: a course for fourth-year medical students. J Med Humanit. 2013 Dec;34(4):471-6. doi: 10.1007/s10912-013-9245-5. PMID: 24014209.

Gómez-Guzmán, M. POLIMEDICADO.ES [Internet]. 2019 [consultado el 09 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://www.polimedicado.es>

Gómez-Guzmán M. Breve guía para realizar tu TFG en Farmacia-UGR. Universidad de Granada; 2019; 1-29. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10481/56833>.

Gómez-Guzmán M, Rodríguez-Cabezas ME, Gálvez-Peralta J, Ocete-Dorronsoro MA, Zarzuelo MJ, Sánchez-Santos M. Innovación docente en farmacología: relato de nuestra experiencia en el aprendizaje basado en artefactos (ABA). Actual Farmacol Ter (AFT). 2023;21(2):150-163.

Gómez-Guzmán M, Verley S, Sánchez-Santos M, Romero M, Díaz-Castro J, Duarte J. Developing flashcards as an innovative teaching tool for pharmacology classes. ICERI2019 Proceedings. 2019 Nov;10133-10141. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10481/61471>

King N, Tran MH. Long-Acting Anticoagulant Rodenticide (Superwarfarin) Poisoning: A Review of Its Historical Development, Epidemiology, and Clinical Management. Transfus Med Rev. 2015 Jun;29(3):172-8.

Lalanda M. El cómic como herramienta en el mundo sanitario. Clin. 2019;27:56-66. doi: 10.24197/cl.27.2019.56-66.

Lalanda M, García Amor GE. El movimiento Medicina Gráfica en España: concepto, evolución, panorama internacional. Curso de Medicina Gráfica 2023;2:1-25.

Letek M. Alexander Fleming, the discoverer of the antibiotic effects of penicillin. Front Young Minds. 2020;7:159. doi: 10.3389/frym.2019.00159.

Markel H. The real story behind penicillin. PBS NewsHour. 2013 Sept 27. Disponible en: <https://www.pbs.org/newshour/health/the-real-story-behind-the-worlds-first-antibiotic>

Montellier C, Huynh R. Marie Curie: La Fée du Radium. París: DUPUIS; 2011. 1-48.

Peinado Lorca M. Breve historia de la warfarina, el fármaco que salvó la vida del presidente Eisenhower. Sobre esto y aquello [Internet]. 2024 [consultado el 27 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://www.sobreestoyaquello.com/2024/11/breve-historia-de-la-warfarina-el.html?m=0>

Ramachandran S, Pitchai S. Story of warfarin: From rat poison to lifesaving drug. Indian J Vasc Endovasc Surg. 2018;5(3):174-5. doi: 10.4103/ijves.ijves_49_18.

Rostène W, De Meyts P. Insulin: A 100-Year-Old Discovery With a Fascinating History. Endocr Rev. 2021;42(5):503-527. doi:10.1210/endrev/bnab020.

Rocamora Pérez P, López Liria R, Aguilar Parra JM, Padilla Góngora D, Díaz López MP. El cómic como herramienta didáctica en Ciencias de la Salud. Tebeosfera. 2018.

Ronan LK, Czerwec MK. A Novel Graphic Medicine Curriculum for Resident Physicians: Boosting Empathy and Communication through Comics. J Med Humanit. 2020 Dec;41(4):573-578. doi: 10.1007/s10912-020-09654-2. PMID: 32809157.

Sabour A. New Light on the Discovery of Penicillin. J Adv Zool. 2023;44(4):1014-1018.

Šakić Z, Rudež KD, Kajić AR, Majanović SK, Rahelić D. Celebrating 100 Years of Insulin Use. Acta Clin Croat. 2022;61(3):482-487. doi:10.20471/acc.2022.61.03.13.

Sociedad Española de Medicina Gráfica (SEMGRAF). SEMGRAF: Sociedad Española de Medicina Gráfica [Internet]. 2023 [consultado el 09 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://semgraf.com/>

Wardrop D, Keeling D. The story of the discovery of heparin and warfarin. Br J Haematol. 2008 Mar 18;141(6):757-63. doi: 10.1111/j.1365-2141.2008.07119.x.

Williams IC. Graphic medicine: comics as medical narrative. J Med Humanit. 2012;38(1):21-26.

Zuelzer GL. The Early Search for Insulin and Pancreatic Hormones. Diabetes Res Clin Pract. 2021;174:108739. doi:10.1016/j.diabres.2021.108739.

ANEXO I:

Actividad entregada en el Módulo 5 del Tema 7

Docente: Josune Urrutia Asúa

Alumno: Manuel Gómez Guzmán

Para esta actividad, he pensado que podría hacer un **cómic sobre Gertrude B. Elion**. Gertrude Belle Elion (1918-1999) fue una bioquímica y farmacóloga estadounidense cuyos logros significativos en el campo de la Medicina, en general, y la Farmacología, en particular, han dejado una huella indeleble en el tratamiento de diversas enfermedades. De hecho, se me ha ocurrido esta idea porque hace poco leí un reportaje sobre ella en el *National Geographic* (Héctor Rodríguez, 2023). La historia de Elion es fascinante y creo que el formato cómic sería perfecto para contar su vida y descubrimientos.

Gertrude B. Elion nació en la ciudad de Nueva York y se graduó de la Universidad de Hunter College en 1937. Posteriormente, en 1941, obtuvo su Máster en Química en la Universidad de Nueva York. Elion comenzó su carrera en la industria farmacéutica en un momento en que las mujeres eran raramente aceptadas en el campo científico. Su primer puesto importante fue en *Burroughs Wellcome Company* (ahora parte de *GlaxoSmithKline*), donde trabajó junto con el Dr. George Hitchings. Elion y Hitchings desarrollaron un nuevo enfoque para la creación de medicamentos, utilizando diferencias bioquímicas entre células humanas y patógenas, lo que les permitió diseñar fármacos que podían atacar específicamente a los patógenos sin dañar las células humanas.

Entre los logros más destacados de Elion se incluyen el desarrollo de la **mercaptopurina**, uno de los primeros tratamientos para la leucemia; la **azatioprina**, el primer fármaco inmunosupresor utilizado para evitar el rechazo de órganos trasplantados; y el **aciclovir**, uno de los primeros y más efectivos tratamientos antivirales, especialmente contra el virus del herpes. Además, jugó un papel crucial en el desarrollo de la **trimetoprima**, utilizada para tratar infecciones del tracto urinario, y el **alopurinol**, para el tratamiento de la gota.

Elion fue galardonada con numerosos premios y reconocimientos por su trabajo, incluyendo el **Premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1988**, que compartió con George Hitchings y Sir James Black. A lo largo de su carrera, Elion también recibió más de 45 doctorados honorarios y fue miembro de varias sociedades científicas prestigiosas.

Gertrude B. Elion no solo fue una científica excepcional, sino que también fue una pionera que abrió el camino para las mujeres en la ciencia. Su legado continúa influyendo en la medicina moderna y en el desarrollo de nuevos fármacos.

La historia de Gertrude B. Elion es ideal para un cómic porque su vida y carrera encarnan temas universales como la perseverancia, la innovación y la superación de barreras de género en la ciencia. Un cómic podría capturar visualmente estos temas y hacer su historia accesible y atractiva para un público más amplio, incluyendo a aquellos que quizás no estén familiarizados con su trabajo. En el caso concreto de los

alumnos de carreras biosanitarias, puede ser un formato que facilite la disposición del alumnado a su lectura y que pueda despertar el interés en una figura tan relevante y desconocida en muchos casos.

Además, como he indicado, su historia también resuena en temas contemporáneos como la **igualdad de género en la ciencia** y la importancia de la diversidad en el campo de la investigación. Elion, trabajando en una época en la que las mujeres eran una rareza en la ciencia, no solo **logró avances significativos en su campo**, sino que también allanó el camino para las futuras generaciones de científicas.

La extensión de un cómic sobre Gertrude B. Elion dependería de cuánto detalle y qué aspectos de su vida y carrera deseemos cubrir. Un cómic breve puede ser de 2 a 5 páginas, mientras que una narración más detallada podría extenderse a 60 páginas o más, ya que su vida y logros dan para ello.

Para las 6 viñetas que nos propone Josune se me ocurre hacer una selección de momentos claves. Para diseñar una historieta corta sobre la vida y obra de Gertrude B. Elion, enfocándonos en cómo su trabajo inspira y afecta a mi *rol* como profesor de Farmacología, he dividido el guion en seis viñetas clave que siguen la estructura propuesta:

Viñeta 1. Encuentro con la fuente de inspiración:

Texto: A través de un artículo en National Geographic, recordé la figura de Gertrude B. Elion, quedando fascinado por su dedicación y logros.

Dibujo: Aparezco en un sofá leyendo el artículo con interés, mostrando la portada de la revista.

Viñeta 2. Introducción y contexto - Primeros años:

Texto: Nacida en 1918, Gertrude se enfrentó a numerosos desafíos. Motivada por la pérdida de su abuelo por cáncer, decidió estudiar duramente para encontrar una cura.

Dibujo: Una joven Gertrude en un aula universitaria, decidida y estudiando entre libros y papeles

Viñeta 3. Descubrimiento y trabajo en Burroughs Wellcome:

Texto: Años después, en Burroughs Wellcome, colaboró con George Hitchings, desarrollando medicamentos que marcarían una diferencia real en la Farmacología.

Dibujo: Gertrude y Hitchings en un laboratorio, mirando a través de un microscopio, con moléculas dibujadas alrededor simbolizando sus descubrimientos.

Viñeta 4. Impacto en la medicina:

Texto: Su trabajo resultó en innovaciones como la mercaptopurina para la leucemia, la azatioprina para trasplantes de órganos y el aciclovir para el herpes virus.

Dibujo: Ilustraciones de los medicamentos y pacientes beneficiados por estos tratamientos, mostrando la diversidad de aplicaciones.

Viñeta 5. Reconocimientos y legado:

Texto: Reconocida con el Premio Nobel de Medicina en 1988, Elion abrió caminos no solo en la ciencia sino también para las futuras generaciones de mujeres en la ciencia.

Dibujo: Gertrude recibiendo el Premio Nobel con una multitud aplaudiendo, incluyendo muchas jóvenes científicas inspiradas.

Viñeta 6. Inspiración y reflexión personal:

Texto: El legado de Elion inspira mi enseñanza y me motiva a fomentar la curiosidad y dedicación en mis estudiantes.

Dibujo: Aparezco en un aula, discutiendo con estudiantes entusiasmados, con un retrato de Gertrude Elion proyectado en el aula. O, quizás, tan solo ponga su retrato para darle toda la relevancia a ella en esa escena final.

Para buscar la información para la realización de este trabajo he utilizado diferentes fuentes bibliográficas, con la intención de crear una historia bastante fiel a la realidad (Imagen 1). Igualmente, al final de este ejercicio dejo indicadas las referencias bibliográficas consultadas que servirían como fuentes a indicar.

Para los detalles visuales, podría utilizar documentación histórica, fotografías de la época y visitas a lugares relevantes. Esto ayudaría a recrear con precisión los entornos y el contexto en el que trabajó Elion. Sin embargo, tal y como indicaba en la cuestión anterior, creo que sería suficiente con las fotos que hay en internet y en los libros que tengo sobre ella (Imagen 1).



Imagen 1. Parte de la bibliografía sobre Gertrude B. Elion consultada.

Para este ejercicio voy a intentar utilizar un estilo más o menos realista basado en fotografías que encuentre sobre la científica. Esto enfatizaría la seriedad y el impacto de su trabajo, a la vez que recordaría que el cómic está narrando la historia real de una farmacóloga histórica.

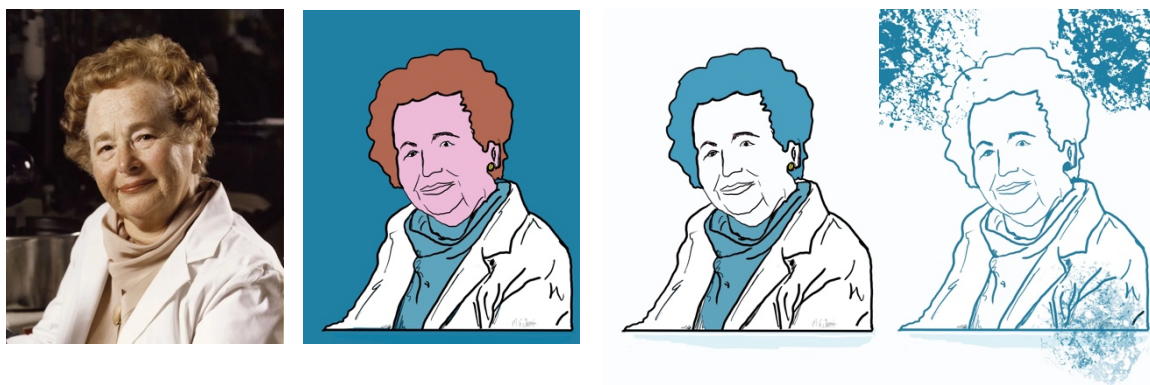


Imagen 2. Estudios de formato y color sobre un retrato de Gertrude B. Ellion.

Para la difusión, podría utilizar mi web: <https://www.polimedicado.es>. Puesto que en ella utilizo un azul muy característico, intentaría que ese color estuviera muy

presente en la obra (Imagen 2 y 3). Considero que, si hiciera más cómics de este tipo para dar a conocer a más farmacólogos, al final sería un estilo fácilmente reconocible.

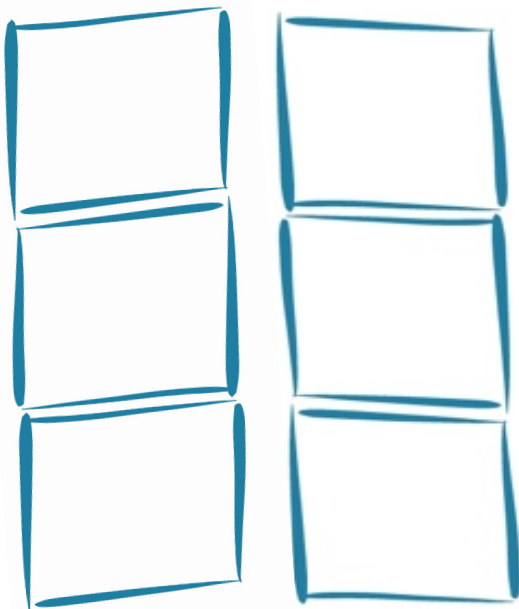
También había pensado que, lo que corresponde a mi autorretrato, lo haría con estilo menos realista y más similar a un dibujo de cómic. Con eso pretendo diferenciar fácilmente entre lo que sería mi autobiografía y lo relatado sobre la vida y descubrimientos de Gertrude B. Elion (Imagen 3).



Imagen 3. Autorretrato en formato cómic.

Tal y como nos indicaba Josune, optaré por emplear un diseño de viñetas básico, en el cual cada página adoptaría una disposición de nueve paneles (3x3) (Imagen 4). Este enfoque minimalista busca facilitar la comprensión a lectores no habituados a la narrativa gráfica.

A



B

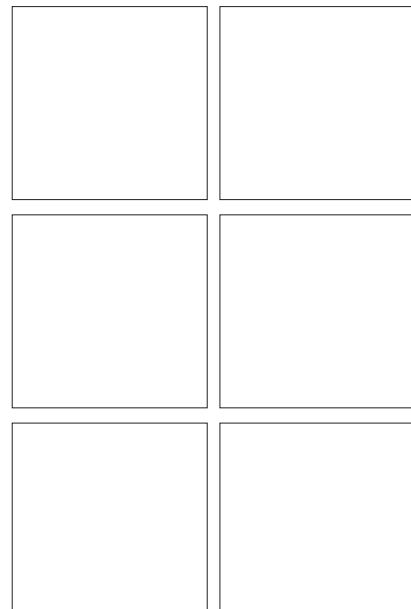


Imagen 4. Distribución de las seis viñetas en la página del cómic. Se podrían utilizar cualquiera de las opciones, A o B.

Ejemplos ilustrativos de esta simplicidad en la maquetación se encuentran en obras como ***Pseudociencia, mentiras, fraudes y otros timos*** de Darryl Cunningham, ***Microbes Bugs and Wonder Drugs***, de Balkwill y Rolph, y ***Ronson*** de César Sebastián (ver Imagen 5).



Imagen 5. Portadas y páginas interiores de **(A) Pseudociencia, mentiras, fraudes y otros timos**, **(B) Microbes Bugs and Wonder Drugs** y **(C) Ronson**.

Enlaces y referencias bibliográficas utilizadas:

1. **Bynum, William (Editor), Helen Bynum:** "Great Discoveries in Medicine", 1st Edition.
2. **Cordes, Eugene H.:** "Hallelujah Moments: Tales of Drug Discovery", 1st Edition.
3. **Le Couteur, Penny:** "Napoleon's Buttons: How 17 Molecules Changed History", Paperback – May 24, 2004.
4. **Li, Jie Jack:** "Blockbuster Drugs: The Rise And Decline Of The Pharmaceutical Industry".
5. **Li, Jie Jack:** "Laughing Gas, Viagra, and Lipitor: The Human Stories behind the Drugs We Use", 1st Edition.
6. **Li, Jie Jack:** "Top Drugs: History, Pharmacology, Syntheses", 1st Edition.
7. **Meyers, Morton A.:** "Happy Accidents: Serendipity in Major Medical Breakthroughs in the Twentieth Century", 1st Edition.
8. **Winters, Robert W.:** "Accidental Medical Discoveries: How Tenacity and Pure Dumb Luck Changed the World", 1st Edition.
9. **Nobel Prize:** "Gertrude B. Elion - Biographical". Nobel Media AB. Disponible en: <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1988/elion/biographical/>
10. **National Geographic España:** "Gertrude Belle Elion y el laboratorio de los 1000 remedios". Disponible en: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/gertrude-belle-elion-y-laboratorio-1000-remedios_19986
11. **Wikipedia:** "Gertrude Belle Elion". Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Gertrude_Belle_Elion
12. **Buscabiografías:** "Biografía de Gertrude B. Elion - Gertrude Belle Elion (Su vida)". Disponible en: <https://www.buscabiografias.com/biografia/verDetalle/7664/Gertrude%20B.%20Elion>
13. **Cívico, Irene; Parra, Sergio; Aparicio, Nuria** (Ilustradora). "Las chicas son de ciencias: 25 científicas que cambiaron el mundo. PRH Grupo Editorial, 29 de mayo de 2018, ISBN: 9788490438824
14. **CONICYT:** "Gertrude B. Elion". Disponible en: <https://www.conicyt.cl/mujeres-en-ciencia-y-tecnologia/mujeres-destacadas/premios-nobel/gertrude-b-elion/>
15. **Cunningham, Darryl.** "Pseudociencia: Mentiras, fraudes y otros timos". ISBN: 9788415589181.
16. **SEBBM:** "Gertrude Belle Elion". Disponible en: <https://sebbm.es/>
17. **National Geographic LA:** "Gertrude Elion: conoce a la científica que le dio al mundo medicamentos". Disponible en:

<https://www.nationalgeographicla.com/ciencia/2021/03/gertrude-elion-conoce-la-cientifica-que-le-dio-al-mundo-medicamentos>

18. **Biografías y Vidas:** "Biografía de Gertrude Belle Elion". Disponible en: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/e/elion.htm>

19. **Britannica:** "Gertrude B. Elion | Nobel Prize, Immunology & Pharmacology". Disponible en: <https://www.britannica.com/biography/Gertrude-B-Elion>

20. **Mujeres con ciencia:** "Gertrude Belle Elion, Premio Nobel en Medicina". Disponible en: <https://mujeresconciencia.com/2014/09/15/gertrude-belle-elion-premio-nobel-en-medicina/>

21. **Nature:** Artículo sobre Gertrude B. Elion. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/18790>

22. **Macbain, Jennifer.** "Gertrude Elion: Nobel Prize Winner in Physiology and Medicine". Rosen Publishing Group, 2003, ISBN: 9781435890954