

Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud
Carrera de Medicina

Año 2026
Trabajo Final de Carrera (Tesis)

Cardiotoxicidad por terapias oncológicas y remodelado miocárdico: análisis clínico y propuesta terapéutica regenerativa

Cardiotoxicity from cancer therapies and myocardial remodeling: clinical analysis and regenerative therapeutic proposal

Alumno:

Micaela Alicia Inés Crudo
MicaelaAliciaInes.Crudo@alumnos.uai.edu.ar
Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud
Universidad Abierta Interamericana

Tutor:

Rafael Porcile
Rafael.Porcile@uai.edu.ar
Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud
Universidad Abierta Interamericana

“Cardiotoxicidad por terapias oncológicas y remodelado miocárdico: análisis clínico y propuesta terapéutica regenerativa”

“Cardiotoxicity from cáncer therapies and myocardial remodeling: clinical analysis and regenerative therapeutic proposal”

Autores: Crudo Micaela Alicia Inés, 2° Rafael Porcile

Resumen

La cardiotoxicidad secundaria a tratamientos antineoplásicos constituye una de las complicaciones más relevantes en el abordaje integral del paciente oncológico, debido a su capacidad de generar daño miocárdico progresivo y deterioro funcional persistente. El presente trabajo analiza distintas manifestaciones cardiovasculares asociadas a fármacos quimioterapéuticos potencialmente cardiotóxicos, con especial énfasis en los mecanismos vinculados al remodelado ventricular.

Se realizó un estudio descriptivo retrospectivo mediante revisión de historias clínicas de pacientes expuestos a 5-fluoruracilo, trastuzumab y antraciclinas. Se evaluaron manifestaciones clínicas, hallazgos electrocardiográficos y ecocardiográficos, así como la gravedad de la cardiotoxicidad según criterios clínico-funcionales.

Los casos analizados evidenciaron diferentes patrones de compromiso cardiovascular según el agente involucrado. El 5-fluoruracilo se relacionó principalmente con cuadros de isquemia transitoria y alteraciones dinámicas del segmento ST, mientras que trastuzumab y antraciclinas mostraron mayor asociación con deterioro de la función ventricular izquierda y signos de remodelado miocárdico. Los hallazgos observados ponen de manifiesto la heterogeneidad fisiopatológica de la cardiotoxicidad asociada a quimioterapia y la importancia de su detección precoz.

Frente a las limitaciones de las estrategias terapéuticas actuales, centradas principalmente en evitar la progresión del daño cardíaco, surge la necesidad de desarrollar nuevas alternativas orientadas a la reparación tisular. En este contexto, la integración entre cardio-oncología y medicina regenerativa representa una posible línea de investigación futura para el tratamiento del remodelado miocárdico secundario a cardiotoxicidad.

Palabras clave: Cardiotoxicity; Ventricular Remodeling; Heart Failure; Medical Oncology; Regenerative Medicine.

Abstract

Cardiotoxicity secondary to antineoplastic therapies represents one of the most relevant complications in the comprehensive management of cancer patients due to its potential to induce progressive myocardial damage and persistent functional impairment. This study analyzes different cardiovascular manifestations associated with potentially cardiotoxic chemotherapeutic agents, with special emphasis on mechanisms related to ventricular remodeling.

A retrospective descriptive study was conducted through review of clinical records from patients exposed to 5-fluorouracil, trastuzumab and anthracyclines. Clinical manifestations, electrocardiographic and echocardiographic findings, and cardiotoxicity severity according to clinical-functional criteria were evaluated.

The analyzed cases demonstrated different patterns of cardiovascular involvement depending on the agent administered. 5-fluorouracil was mainly associated with transient ischemic episodes and dynamic ST-segment changes, whereas trastuzumab and anthracyclines showed greater association with left ventricular dysfunction and myocardial remodeling findings. These results highlight the pathophysiological heterogeneity of chemotherapy-related cardiotoxicity and the importance of early cardiovascular assessment.

Given the limitations of current therapeutic strategies, mainly focused on delaying disease progression, the development of novel approaches aimed at tissue repair becomes increasingly relevant. In this context, the integration between cardio-oncology and regenerative medicine may represent a promising future line of investigation for myocardial remodeling secondary to cardiotoxicity.

INTRODUCCIÓN

La cardiotoxicidad asociada a terapias oncológicas constituye una complicación con impacto significativo en la morbimortalidad de los pacientes con cáncer. Su relevancia clínica se ha incrementado en paralelo a la mayor supervivencia alcanzada con los tratamientos actuales, particularmente en aquellos expuestos a agentes como antraciclinas y terapias dirigidas como el trastuzumab. Desde el punto de vista fisiopatológico, estos tratamientos pueden inducir daño miocárdico a través de mecanismos complejos que incluyen estrés oxidativo, disfunción mitocondrial, apoptosis de cardiomiocitos y alteraciones en la matriz extracelular, favoreciendo el desarrollo de remodelado ventricular y deterioro progresivo de la función cardíaca.

En este contexto, la cardio-oncologia se ha consolidado como un área orientada a la detección precoz, la estratificación de riesgo y el manejo de las complicaciones cardiovasculares derivadas de los tratamientos antineoplásicos. No obstante, a pesar de los avances en las estrategias de vigilancia clínica y en las intervenciones cardioprotectoras, las alternativas terapéuticas disponibles continúan centradas predominantemente en la limitación de la progresión del daño miocárdico, con escaso desarrollo de enfoques orientados a la reparación estructural del tejido cardíaco. En este sentido, el remodelado miocárdico asociado a la cardiotoxicidad representa un proceso complejo cuya caracterización clínica aun presenta limitaciones, particularmente en relación con la evidencia disponible.

En este marco, surge la pregunta de investigación: **¿Cuáles son las características clínicas y evolutivas del remodelado miocárdico en pacientes con cardiotoxicidad asociada a terapias oncológicas, y qué implicancia presentan para el desarrollo de estrategias terapéuticas orientadas a la regeneración tisular?**

La presente investigación se estructura en dos ejes complementarios. Por un lado, se realiza el análisis retrospectivo de historias clínicas de pacientes expuestos a terapias oncológicas potencialmente cardiotoxicas, integrado con la revisión de la bibliografía, con el objetivo de caracterizar las manifestaciones clínicas del remodelado miocárdico en este contexto. Por otro lado, a partir de la evidencia científica disponible, se propone el desarrollo conceptual de un parche bioactivo orientado a favorecer la reparación del tejido miocárdico.

Se plantea como hipótesis que, la cardiotoxicidad asociada a terapias oncológicas, se encuentra vinculada a procesos de remodelado miocárdico que, adecuadamente caracterizados, podrían constituir un blanco para intervenciones con potencial regenerativo. El objetivo del estudio es analizar dichas alteraciones en una población clínica real e integrar estos hallazgos con la evidencia existente, a fin de sustentar el desarrollo conceptual de una nueva estrategia regenerativa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño:

Se realizó un estudio observacional, descriptivo y retrospectivo, basado en el análisis de historias clínicas de pacientes expuestos a terapias oncológicas con potencial cardiotóxico. De manera complementaria, se llevó a cabo una revisión bibliográfica orientada a la caracterización de la cardiotoxicidad asociada a tratamientos antineoplásicos y de los procesos de remodelado miocárdico, así como el análisis de estrategias emergentes de regeneración cardíaca.

Población:

Estuvo constituida por pacientes adultos con antecedente de tratamiento oncológico y evidencia de cardiotoxicidad. Se incluyeron historias clínicas con registro de exposición a agentes con reconocido potencial cardiotóxico, particularmente antraciclinas y terapias dirigidas.

Criterios de inclusión:

- Pacientes mayores de 18 años.
- Antecedente de tratamiento oncológico con fármacos potencialmente cardiotoxicos.
- Disponibilidad de evaluación clínica y estudios complementarios de función cardíaca.

Criterios de exclusión:

- Presencia de cardiopatía estructural previa no atribuible al tratamiento oncológico.
- Desarrollo de enfermedades no cardiovasculares post quimioterapia

Entorno:

El estudio se llevó a cabo mediante la revisión de historias clínicas de pacientes atendidos en múltiples instituciones de salud con seguimiento oncológico y cardiológico, configurando un diseño de campo multicéntrico. Las instituciones participantes se encuentran localizadas en la Ciudad de Buenos Aires, República Argentina, e incluyen centros

asistenciales con distintas características en cuanto a complejidad y modalidad de atención.
El proceso de revisión de historias clínicas se extendió por un período continuo de seis meses, comprendido entre el 20 de diciembre de 2025 y el 20 de junio de 2026. Por su parte, la revisión bibliográfica sistemática y la planificación de las terapias regenerativas constituyeron una etapa preliminar transversal, cuyo desarrollo se inició en el año 2024.
La obtención y el análisis de los datos se realizaron sobre la base de los registros clínicos disponibles en cada institución participante

Intervenciones:

Se realizó la revisión sistemática de historias clínicas con el objetivo de identificar variables clínicas y paraclínicas vinculadas a la cardiotoxicidad y al remodelado miocárdico.
Las variables analizadas incluyeron datos demográficos, tipo de terapia oncológica recibida, tiempo de exposición al tratamiento, presencia de síntomas cardiovasculares y parámetros de evaluación de la función cardíaca, particularmente aquellos obtenidos mediante ecocardiografía, tales como la fracción de eyección del ventrículo izquierdo y las dimensiones ventriculares.
El remodelado miocárdico fue definido en función de las alteraciones estructurales y funcionales evidenciadas en los estudios de imagen disponibles.
De manera complementaria, se llevó a cabo una revisión de la literatura científica orientada a los mecanismos fisiopatológicos de la cardiotoxicidad inducida por terapias oncológicas, al proceso de remodelado ventricular y a las estrategias emergentes de regeneración miocárdica.
Sobre la base de esta evidencia, se elaboró una propuesta conceptual de intervención terapéutica consistente en el diseño de un parche cardíaco bioactivo con potencial regenerativo, basado en matrices biocompatibles capaces de integrarse al tejido miocárdico e incorporar componentes bioactivos orientados a favorecer la neovascularización, modular la respuesta inflamatoria y limitar los procesos de fibrosis asociados al remodelado ventricular.

Análisis estadístico:

Los datos obtenidos fueron organizados en una base de datos para su análisis. Las variables cualitativas se describieron mediante frecuencias absolutas y porcentajes, mientras que las variables cuantitativas se resumieron mediante valores centrales, como el promedio o la mediana, según las características de los datos.
El análisis se orientó a la descripción de las manifestaciones clínicas, electrocardiográficas y estructurales asociadas a la cardiotoxicidad y al remodelado miocárdico en la población estudiada.

RESULTADOS:

Se analizaron las historias clínicas de pacientes expuestos a terapias oncológicas con potencial cardiotóxico, conforme a los criterios metodológicos previamente establecidos.
Desde el punto de vista clínico, la manifestación más frecuente fue el dolor precordial de características anginosas, con aparición temporalmente asociada a la administración del tratamiento quimioterapéutico, particularmente con 5-fluoruracilo. En varios casos, los síntomas se presentaron post infusión del fármaco.
En los estudios electrocardiográficos se observaron alteraciones dinámicas del segmento ST, incluyendo elevación transitoria, así como alteraciones del ritmo cardíaco y episodios de taquicardia sinusal. Por otra parte, los estudios ecocardiográficos evidenciaron, en algunos pacientes, deterioro de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo y alteraciones de la motilidad parietal.

Se describieron las características generales de los casos incluidos, considerando la institución de procedencia, el tipo de cáncer y el fármaco administrado (Tabla 1).

Caso	*Institución*	*Tipo de cáncer*	*Fármaco*
1	Clínica ciudad de la vida	Mama HER 2+	5-FU
2	Clínica ciudad de la vida	Mama HER 2+	5-FU
3	Clínica ciudad de la vida	Mama HER 2+	5-FU
4	Clínica ciudad de la vida	Mama HER 2+	5-FU
5	Clínica ciudad de la vida	Mama HER 2+	5-FU
6	Clínica ciudad de la vida	Mama HER 2+	5-FU
7	Hospital italiano	Adenocarcinoma gástrico	5-FU
8	Hospital italiano	Tumor solido gastrointestinal	5-FU
9	Hospital italiano	Cáncer colorrectal	5-FU
10	Hospital italiano	Adenocarcinoma gástrico	5-FU
11	Instituto Alexander Fleming	Mama HER 2+	Trastuzumab
12	Instituto Alexander Fleming	Mama HER 2+	Trastuzumab
13	Instituto Alexander Fleming	Mama HER 2+	Trastuzumab
14	Instituto Alexander Fleming	Mama HER 2+	Trastuzumab
15	Instituto Alexander Fleming	Mama HER 2+	Trastuzumab
16	Instituto Alexander Fleming	Mama HER 2+	Trastuzumab
17	Instituto Alexander Fleming	Mama HER 2+	Trastuzumab
18	Instituto Alexander Fleming	Mama HER 2+	Trastuzumab
19	Instituto Alexander Fleming	Mama HER 2+	Trastuzumab
20	Instituto Alexander Fleming	Mama HER 2+	Trastuzumab
21	Sociedad argentina de cardiología	Tumor solido gastrointestinal	Antraciclinas
22	Sociedad argentina de cardiología	Tumor solido gastrointestinal	Antraciclinas
23	Sociedad argentina de cardiología	Tumor solido gastrointestinal	Antraciclinas
24	Sociedad argentina de cardiología	Tumor hematológico	Antraciclinas
25	Sociedad argentina de cardiología	Tumor hematológico	Antraciclinas

Tabla 1. Características generales de los pacientes incluidos.

Se registró la presencia de cardiotoxicidad, las manifestaciones clínicas asociadas y los hallazgos obtenidos mediante estudios complementarios, incluyendo electrocardiograma y ecocardiograma (Tabla 2).

Caso	*¿Desarrollo cardiotoxicidad?*	*Prueba diagnóstica: ECG/ECO*	*Clínica*
1	Si	ECG : ST transitorio	Dolor anginoso
2	Si	ECO: ↓ FEVI	Dolor + compromiso hemodinámico
3	No	-	Asintomático
4	No	-	Asintomático
5	No	-	Asintomático
6	No	ECG: s/p ECO: placas de ateroma sin ↓ FEVI	Mareo + dolor precordial
7	Si	ECG: ↑ ST ECO: FEVI 25%	Shock cardiogénico
8	Si	ECG: alteración isquémica transitoria	Angina
9	Si	ECO: ↓ FEVI	Dolor torácico
10	Si	ECG: taquicardia sinusal	Disnea y dolor torácico
11	Si	ECO: hipocinesia	Disnea de esfuerzo
12	No	ECO: ↓ FEVI	Fatiga e intolerancia al ejercicio
13	No	ECO: ↓ FEVI	Insuficiencia cardiaca
14	No	ECO: ↓ FEVI	Asintomático
15	No	ECG: taquicardia sinusal	Disnea progresiva
16	No	-	Asintomática
17	No	-	Asintomática
18	No	-	Asintomática
19	No	ECG: s/p ECO: s/p	Fatiga
20	No	-	Asintomática
21	Si	ECG: arritmia ECO: ↓ FEVI	Palpitaciones y disnea
22	Si	ECG: alteraciones ST ECO: s/p	Dolor torácico
23	Si	ECG: taquicardia sinusal ECO: ↓ FEVI	Disnea progresiva
24	Si	ECG: s/p ECO: ↓ FEVI	Insuficiencia cardiaca
25	Si	ECG: arritmia ventricular ECO: hipocinesia	Angina + arritmia

Tabla 2. Manifestaciones clínicas y hallazgos en estudios complementarios en pacientes con cardiotoxicidad.

La gravedad de la cardiotoxicidad fue categorizada según los criterios clínico-funcionales descritos, considerando alteraciones electrocardiográficas, deterioro de la fracción de eyección ventricular izquierda y presencia de insuficiencia cardíaca sintomática.

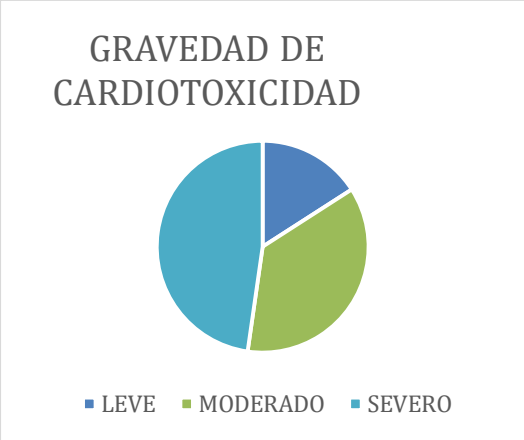


Gráfico 1. Gravedad de cardiotoxicidad

Con el objetivo de identificar los agentes quimioterapéuticos más frecuentemente asociados a manifestaciones cardiotóxicas, se analizó la distribución de los fármacos implicados en los casos estudiados. El 5-fluoruracilo representó el agente con mayor frecuencia de cardiotoxicidad observada, seguido por trastuzumab y antraciclinas.

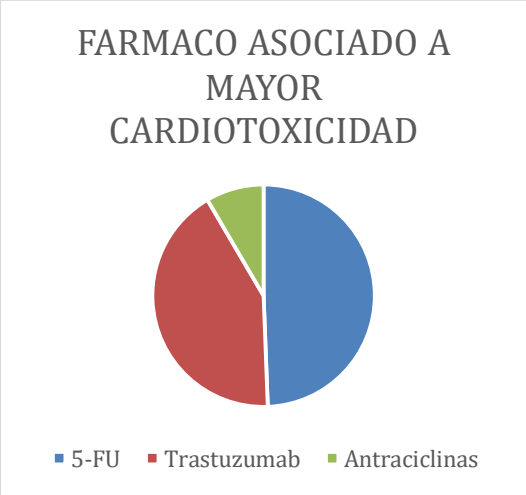
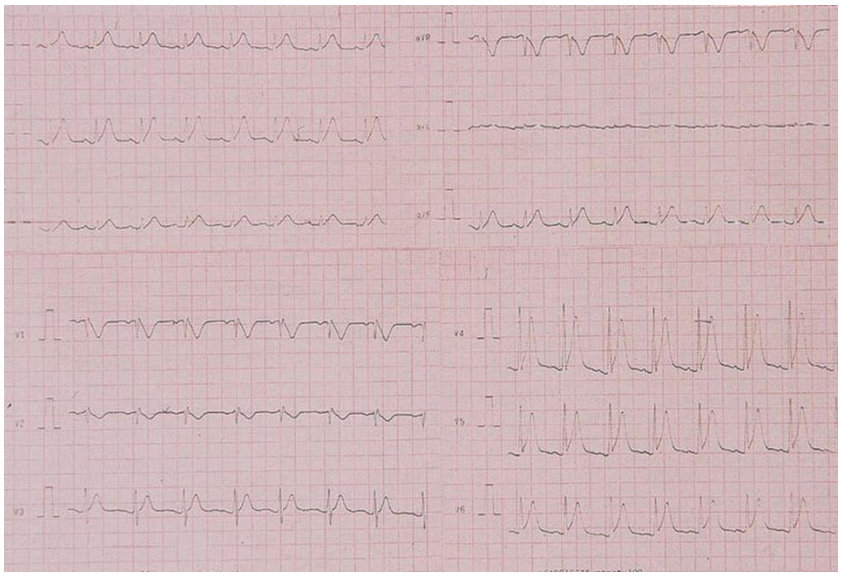


Gráfico 2. Fármacos asociados a mayor cardiotoxicidad en los casos analizados.

Se adjunta, en calidad de referencia ilustrativa, un electrocardiograma que exhibe las alteraciones típicas halladas durante la fase de revisión. Este registro sirve como patrón fenotípico del comportamiento cardiovascular documentado en el presente estudio.



Obs: ECG con T negativas por uso de 5 fluoruouracilo

DISCUSIÓN:

Los resultados obtenidos en el presente estudio evidencian la presencia de distintas manifestaciones cardiovasculares asociadas a terapias oncológicas potencialmente cardiotóxicas. Los hallazgos observados incluyeron síntomas clínicos compatibles con isquemia miocárdica, alteraciones electrocardiográficas transitorias y compromiso de la función ventricular izquierda, en concordancia con lo reportado en la literatura actual sobre cardiotoxicidad inducida por quimioterapia.

En los pacientes expuestos a 5-fluoruracilo predominó la aparición de dolor precordial de características anginosas asociado a modificaciones dinámicas del segmento ST. Diversos estudios han relacionado este patrón clínico con fenómenos de vasoespasmo coronario y disfunción endotelial inducidos por el fármaco. La aparición de síntomas durante la administración del tratamiento y la ausencia de elevación significativa de biomarcadores en algunos casos sugieren mecanismos de isquemia transitoria más que necrosis miocárdica establecida.

Por otra parte, los casos asociados a trastuzumab y antraciclinas evidenciaron alteraciones ecocardiográficas compatibles con deterioro de la función ventricular izquierda, incluyendo disminución de la fracción de eyección e hipocinesia segmentaria. Estos hallazgos coinciden con la evidencia científica disponible, donde las antraciclinas son reconocidas como uno de los principales agentes implicados en daño miocárdico

irreversible debido a mecanismos de estrés oxidativo, apoptosis celular y remodelado ventricular progresivo. En relación con el trastuzumab, distintos autores describen una alteración de las vías celulares implicadas en la supervivencia de los cardiomiocitos, pudiendo generar disfunción ventricular potencialmente reversible en estadios iniciales.

La coexistencia de manifestaciones clínicas, alteraciones electrocardiográficas y compromiso estructural observada en la población estudiada refleja la complejidad fisiopatológica de la cardiotoxicidad asociada a tratamientos antineoplásicos. En este contexto, el remodelado miocárdico adquiere especial relevancia, ya que constituye un proceso dinámico caracterizado por fibrosis, alteración de la matriz extracelular, pérdida de cardiomiocitos y deterioro progresivo de la función ventricular.

Actualmente, las estrategias terapéuticas disponibles en cardio-oncología se encuentran orientadas principalmente a la detección precoz del daño cardiovascular y al uso de tratamiento farmacológico cardioprotector para limitar la progresión de la insuficiencia cardíaca. Sin embargo, dichas intervenciones presentan limitaciones respecto a la posibilidad de revertir el daño estructural ya establecido, particularmente en pacientes que desarrollan remodelado ventricular persistente secundario a cardiotoxicidad.

A partir de esta problemática surge la necesidad de explorar nuevas estrategias terapéuticas orientadas no solo a preservar la función cardíaca residual, sino también a favorecer mecanismos de reparación tisular. En este sentido, uno de los aspectos innovadores del presente trabajo consiste en integrar los hallazgos clínicos observados con el desarrollo conceptual de una propuesta regenerativa basada en un parche cardíaco modular, biodegradable y bioactivo.

La propuesta del parche bioactivo se fundamenta en la utilización de una matriz de alginato de sodio enriquecida con secretoma derivado de células madre mesenquimales y partículas de carbono activado. El alginato actuaría como soporte estructural biocompatible y biodegradable, mientras que el secretoma aportaría factores bioactivos con potencial antiinflamatorio, angiogénico y pro-regenerativo capaces de modular el microambiente miocárdico lesionado. Por otra parte, la incorporación de carbono activado buscaría proporcionar conductividad eléctrica mínima suficiente para favorecer la integración funcional con el tejido cardíaco dañado.

Desde el punto de vista fisiopatológico, esta estrategia podría intervenir sobre distintos mecanismos involucrados en el remodelado ventricular secundario a cardiotoxicidad, incluyendo inflamación persistente, fibrosis progresiva y deterioro de la perfusión tisular. Asimismo, la liberación controlada de factores bioactivos podría favorecer procesos de neovascularización y reparación parcial del tejido miocárdico.

Otro aspecto relevante de la propuesta es su diseño modular y la posibilidad de aplicación percutánea guiada por imágenes, evitando procedimientos quirúrgicos complejos y permitiendo potencialmente su utilización en contextos sanitarios con recursos limitados. Esto adquiere especial importancia considerando que muchas terapias regenerativas, actualmente en investigación, presentan costos elevados y escasa accesibilidad en países de ingresos medios.

Si bien el presente estudio no evalúa experimentalmente la eficacia clínica del dispositivo propuesto, los hallazgos observados y la evidencia científica revisada permiten considerar que la integración entre cardio-oncología y medicina regenerativa representa una línea de investigación prometedora. En este sentido, futuras investigaciones podrían orientarse a evaluar la seguridad, viabilidad y potencial terapéutico de estrategias bioactivas aplicadas al remodelado miocárdico asociado a cardiotoxicidad por tratamientos antineoplásicos.

Entre las limitaciones del estudio se destacan el diseño retrospectivo, el reducido número de casos analizados y la heterogeneidad clínica de los pacientes incluidos. Asimismo, la disponibilidad variable de estudios complementarios podría haber condicionado diferencias en la detección de alteraciones cardiovasculares.

A pesar de estas limitaciones, los resultados obtenidos aportan información clínicamente relevante acerca de las distintas formas de presentación de la cardiotoxicidad asociada a terapias oncológicas y refuerzan la importancia del seguimiento multidisciplinario en cardio-oncología. Del mismo modo, permiten plantear nuevas perspectivas terapéuticas orientadas no solo a limitar la progresión del daño cardíaco, sino también a favorecer estrategias de reparación miocárdica con potencial aplicación futura.

CONCLUSIÓN:

La cardiotoxicidad relacionada con terapias antineoplásicas representa actualmente uno de los principales desafíos dentro de la cardio-oncología, debido al impacto que puede generar sobre la morbimortalidad y la calidad de vida de los pacientes oncológicos. En los casos analizados en el presente trabajo se observaron distintas formas de compromiso cardiovascular asociadas principalmente a 5-fluoruracilo, trastuzumab y antraciclinas, evidenciándose manifestaciones clínicas, alteraciones electrocardiográficas y deterioro de la función ventricular compatibles con diferentes grados de daño miocárdico.

Los hallazgos observados permitieron identificar patrones de presentación variables según el agente quimioterapéutico involucrado. Mientras que el 5-fluoruracilo se relacionó con cuadros de isquemia miocárdica transitoria y alteraciones dinámicas del segmento ST, trastuzumab y antraciclinas mostraron una mayor asociación con deterioro estructural y funcional del ventrículo izquierdo. Estos resultados coinciden con los mecanismos fisiopatológicos descritos en la literatura y reflejan la complejidad del compromiso cardiovascular secundario a tratamientos oncológicos.

La aplicación de la clasificación de gravedad propuesta por el Dr. Porcile permitió contextualizar el grado de afectación cardiovascular observado en los distintos casos, integrando criterios clínicos, electrocardiográficos y funcionales. En este sentido, el remodelado miocárdico adquiere especial relevancia como proceso central en la progresión del daño cardíaco, dado que involucra fenómenos de fibrosis, alteración de la matriz extracelular, pérdida de cardiomiocitos y deterioro progresivo de la función ventricular.

A pesar de los avances actuales en prevención y monitoreo cardiovascular, las estrategias terapéuticas disponibles continúan enfocándose principalmente en limitar la progresión del daño miocárdico más que en revertirlo. Frente a esta limitación, surge la necesidad de desarrollar nuevas alternativas capaces de intervenir sobre los mecanismos biológicos involucrados en la reparación tisular.

En este contexto, el presente trabajo propone conceptualmente el desarrollo de un parche cardíaco bioactivo, modular y biodegradable como posible estrategia regenerativa aplicada al remodelado miocárdico secundario a cardiotoxicidad. La utilización de una matriz de alginato enriquecida con secretoma derivado de células madre mesenquimales y partículas de carbono activado busca generar un microambiente favorable para procesos de reparación tisular, neovascularización y modulación inflamatoria, con el objetivo de preservar la función cardíaca y limitar la progresión del remodelado ventricular.

Asimismo, el diseño modular del dispositivo y su potencial aplicación percutánea podrían representar una ventaja significativa en términos de accesibilidad y factibilidad de implementación, especialmente en sistemas de salud con recursos limitados. Aunque su eficacia deberá ser evaluada en futuras investigaciones experimentales y clínicas, la integración entre medicina regenerativa y cardio-oncología constituye una línea de investigación prometedora frente al creciente impacto cardiovascular de las terapias antineoplásicas.

En conclusión, los resultados obtenidos refuerzan la importancia del seguimiento cardiovascular integral en pacientes sometidos a tratamiento quimioterapéutico y permiten plantear nuevas perspectivas terapéuticas orientadas no solo a prevenir la progresión del daño cardíaco, sino también a favorecer estrategias de reparación miocárdica con potencial aplicación futura.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Zamorano JL, Lancellotti P, Rodriguez Muñoz D, Aboyans V, Asteggiano R, Galderisi M, et al. 2016 ESC position paper on cancer treatments and cardiovascular toxicity developed under the auspices of the ESC committee for Practice guidelines. European heart journal [Internet]. 2016 Aug 26 [cited 2026 July 22];37(36):2768–801. Available from: https://academic.oup.com/eurheartj/article/37/36/2768/2197413#109988392
- ✓ Curigliano G, Lenihan D, Fradley M, Ganatra S, Barac A, Blaes A, et al. Management of cardiac disease in cancer patients throughout oncological treatment: Esmo consensus recommendations. Annals of oncology [Internet]. 2020 Feb [cited 2026 July 22];31(2):171–90. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0923753419360806
- ✓ Yeh ETH, Bickford CL. Cardiovascular complications of cancer therapy: Incidence, pathogenesis, diagnosis, and management. Journal of the american college of Cardiology [Internet]. 2009 [cited 2026 July 22];53(24):2231–47. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19520246/?utm_source.com
- ✓ Lyon AR, Dent S, Stanway S, Earl H, Brezden-Masley C, Cohen-Solal A, et al. Baseline

cardiovascular risk assessment in cancer patients scheduled to receive cardiotoxic cancer therapies: A position statement and new risk assessment tools from the Cardio-Oncology study group of the heart failure association of the european society of Cardiology in collaboration with the international Cardio-Oncology society. European journal of Heart failure [Internet]. 2020 Nov 1 [cited 2026 July 22];22(11):1945–60. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32463967/

- ✓ Porcile Rafael. Cardiotoxicidad asociada a tratamientos oncológicos [Internet]. Youtube. 2026. Available from: https://youtu.be/4on6df9p0ai
- ✓ Virani SA, Dent S, Brezden-Masley C, Clarke B, Davis MK, Jassal DS, et al. Canadian cardiovascular society guidelines for Evaluation and management of Cardiovascular complications of Cancer therapy. Canadian journal of Cardiology. 2016 July;32(7):831–41.
- ✓ Gyöngyösi M, Wojakowski W, Lemarchand P, Lunde K, Tendera M, Bartunek J, et al. Meta-Analysis of cell-based CaRdiac stUdiEs (accrue) in Patients with acute myocardial infarction based on individual patient data. Circulation research. 2015 Apr 10;116(8):1346–60.
- ✓ Vunjak-Novakovic G, Lui KO, Tandon N, Chien KR. Bioengineering heart muscle: A paradigm for Regenerative medicine. Annual review of Biomedical engineering. 2011 Aug 15;13(1):245–67.