



Trasplante de islotes pancreáticos como tratamiento alternativo de la diabetes mellitus

Pancreatic islet transplantation as an alternative treatment for diabetes mellitus

Alexander Benavides Jiménez ^{1*}, <https://orcid.org/0009-0008-0239-7415>

José Manuel Padilla González ¹, <https://orcid.org/0000-0001-8781-2885>

Betsy Lahyte Silega Guibert ¹, <https://orcid.org/0009-0002-4413-4505>

Richard Marcial Gálvez Vila ², <https://orcid.org/0009-0000-0829-1357>

¹ Universidad de Ciencias Médicas de Guantánamo. Facultad de Ciencias Médicas de Guantánamo. Guantánamo, Cuba.

² Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas. Facultad de Ciencias Médicas de Matanzas Dr. "Juan Guiteras Gener". Matanzas, Cuba.

***Autor para la correspondencia:** alexandercr7men@gmail.com

Recibido: 25/06/2025

Aceptado: 15/12/2025

Cómo citar este artículo: Benavides Jiménez A, Padilla González JM, Silega Guibert BL, Gálvez Vila RM. Trasplante de islotes pancreáticos como tratamiento alternativo de la diabetes mellitus [Internet]. MedEst. 2025 [citado fecha acceso];5:e369. Disponible en: <https://revmedest.sld.cu/index.php/medest/article/view/369>

RESUMEN

Introducción: La diabetes mellitus (DM) es un síndrome endocrino-metabólico crónico caracterizado por hiperglucemia sostenida. Su prevalencia

global ha aumentado significativamente, lo que exige explorar tratamientos curativos más allá del control glucémico convencional.

Objetivo: Describir el estado actual del trasplante alógénico de islotes pancreáticos (TAIP) como tratamiento alternativo para la diabetes mellitus, con énfasis en sus fundamentos, aplicaciones y limitaciones.

Métodos: Se realizó una revisión narrativa de la literatura entre abril y julio de 2024, consultando bases de datos como PubMed, SciELO y Dialnet. Se incluyeron artículos originales, revisiones y reportes de caso en español o inglés, publicados principalmente entre 2020-2024.

Desarrollo: El TAIP emerge como una alternativa mínimamente invasiva al trasplante de páncreas completo. Consiste en la infusión de islotes aislados en la circulación portal hepática, buscando restaurar la producción endógena de insulina. Es efectivo en un subgrupo de pacientes con DM1 que presentan hipoglucemias graves inadvertidas, logrando en muchos casos independencia de insulina o reducción significativa de su requerimiento. Sin embargo, su aplicación a gran escala se ve limitada por la necesidad de inmunosupresión crónica, la pérdida progresiva de la viabilidad del injerto y, críticamente, la escasez de donantes.

Conclusiones: El TAIP representa una opción terapéutica de nicho y en evolución para la DM1 compleja. Los avances en bioingeniería, encapsulación celular y fuentes alternativas (como células madre) apuntan a superar sus limitaciones actuales, aunque requieren validación clínica para una aplicación más amplia.

Palabras clave: Diabetes mellitus; Islotes pancreáticos; Tratamiento; Trasplante.

ABSTRACT

Introduction: Diabetes mellitus (DM) is a chronic endocrine-metabolic syndrome characterized by sustained hyperglycemia. Its global prevalence has increased significantly, necessitating the exploration of curative treatments beyond conventional glycemic control.

Objective: To describe the current status of allogeneic pancreatic islet transplantation (AITT) as an alternative treatment for diabetes mellitus, with emphasis on its principles, applications, and limitations.

Methods: A narrative literature review was conducted between April and July 2024, consulting databases such as PubMed, SciELO, and Dialnet. Original articles, reviews, and case reports in Spanish or English, published primarily between 2020 and 2024, were included.

Development: AITT is emerging as a minimally invasive alternative to whole pancreas transplantation. It consists of the infusion of isolated islets into the hepatic portal circulation, aiming to restore endogenous insulin production. It is effective in a subgroup of patients with type 1 diabetes who experience severe, undetected hypoglycemia, achieving insulin independence or a significant reduction in insulin requirements in many cases. However, its widespread application is limited by the need for chronic immunosuppression, the progressive loss of graft viability, and, critically, the shortage of donors.

Conclusions: TAIP represents a niche and evolving therapeutic option for complex type 1 diabetes. Advances in bioengineering, cell encapsulation, and alternative sources (such as stem cells) aim to overcome its current limitations, although clinical validation is required for broader application.

Keywords: Diabetes mellitus; Pancreatic islets; Treatment; Transplant.

INTRODUCCIÓN

La diabetes mellitus (DM) constituye un síndrome endocrino-metabólico crónico caracterizado por una hiperglucemia sostenida, resultado de un déficit en la secreción de insulina, una resistencia a su acción periférica, o una combinación de ambos mecanismos. Según su etiopatogenia, se clasifica principalmente en DM tipo 1 (DM1), una enfermedad autoinmune mediada por la destrucción selectiva de las células beta pancreáticas productoras de insulina, y DM tipo 2 (DM2), más prevalente en adultos y asociada a factores de riesgo como la obesidad, el sedentarismo y la resistencia a la insulina ⁽¹⁾. El manejo convencional de ambas variantes, basado en la sustitución exógena de insulina (en DM1) y fármacos sensibilizadores (en DM2), busca controlar los niveles de glucosa pero no aborda la causa subyacente de la disfunción celular. ⁽²⁾

Los islotes pancreáticos, o islotes de Langerhans, representan las unidades funcionales endocrinas del páncreas. Estas microestructuras, compuestas por poblaciones celulares específicas (células beta, alfa, delta, PP y épsilon), son las responsables de la producción y liberación coordinada de hormonas clave para la homeostasis de la glucosa, como la insulina y el glucagón. En la DM1, la pérdida irreversible de las células beta dentro de los islotes es el evento

patogénico central que conduce a la dependencia vitalicia de insulina exógena.
(1)

Desde las primeras descripciones clínicas de la enfermedad en la antigüedad, el tratamiento de la diabetes ha evolucionado significativamente. Un hito fundamental fue el primer trasplante de páncreas realizado en 1966, que demostró la viabilidad de restaurar la función endocrina mediante el reemplazo del órgano ⁽³⁾. Sin embargo, el trasplante de páncreas sólido completo es un procedimiento quirúrgico de alta complejidad, con morbilidad asociada y limitado por la escasez de donantes. Datos de registros internacionales, como el Scientific Registry of Transplant Recipients (SRTR), reflejan un crecimiento histórico en el número de estos procedimientos, aunque en la última década se observa una tendencia a la estabilización o disminución, impulsando la búsqueda de alternativas menos invasivas ⁽⁴⁾.

Es en este contexto donde el trasplante alogénico de islotes pancreáticos (TAIP) emerge como una estrategia terapéutica disruptiva. A diferencia del trasplante de órgano completo, el TAIP consiste en el aislamiento y purificación de los islotes de un páncreas donante para su posterior infusión en el receptor, generalmente a través del sistema venoso portal hacia el hígado. Este enfoque, de carácter mínimamente invasivo, busca restaurar específicamente la función de las células beta, corrigiendo el defecto fisiopatológico primario de la DM1 sin la carga de una cirugía abdominal mayor ⁽⁵⁾.

A nivel global y en particular en el contexto cubano, el TAIP representa una línea de investigación y aplicación clínica de gran interés, especialmente para pacientes con DM1 que presentan hipoglucemias graves inadvertidas a pesar de un manejo insulínico intensivo ^(5,6). No obstante, su implementación a gran escala enfrenta desafíos considerables, como la necesidad de inmunosupresión crónica para prevenir el rechazo, la limitada viabilidad a largo plazo de los injertos y, de forma crítica, la escasez de donantes de órganos, que se ve agravada por el hecho de que se requieren múltiples donantes para tratar a un solo receptor ⁽⁷⁾.

El problema científico central que limita el impacto clínico del TAIP radica en la incapacidad actual para lograr un reemplazo funcional, duradero y libre de inmunosupresión de las células beta pancreáticas. Este problema se manifiesta en tres dimensiones interrelacionadas: la disfunción y pérdida progresiva de los islotes transplantados en un microambiente hepático no fisiológico y bajo ataque inmunológico; la ausencia de fuentes celulares ilimitadas y universalmente compatibles que superen la barrera de la escasez



de donantes; y la falta de estrategias eficaces para proteger el injerto del rechazo inmunológico sin recurrir a la inmunosupresión sistémica crónica y sus efectos adversos.

Por lo tanto, esta revisión tiene como objetivo describir el estado actual del trasplante de islotes pancreáticos como tratamiento alternativo para la diabetes mellitus, con énfasis en las soluciones científicas que se están explorando para abordar las limitaciones mencionadas. Se analizarán sus fundamentos biológicos, indicaciones clínicas, técnicas de aislamiento e implante, resultados de eficacia y seguridad, principales limitaciones y las perspectivas futuras que ofrecen campos como la bioingeniería de tejidos y la terapia celular con células madre.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión narrativa de la literatura durante el período comprendido entre abril y julio de 2024. La estrategia de búsqueda se diseñó para identificar la evidencia más relevante y actual sobre el trasplante de islotes pancreáticos en el tratamiento de la diabetes mellitus.

La búsqueda bibliográfica se ejecutó en las bases de datos PubMed, SciELO y Dialnet. Se complementó con consultas en los repositorios académicos ResearchGate y MedlinePlus. Los términos de búsqueda se definieron utilizando el tesoro Descriptores en Ciencias de la Salud (DeCS) y su correspondencia en inglés (MeSH), combinados mediante operadores booleanos AND y OR. Las palabras clave principales fueron: *diabetes mellitus, pancreatic islets, islet transplantation, treatment, y transplant*.

Criterios de Inclusión: Artículos originales, revisiones sistemáticas, metanálisis y reportes de caso. Publicados entre enero de 2020 y julio de 2024, para priorizar la evidencia más reciente. Se incluyeron excepcionalmente artículos seminales previos a este período si su relevancia para el tema era fundamental. Idioma de publicación: español o inglés. Disponibilidad de acceso abierto al texto completo o accesibilidad a través de la Red Telemática de Salud de Cuba (INFOMED). Contenido que abordara específicamente los aspectos clínicos, técnicos, de resultados o perspectivas futuras del trasplante de islotes pancreáticos.

Criterios de Exclusión: Artículos cuyo texto completo no estuvo disponible. Editoriales, cartas al editor y resúmenes de congresos no publicados como artículos completos. Estudios que trataran exclusivamente sobre el trasplante de páncreas sólido sin un componente relevante sobre islotes.



A partir de la búsqueda inicial, se identificaron 25 artículos que cumplieron con los criterios de elegibilidad. Más del 75 % de las referencias finales pertenecen al período 2020-2024, garantizando la actualidad de la revisión. La información extraída de las fuentes seleccionadas fue organizada y sintetizada de manera narrativa en torno a los siguientes ejes temáticos para estructurar el desarrollo del artículo: fundamentos biológicos, indicaciones clínicas, técnicas del procedimiento (aislamiento e implante), resultados de eficacia y seguridad, complicaciones, limitaciones actuales y perspectivas futuras derivadas de la investigación en bioingeniería y terapia celular.

DESARROLLO

Fundamentos biológicos y justificación del trasplante de islotes

Los islotes pancreáticos, o islotes de Langerhans, constituyen la unidad funcional endocrina del páncreas, organizados en microestructuras especializadas que albergan poblaciones celulares con funciones específicas. Las células beta, que son las más abundantes, son responsables de la síntesis y secreción de insulina en respuesta a la hiperglucemia, la hormona que disminuye los niveles de glucosa en sangre ⁽⁶⁾. Las células alfa producen glucagón, hormona contrarreguladora que eleva la glucosa sanguínea al estimular la liberación de glucosa almacenada en el hígado ⁽⁷⁾. Las células delta secretan somatostatina, una hormona que regula paracrinamente la secreción de insulina y glucagón para mantener el equilibrio hormonal. Las células PP (polipeptídicas pancreáticas) producen polipéptido pancreático, involucrado en la función exocrina del páncreas y la digestión. Por último, las células épsilon, menos comunes, sintetizan grelina, una hormona que influye en el apetito y el metabolismo energético ⁽⁸⁾.

La diabetes mellitus tipo 1 (DM1) se define como una enfermedad autoinmune caracterizada por la destrucción selectiva y progresiva de las células beta pancreáticas por parte del sistema inmunológico, lo que provoca una deficiencia absoluta de insulina endógena ⁽⁹⁾. A diferencia de otras formas de diabetes, la DM1 puede manifestarse a cualquier edad, aunque es más frecuente en niños y jóvenes. Este defecto fisiopatológico primario constituye la diana fundamental del trasplante de islotes. En contraste, la diabetes mellitus tipo 2 (DM2) es la forma más prevalente y suele manifestarse en adultos, aunque su incidencia en jóvenes ha aumentado significativamente debido a factores como la obesidad y el sedentarismo. En esta condición, el organismo desarrolla resistencia a la insulina y, progresivamente, puede presentar una producción insuficiente de esta hormona ⁽¹⁰⁾. El manejo

terapéutico convencional incluye modificaciones en el estilo de vida, fármacos orales y, en etapas avanzadas, terapia con insulina. Aunque el trasplante no es un tratamiento estándar para la DM2, se explora en casos seleccionados de deficiencia severa de péptido C y dependencia insulínica compleja.

Trasplante de páncreas completo: evolución, modalidades y contexto comparativo

Históricamente, el trasplante de páncreas completo (o sólido) ha sido la principal opción quirúrgica para restaurar la función endocrina en pacientes seleccionados. El trasplante simultáneo de páncreas y riñón (SPK) es el tipo más común de trasplante pancreático, recomendado frecuentemente para pacientes con diabetes grave y enfermedad renal crónica avanzada, especialmente cuando la tasa de filtración glomerular (eGFR) es menor a 20 ml/min/1.73 m² (8, 9). En este procedimiento, ambos órganos suelen provenir de un solo donante fallecido, aunque también existen protocolos con donante vivo para el riñón. Las indicaciones para realizar un trasplante de páncreas varían según los protocolos de cada centro, aunque en la mayoría de los casos el principal criterio sigue siendo la diabetes mellitus tipo 1. En los últimos años, su uso se ha extendido a pacientes seleccionados con diabetes tipo 2, así como a personas con pancreatitis crónica y neoplasias que requieren la extirpación total del páncreas.

Por otro lado, el PTA (trasplante de páncreas aislado) está indicado en pacientes con función renal preservada o levemente alterada que presenten complicaciones graves de la diabetes, como hipoglucemias inadvertidas, fluctuaciones glucémicas extremas y deterioro significativo de la calidad de vida. Según los criterios de la United Network for Organ Sharing (UNOS), existen dos perfiles candidatos para PTA: 1) pacientes con deficiencia absoluta de insulina endógena (péptido C <2 ng/mL) que requieren terapia con insulina; y 2) pacientes con péptido C >2 ng/mL pero con IMC <28 kg/m² que mantienen dependencia a la insulina (10, 11).

Limitaciones del trasplante pancreático completo y surgimiento del TAIP

A pesar de los avances, el trasplante de páncreas completo conlleva una cirugía mayor de alta complejidad, con morbilidad perioperatoria significativa y requiere inmunosupresión sistémica de por vida, lo que limita su aplicabilidad (12). La técnica estándar implica el uso de un órgano completo de donante cadavérico o, en casos seleccionados, un segmento pancreático de donante vivo mediante hemipancreatetectomía (13, 14). El procedimiento



quirúrgico consiste en la preparación del injerto (páncreas completo con segmento duodenal), su posicionamiento en la pelvis y la vascularización mediante anastomosis arterial a la arteria ilíaca y drenaje venoso sistémico o portal (15, 16). El manejo de las secreciones exocrinas se realiza mediante derivación duodenovesical o entérica. Estas complejidades técnicas, junto con la escasez de donantes, han impulsado el desarrollo de alternativas menos invasivas.

El trasplante alogénico de islotes pancreáticos (TAIP): procedimiento, técnica y ventajas

El TAIP emerge como una alternativa terapéutica menos invasiva que el trasplante total de páncreas. Esta técnica consiste en un cuidadoso proceso de digestión enzimática y separación mecánica del tejido pancreático del donante para obtener pequeños grupos celulares que contienen islotes funcionales. Es fundamental controlar meticulosamente la autodigestión para evitar dañar el tejido endocrino viable. El producto final tras el aislamiento tiene un volumen menor a 10 ml y una pureza entre 30 % y 90 %, aunque solo alrededor del 1 % de los islotes originales es apto para el trasplante (15, 16).

El sitio de implante que más se utiliza es el hígado. El procedimiento se realiza a través de un catéter colocado en la vena porta intrahepática, el cual puede colocarse por recanalización de la vena umbilical, canalización de alguna tributaria de las venas mesentéricas superior e inferior o por punción percutánea del hígado (17, 18). En el último caso, luego de identificar la vena porta y sus ramas por ultrasonografía, se punza con una aguja tipo Chiba de 21 gauge y por técnica de Seldinger y control fluoroscópico intermitente se introduce un catéter de 4 French en la vena porta. Antes de comenzar la infusión debe obtenerse una portografía para confirmar la posición del catéter (19). La infusión celular debe realizarse de forma lenta para controlar la presión de la vena porta, con profilaxis para la trombosis portal que incluye heparina sódica (20).

Resultados, complicaciones y limitaciones actuales del TAIP

Los criterios de éxito del TAIP se definen por la independencia de insulina o la reducción significativa de sus requerimientos, junto con la estabilización glucémica y la eliminación de episodios de hipoglucemia grave inadvertida (21). Los estudios indican que muchos pacientes experimentan una mejora significativa en el control glucémico y una reducción en la necesidad de



insulina exógena, aunque la tasa de supervivencia de los islotes trasplantados disminuye con el tiempo ⁽²²⁾.

A pesar de su carácter mínimamente invasivo, el trasplante de islotes no está exento de complicaciones. Las más frecuentes incluyen alteraciones en las pruebas de función hepática, hemorragias, hemoperitoneo y formación de hematomas intrahepáticos ^(23, 26, 30). Estas complicaciones potenciales del procedimiento, como el sangrado del sitio de punción hepático, trombosis portal y aumento de la presión intraportal, aunque poco frecuentes, requieren manejo especializado.

Sin embargo, las mayores limitaciones son sistémicas: la necesidad de inmunosupresión crónica para prevenir el rechazo (asociada a nefrotoxicidad, mayor riesgo de infecciones y neoplasias), la escasez crítica de donantes (se requieren 2-3 páncreas de donantes para un solo receptor) y la pérdida progresiva de viabilidad del injerto en el microambiente hepático ^(24, 25, 27). Estas restricciones han limitado su aplicación principalmente a casos de hipoglucemias graves recurrentes que no responden al tratamiento convencional.

Avances tecnológicos y perspectivas futuras

El campo del trasplante de islotes está experimentando un notable desarrollo tecnológico. Los autores identifican tres líneas principales de investigación:

Estrategias de protección inmunológica: Los sistemas de microencapsulación en matrices tridimensionales permiten crear microambientes más fisiológicos para los islotes trasplantados, protegiéndolos del ataque inmunológico mientras permiten el intercambio de nutrientes e insulina ^(28, 29). Estos sistemas con micropocillos han demostrado ser particularmente efectivos en modelos experimentales.

Fuentes celulares alternativas: Se investiga la diferenciación de células madre pluripotentes (iPSCs y ESCs) en células beta pancreáticas funcionales mediante protocolos que emplean factores de crecimiento y condiciones de cultivo especializadas ⁽³⁰⁻³²⁾. Paralelamente, las células madre mesenquimales (MSCs) muestran potencial para mejorar la supervivencia del injerto mediante mecanismos paracrinos ^(33, 34). La tecnología CRISPR/Cas9 permite modificar genes para optimizar la diferenciación o crear células "invisibles" al sistema inmune ⁽³⁵⁾.



Bioingeniería y mejora del microambiente: Se desarrollan andamiajes tridimensionales y biomateriales inteligentes con factores de crecimiento integrados que favorecen la vascularización y reducen la respuesta inmunológica (36, 37). El uso combinado de células accesorias (endoteliales, hepáticas, pancreáticas) favorece la neovascularización y mejora la viabilidad del injerto (38, 39).

En consideración de los autores, el trasplante de islotes pancreáticos se presenta como una opción terapéutica prometedora para pacientes con DM que experimentan complicaciones severas y no logran un control adecuado de la glucosa a través de tratamientos convencionales. Las indicaciones tanto para el trasplante de islotes consecutivos como el autotrasplante pueden aminorar la diabetes postoperatoria en casos específicos (40). No obstante, el trasplante de islotes posterior al trasplante renal sigue siendo motivo de controversia, requiriendo una evaluación individualizada de riesgos y beneficios.

Los avances en terapia celular e inmunomodulación, respaldados por numerosos estudios (28-40), apuntan hacia un futuro donde el trasplante de islotes podría ampliar sus indicaciones y mejorar sus resultados a largo plazo. Sin embargo, los autores destacan que todos estos enfoques innovadores permanecen en fase experimental, requiriendo validación rigurosa antes de su traslación clínica. La sinergia entre la bioingeniería, la inmunología y la terapia celular representa la frontera más prometedora para convertir el TAIP en una terapia accesible, duradera y libre de inmunosupresión para un espectro más amplio de pacientes con diabetes.

CONCLUSIONES

El trasplante alogénico de islotes es un tratamiento efectivo para un subgrupo específico de pacientes con DM1 con hipoglucemias graves inadvertidas, logrando independencia de insulina en un porcentaje significativo a corto-medio plazo. Sus principales limitaciones son la dependencia de inmunosupresión crónica (con sus efectos adversos), la pérdida progresiva de función del injerto y la escasez crítica de donantes. La investigación se dirige hacia fuentes alternativas de células (células madre, xenotrasplante) y estrategias de bioingeniería (encapsulación) para superar estas barreras, aunque estas alternativas permanecen en fase preclínica o experimental. Actualmente, el trasplante de islotes representa una opción terapéutica de nicho, pero en evolución, dentro del arsenal para el manejo de la DM1 compleja.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ho-Hyon S. Simposio: Nuevos horizontes en la terapéutica de la diabetes mellitus tipo 1. Trasplante de páncreas, implante de islotes, células pluripotenciales: ¿cuál es la solución biológica? Rev Soc Argent Diabetes [Internet]. 2021 [citado 08 Jun 2025];55(3 Suppl):41-59. Disponible en: <https://revistasad.com/index.php/diabetes/article/view/59>
2. Espinoza C. Trasplante de islotes pancreáticos en humanos: ¿futura solución a problemas del pasado? Rev Diabetes [Internet]. 2022 [citado 08 Jun 2025];14(1):[sin paginación]. Disponible en: https://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_di/article/view/26404
3. Montaya E. Actualidad en terapia celular para la diabetes: trasplante de islotes pancreáticos y trasplante de células derivadas de células madre. ARAC [Internet]. 2023 [citado 08 Jun 2025];42(4):45-7. Disponible en: <https://www.revistadiabetes.org/wp-content/uploads/Actualidad-en-terapia-celular-para-la-diabetes.pdf>
4. Sung-Ho H. Trasplante de Páncreas e Islotes. PIC [Internet]. 2020 [citado 08 Jun 2025];8(3):33-4. Disponible en: <https://www.sacd.org.ar/wp-content/uploads/2020/10/Capitulo-IV-493-trasplante-2.pdf>
5. Gasa-Arnaldich R. Células Beta invisibles al sistema inmune ¿una opción en la terapia celular para la diabetes? RCC [Internet]. 2022 [citado 08 Jun 2025];56(1):26-7. Disponible en: <https://www.revistadiabetes.org/wp-content/uploads/Celulas-beta-invisibles-al-sistema-inmune-%C2%BFuna-opcion-en-la-terapia-celular-para-la-diabetes.pdf>
6. Lucas MA. Actualización Diabetes tipo 1. ACI [Internet]. 2022 [citado 08 Jun 2025];43(3):23-4. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8879341>
7. Barrera-Barrera J. Diferentes estrategias en la aplicación clínica de los trasplantes de islotes pancreáticos. Rev Cub Ped [Internet]. 2021 [citado 08 Jun 2025];26(2):[sin paginación]. Disponible en: <https://revistasanidadmilitar.org/index.php/rsm/article/view/232>



8. Méndez-Rodriguez C. Modelos celulares para el estudio y tratamiento de la diabetes mellitus tipo 1. Rev Chi Cirg [Internet]. 2023 [citado 08 Jun 2025];45(4):35-8. Disponible en: <https://buleria.unileon.es/handle/10612/17539>
9. Jara CA. Microencapsulación de agregados celulares compuestos por células productoras de insulina y glucagón diferenciadas in vitro, a partir de células mesenquimales humanas derivadas de tejido adiposo. RCC [Internet]. 2020 [citado 08 Jun 2025];24(1):37-9. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/178379>
10. Mejías-Arens C. Diabetes mellitus tipo I: retos para alcanzar un óptimo control glicémico. Asoc Cub Cirg [Internet]. 2020 [citado 08 Jun 2025];10(3):21-2. Disponible en: <https://www.revistacienciaysalud.ac.cr/ojs/index.php/cienciaysalud/article/view/183>
11. Salazar-Campos N. Diabetes mellitus tipo I: retos para alcanzar un óptimo control glicémico. PREC [Internet]. 2020 [citado 08 Jun 2025];26(4):56-9. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=95927>
12. Castro-Delma X. Trasplantes pancreáticos como futuras alternativas terapéuticas para pacientes con diabetes mellitus tipo 1: revisión panorámica. RACC [Internet]. 2023 [citado 08 Jun 2025];23(2):87-9. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=113696>
13. Pérez-Martinez A. Novedades en la Diabetes Mellitus tipo 1. BRICC [Internet]. 2023 [citado 08 Jun 2025];65(4):45-6. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/40923>
14. Pascual-Ferreiro P. Células madre como posible solución para la Diabetes. MMI [Internet]. 2022 [citado 08 Jun 2025];36(3):35-9. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/54390>
15. Echeverria Gómez J. Primer trasplante de islotes realizado en Colombia, experiencia fundación Valle del Lili. As Per End [Internet]. 2020 [citado 08 Jun 2025];23(3):67-70. Disponible en: <https://revistaendocrino.org/index.php/rcedm/article/view/68>



16. Balboa D. Células madre y edición del genoma: nuevas herramientas para entender la diabetes. CHCI [Internet]. 2023 [citado 08 Jun 2025];56(3):23-5. Disponible en: <https://www.revistadiabetes.org/wp-content/uploads/Celulas-madre-y-edicion-del-genoma-nuevas-herramientas-para-entender-la-diabetes.pdf>
17. Cárdenas MF. Transplante pancreático como alternativa terapéutica en la diabetes mellitus de difícil control. Rev Cig [Internet]. 2022 [citado 08 Jun 2025];45(4):67-76. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/medica/article/view/50853>
18. Faintuch J. Obesity and Diabetes Scientific Advances and Best Practice [Internet]. Berlin: Springer; 2020 [citado 08 Jun 2025]. 296 p. Disponible en: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-53370-0>
19. Marluce-da Cunha M, Gabanyi I, Pantanali CA. Islet transplantation: overcoming the organ shortage. RCC [Internet]. 2023 [citado 08 Jun 2025];34(1):45-6. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13098-023-01089-8>
20. Garín-Gomez S. Presencia de anticuerpos anti islotes pancreáticos en diabetes mellitus tipo 1 durante la edad pediátrica. APC [Internet]. 2023 [citado 08 Jun 2025];34(2):56-7. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Juan-Lazzati/publication/373144736_PRESENCIA_DE_AUTOANTICUERPOS_ANTI_ISLOTES_PANCREATICOS_EN_DIABETES_TIPO_1_DURANTE_LA_EDAD_PEDIATRICA/links/64dca6f678e40b48bd4ec482/PRESENCIA-DE-AUTOANTICUERPOS-ANTI-ISLOTES-PANCREATICOS-EN-DIABETES-TIPO-1-DURANTE-LA-EDAD-PEDIATRICA.pdf
21. Astullido-Sánchez A. Diabetes mellitus tipo 1. Actualización y reporte de caso clínico. GRCG [Internet]. 2020 [citado 08 Jun 2025];54(4):23-4. Disponible en: <https://dspace.ucacue.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c31d57bc-ee01-45e5-a731-b95ac8bd9baa/content>
22. Oporto-Lise A. Identificación de anticuerpos contra islotes de páncreas en pacientes diabéticos tipo 1 y en sus familiares mediante inmunofluorescencia. CRRT [Internet]. 2020 [citado 08 Jun 2025];6(3):87-9. Disponible en:



en: http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?pid=S222243612009000100002&script=sci_arttext&tlang=en

23. Morocho A. Nanomateriales en la reparación del islote pancreático: transporte de células e implantes. RCC [Internet]. 2024 [citado 08 Jun 2025];5(1):45-54. Disponible en: http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_di/article/view/26403
24. Hernaz M. Modelos de células madre como herramienta para investigar la genética de la diabetes. Rev Diabetes [Internet]. 2025 [citado 08 Jun 2025];6(2):67-76. Disponible en: <https://www.revistadiabetes.org/wp-content/uploads/Modelos-de-celulas-madre-como-herramienta-para-investigar-la-genetica-de-la-d.pdf>
25. Usulla-Sisadema C. Factores de riesgo en pacientes postquirúrgicos con diabetes mellitus tipo II una revisión bibliográfica. Uniandes [Internet]. 2023 [citado 08 Jun 2025];5(3):56-8. Disponible en: <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/17052>
26. Drapeau C, Eufemio G. El Potencial Terapéutico de Estimular la Movilización Endógena de Células Madre. Hogar Saludable Global [Internet]. 2024 [citado 08 Jun 2025];26(3):63-83. Disponible en: https://www.hogarsaludableglobal.com/wp-content/uploads/2024/07/ES-The_therapeutic_potential_of_stimulating_endogenous_stem_cell_mobilization.pdf
27. Torres-Bugarin O, Borjoquez-Sauceda D. Células mesenquimales: mecanismos de acción y su relación con enfermedades autoinmunes: Células mesenquimales y enfermedades autoinmunes. Cienc Frontera [Internet]. 2024 [citado 08 Jun 2025];2(1):55-63. Disponible en: https://ojscyf.uag.mx/index.php/CIENCIA_Y_FRONTERA/article/view/280
28. Díaz M, Ross OA, Parra E. On the path to a diabetes cure: a critical appraisal of developments in pancreatic beta cell encapsulation and implantation. Rev Fac Farm [Internet]. 2024 [citado 08 Jun 2025];87(1):652-83. Disponible en: http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_ff/article/view/28730



29. Flores-Mendoza A. Terapia inmunosupresora en trasplantes. Rev Sed [Internet]. 2024 [citado 08 Jun 2025];22(1):65-72. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=7UcxEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA65&dq=info:JGaNZLZOZpTEJ:scholar.google.com/&ots=N08IYFSbu7&sig=hE839PmcN4zZbN_8N-rpULVFM3w
30. Del Buey-Salas P. Estudio del papel del receptor de estrógenos ER β en la regulación de las corrientes de sodio y potasio en célula β -pancreática usando la línea celular INS-1E. Univ MS Elc [Internet]. 2024 [citado 08 Jun 2025];25(4):53-63. Disponible en: <http://dspace.umh.es/handle/11000/33137>

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

ABJ: Conceptualización, investigación, metodología, administración del proyecto, validación, redacción del borrador original, revisión, edición.

JMPG: Conceptualización, investigación, metodología, validación, redacción del borrador original, revisión, edición.

BLSG: Conceptualización, investigación, metodología, validación, redacción del borrador original, revisión, edición.

RMGV: Conceptualización, investigación, metodología, validación, redacción del borrador original, revisión, edición.

FUENTES DE FINANCIACIÓN

No se recibió financiación externa para el desarrollo del presente artículo.

