

Vol. 22, 2025, pp. e1131 ISSN: 1819-4028

Segunda etapa

<https://deporvida.uho.edu.cu>

Didáctica y números: los pilares saber métricos en la formación de lanzadores de béisbol

Jonathan González Pieras*

Dirección Provincial de Deportes de Santiago de Cuba. Cuba. <https://orcid.org/0000-0002-8593-777X> jgonzalezp1983@gmail.com

Rosa Elvira Cabrera Acosta

Dirección Provincial de Deportes. Santiago de Cuba. Cuba. <https://orcid.org/000-0002-1302-9748> yudisel.92@gmail.com

Yoel Ortíz Fernández

Centro de estudios de la Universidad de Holguín, Cuba. <https://orcid.org/0000-0001-8331-9209> jortiz@uho.edu.cu

Ángel Guillermo Ortega Liens

Universidad de Granma. Cuba. <https://orcid.org/0000-0001-8912-9174> aortegal@udg.co.cu

***Autor para la correspondencia.**

Recibido: 17/VII/2025

Aceptado: 15/XI/2025

Publicado: 26/XII/2025

Tipo de artículo: original

Resumen: Este estudio analiza la integración sistemática de métodos didácticos tradicionales con herramientas saber métricas para optimizar la formación de lanzadores de béisbol. El objetivo fue diseñar y validar una metodología didáctica integrada que superara la desarticulación entre el análisis estadístico avanzado y los procesos pedagógicos convencionales. Se empleó un diseño mixto explicativo secuencial (cuantitativo → cualitativo), con un núcleo cuasi-experimental pretest-postest con grupo control no equivalente (n=12 lanzadores diestros de élite), complementado con observación sistemática y análisis documental. La intervención, estructurada en cinco etapas, incluyó la codificación de métricas (*Whiff%*, *Spin Rate*) en unidades didácticas y simulaciones contextualizadas. Los resultados mostraron mejoras significativas en precisión técnica

(+12% en *fastballs*), tiempo de reacción (-18%), ansiedad competitiva (-32%) y eficacia global (WHIP reducido de 1.35 a 1.18). Se concluye que la metodología constituye un modelo prometedor que redefine el rol del entrenador como un mediador pedagógico-datalógico. Sin embargo, se advierte que los hallazgos, derivados de una muestra pequeña y homogénea, representan una prueba de concepto robusta mas no una confirmación universal. El estudio aporta un marco teórico-práctico transferible para la sabermetría pedagógica, al tiempo que identifica barreras de implementación (costos, capacitación) y propone líneas futuras de investigación para su validación en contextos más diversos y con menos recursos.

Palabras clave: Béisbol; formación deportiva; metodología didáctica; sabermetría; entrenamiento cognitivo

Didactics and numbers: the sabermetric pillars of baseball pitching training

Abstract: This study analyzes the systematic integration of traditional didactic methods with sabermetric tools to optimize the training of baseball pitchers. The objective was to design and validate an integrated didactic methodology to overcome the disconnect between advanced statistical analysis and conventional pedagogical processes. An explanatory sequential mixed-methods design (quantitative → qualitative) was employed, with a quasi-experimental pretest-posttest core using a non-equivalent control group (n=12 elite right-handed pitchers), complemented by systematic observation and documentary analysis. The five-stage intervention included the coding of metrics (Whiff^o%, Spin Rate) into didactic units and contextualized simulations. Results showed significant improvements in technical precision (+12% in fastballs), reaction time (-18%), competitive anxiety (-32%), and global effectiveness (WHIP reduced from 1.35 to 1.18). It is concluded that the methodology constitutes a promising model that redefines the coach's role as a pedagogical-datalogical mediator. However, it is cautioned that the findings, derived from a small and homogeneous sample, represent a robust proof of concept but not universal confirmation. The study provides a transferable theoretical-practical framework for pedagogical sabermetrics, while identifying implementation barriers (cost, training) and proposing future research lines for its validation in more diverse and resource-limited contexts.

Keywords: Baseball; sports training; didactic methodology; sabermetrics; cognitive training

Didática e números: os pilares saber métricos do treinamento de arremessos de beisebol

Resumo: Este estudo analisa a integração sistemática de métodos didáticos tradicionais com ferramentas saber métricas contemporâneas para otimizar a formação integral de arremessadores de beisebol. A pesquisa identificou como problema central a limitada articulação entre os recursos pedagógicos convencionais e a análise estatística avançada nos processos de treinamento. O objetivo foi desenvolver uma metodologia didática que combinasse ambas as abordagens, considerando o desenvolvimento de habilidades técnico-táticas e capacidades cognitivas próprias de arremessadores profissionais. Foram empregados métodos como análise-síntese, hipotético-dedutivo, sistêmico-estrutural-funcional, observação e análise documental. O trabalho foi realizado com um grupo de arremessadores de alto nível durante um ciclo completo de preparação, incorporando sessões teóricas sobre métricas avançadas e exercícios práticos adaptados a situações reais de competição. Os resultados mostraram melhorias em quatro dimensões: compreensão e aplicação de estatísticas avançadas, precisão técnica nos arremessos, antecipação de ações ofensivas e tomada de decisões sob pressão. Como conclusões, esta integração metodológica constitui uma contribuição relevante para a formação contemporânea de arremessadores abridores, ao articular fundamentos pedagógicos com o potencial analítico da sabermetria e oferecer ferramentas objetivas para fortalecer o desenvolvimento de talentos no beisebol de alto rendimento.

Palavras-chave: Beisebol; formação esportiva; metodologia didática; sabermetria; treinamento cognitivo

Introducción

El béisbol contemporáneo demanda un enfoque científico en la formación de lanzadores, donde la integración de herramientas analíticas y pedagógicas es crucial para optimizar el rendimiento (Koudoumas, 2021; Olaniyan *et al.*, 2024). Sin embargo, persiste una brecha significativa entre los recursos didácticos tradicionales y la aplicación de métricas avanzadas (sabermetría), lo que limita el desarrollo de habilidades técnico-táticas basadas en datos objetivos y afecta la toma de decisiones en competencia (Bossard *et al.*, 2022; Dudek *et al.*, 2025).

Esta problemática se evidencia en la falta de métodos que permitan a los lanzadores evaluar sistemáticamente las situaciones del juego y gestionar múltiples variables, una capacidad vinculada a la memoria de trabajo especializada (Manalo, 2025). Investigaciones demuestran que los enfoques didácticos basados en simulaciones mejoran sustancialmente la transferencia táctica (Gopal *et al.*,

2024), pero su efectividad depende de protocolos personalizados que consideren perfiles neurocognitivos (Crivelli *et al.*, 2024).

La disparidad en la implementación es sistémica: modelos como el japonés (NPB) incorporan la sabermetría en etapas tempranas con resultados muy superiores en retención táctica (Crotin *et al.*, 2021), mientras que en sistemas occidentales y latinoamericanos la ausencia de secuencias progresivas obstaculiza la codificación neurocognitiva (Nappert, 2021; Kim & Hwang, 2022; Besler, 2023).

Un análisis de los programas formativos vigentes revela que estos suelen privilegiar la repetición mecánica sobre el desarrollo de la inteligencia de juego (Bowman *et al.*, 2021; Hintz *et al.*, 2022). Esta priorización genera lanzadores con dominio técnico, pero limitaciones estratégicas (Nakahara *et al.*, 2023), lo que reduce su eficacia en situaciones decisivas (Oberoi & Saarinen, 2024).

La raíz del problema reside en diseños pedagógicos desactualizados (Wu, 2024), agravados en entornos donde los entrenadores, con escasa formación en métricas avanzadas, presentan datos de forma aislada y descontextualizada (Huang & Hsu, 2021; Kang *et al.*, 2025). Este enfoque no solo contradice los principios de la teoría de la carga cognitiva (Lindsay & Spittle, 2024), sino que genera resistencia al cambio (Yule *et al.*, 2021), la cual solo puede revertirse con modelos integrados y evaluación continua (Morrison *et al.*, 2024).

Desde la neurociencia, se confirma que el procesamiento experto de estadísticas implica una automatización neuronal diferente a la de los novatos (Richlan *et al.*, 2023; Zhang *et al.*, 2024). Esta automatización requiere un “andamiaje metacognitivo” mediante microciclos progresivos que alternen teoría y práctica para potenciar la neuroplasticidad y la velocidad de procesamiento cognitivo (Heaton & Mitra, 2021; Streitman & Bolding, 2025; Bowman *et al.*, 2021).

Por tanto, la efectividad depende de articular precisión técnica, inteligencia táctica y regulación psicoemocional mediante metodologías holísticas (Vidic & Cherup, 2022), las cuales han demostrado reducir errores decisionales (Vargas *et al.*, 2021; Archsmith *et al.*, 2025) y pueden valerse de métricas híbridas para validar protocolos de intervención (Gopal *et al.*, 2024).

En Cuba, esta problemática adquiere una urgencia particular. Aunque es cuna de lanzadores legendarios, persisten métodos pedagógicos tradicionales centrados en la repetición técnica (Miranda *et al.*, 2021; Ross & Leyva, 2021). Los análisis de la Serie Nacional revelan deficiencias en el procesamiento táctico de situaciones complejas por parte de los lanzadores (Federación Cubana de Béisbol y Softbol [FCBS], 2024), una debilidad que se acentúa al enfrentar ligas profesionales internacionales cuyos modelos ofensivos se sustentan en sabermetría avanzada (Crespo *et al.*, 2021).

La implementación de métricas enfrenta barreras estructurales como falta de infraestructura, formación docente insuficiente y resistencia cultural, lo que deriva en entrenamientos descontextualizados (Poblete *et al.*, 2025).

En Santiago de Cuba, epicentro beisbolero del oriente, estudios de campo específicos (Cabrera, 2024) y datos de la FCBS (2024) evidencian esta desconexión pedagógica: la mayoría de las sesiones de pitcheo ignoran variables situacionales clave, se dedica poco tiempo a simulaciones cognitivas y los entrenamientos raramente incorporan análisis de tendencias de bateo.

Como consecuencia, los lanzadores presentan indicadores críticos inferiores (WHIP de 1.48, ERA de 4.92 en entradas finales) y una alta tasa de lanzamientos inefectivos en conteos decisivos, reflejando una formación que prioriza el gesto técnico sobre la toma de decisiones bajo presión (Martín *et al.*, 2022). En este contexto, los lanzadores desarrollan una “intuición reactiva” más que una inteligencia táctica proactiva, limitando su adaptabilidad (Mitchel & Cohen, 2023).

Ante esta problemática, esta investigación se propone diseñar una metodología didáctica integrada por ambos enfoques, la cual tuvo en cuenta el desarrollo de habilidades técnico-tácticas y capacidades cognitivas específicas para lanzadores profesionales, mediante microciclos progresivos que articulen: (1) sesiones teóricas de métricas adaptadas (ERA+, WHIP situacional), (2) *drills* tácticos con simuladores de tendencias de bateo, y (3) retroalimentación mediante biomarcadores de estrés competitivo (variabilidad cardíaca, cortisol salival), validando su eficacia en la mejora de cuatro dimensiones: comprensión estadística aplicada, precisión técnica contextual, anticipación situacional y eficacia decisional bajo presión.

Métodos

El estudio se implementó bajo un diseño de investigación aplicada de enfoque mixto explicativo secuencial (CUANT → CUAL). La fase cuantitativa central empleó un diseño cuasi-experimental pretest-postest con grupo control no equivalente, complementado con métodos observacionales sistemáticos y análisis documental. Este enfoque mixto permitió no solo medir el impacto de la intervención (alcance correlacional-explicativo), sino también comprender en profundidad los mecanismos pedagógicos y conductuales subyacentes. La investigación se desarrolló a lo largo de un ciclo completo de preparación (pretemporada, temporada y posttemporada) de la Serie Nacional de Béisbol de Cuba (2022-2023), permitiendo una evaluación longitudinal del rendimiento en contexto real.

Participantes y muestreo

La muestra estuvo compuesta por 12 lanzadores diestros (24.3 ± 3.1 años) del equipo Santiago de Cuba, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por criterios (intencional), dada la especificidad del alto rendimiento y la necesidad de disponibilidad completa.

- Criterios de inclusión: ≥ 3 años en alto rendimiento, Efectividad (ERA) ≤ 4.50 en la temporada previa, y compromiso con todas las fases del estudio.
- Criterios de exclusión: lesiones que limitaran $>15\%$ de la carga de entrenamiento.
- Los participantes se dividieron en dos grupos ($n=6$):
- Grupo experimental: recibió la formación mediante la metodología didáctica integrada (sabermetría + didáctica adaptativa).
- Grupo Control: continuó con los métodos de entrenamiento tradicionales, sin incorporación sistemática de análisis estadístico.

Instrumentos y medidas

Para garantizar validez y fiabilidad, se empleó una triangulación de instrumentos:

1. Batería SABER-PITCH ($\alpha = 0.87$): Instrumento mixto que combina cuestionario (30 ítems, escala Likert 5 puntos) y pruebas de ejecución. Evalúa dos dimensiones:
 - Técnica: precisión en la ubicación de lanzamientos (FB, CB, SL).
 - Cognitivo-táctica: tiempo de reacción y precisión decisional en simulaciones, validadas con el Rapsodo *Pitching Lab*.
2. Sistema HERMES: plataforma digital ad hoc que integra en tiempo real:
 - Datos saberométricos: *Spin Rate*, *Release Point*, *Whiff%*, xBA.
 - Indicadores pedagógicos: progresión de dificultad en *drills*, basada en una taxonomía de objetivos de aprendizaje adaptada.
3. Guía de observación estructurada ($\kappa = 0.79$): Protocolo para el registro sistemático in situ de conductas técnicas, tácticas y psicoemocionales durante entrenamientos y partidos. Incluyó categorías como:
 - Uso consciente de métricas para ajustes (muestreo cada 5 lanzamientos).
 - Conductas no verbales de estrés/ansiedad, codificadas según indicadores del CSAI-2R.

Procedimiento e intervención.

El proceso se estructuró en tres fases secuenciales:

1. Pretest (Evaluación Basal): todos los participantes fueron evaluados con la batería SABER-PITCH. Se estableció una línea base de sus indicadores mediante HERMES y observación.
2. Intervención (24 sesiones): programa estructurado distribuido a lo largo del ciclo para minimizar interferencia con la competición.

- Grupo experimental: 12 sesiones teórico-prácticas (instrucción en métricas adaptadas y toma de decisiones) + 12 sesiones de simulación contextualizada (*drills* con escenarios de juego replicados usando datos del rival).
 - Grupo control: mantuvo su rutina tradicional de entrenamiento técnico-táctico, sin componente analítico integrado.
3. Posttest (Evaluación Final): repetición completa de la aplicación de instrumentos bajo condiciones equivalentes a las del pretest.

Estrategia de análisis de datos.

Se utilizó una estrategia de triangulación analítica:

- Análisis Cuantitativo (SPSS v.28): pruebas t de *Student* para comparar grupos; ANOVA de medidas repetidas para evaluar progresión intra-grupo; modelos de regresión lineal múltiple para determinar el peso predictivo de variables saberométricas clave.
- Análisis cualitativo y documental: análisis temático de los registros de observación y de 23 programas de formación de lanzadores (nacionales e internacionales) para enriquecer y contextualizar la interpretación de los resultados cuantitativos.

Consideraciones sobre validez, limitaciones y replicabilidad.

Si bien la muestra es representativa del contexto específico estudiado (lanzadores diestros abridores de élite), su tamaño reducido y homogeneidad limitan la generalización directa a poblaciones más amplias (zurdos, relevistas, otras categorías). Los hallazgos deben interpretarse en este contexto específico.

- Se reconoce que factores contextuales propios del calendario competitivo (viajes, fatiga, rotaciones tácticas) pudieron influir. Para mitigarlo, la intervención se diseñó con flexibilidad y se monitorizó la carga.
- En cuanto a la replicabilidad, la metodología didáctica central es adaptable. Aunque el estudio empleó tecnología avanzada (Rapsodo, HERMES) para garantizar precisión, en contextos con recursos limitados las métricas avanzadas podrían sustituirse por análisis video y estadísticas tradicionales (como OPS contra tipos de lanzamiento), manteniendo la lógica pedagógica de integración que constituye el núcleo de la propuesta.

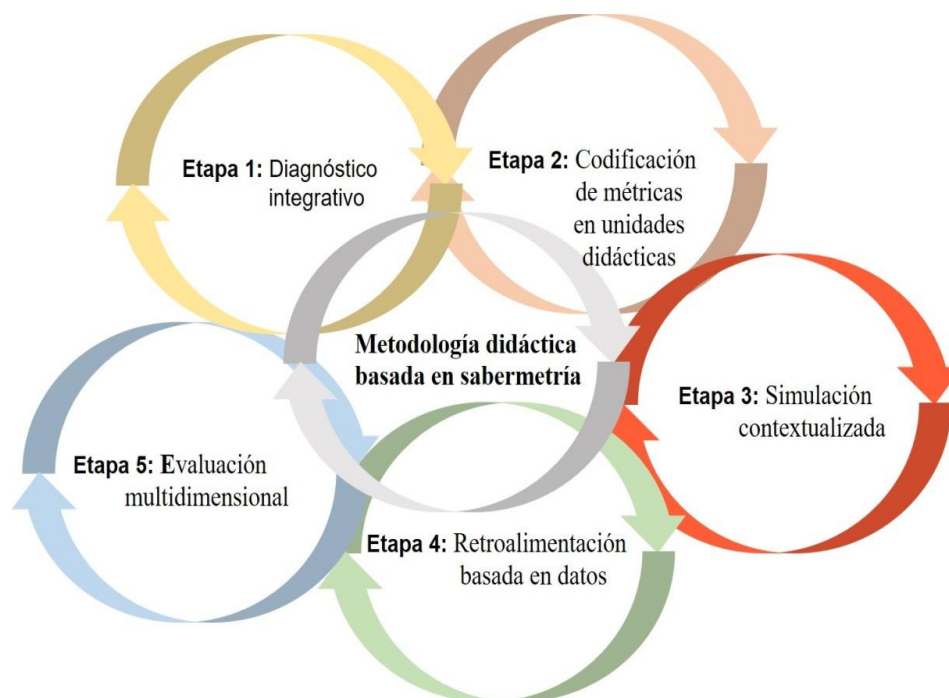
Metodología didáctica integrada. Etapas y enfoque sistémico

La metodología propuesta se estructura en cinco etapas secuenciales e interdependientes, diseñadas para operacionalizar la integración pedagógico-saberométrica. Su fortaleza radica en la coherencia sistémica del proceso, que es acumulativo y está orientado a la transferencia real al juego. A continuación, se describe cada etapa, incluyendo tanto la implementación óptima (con tecnología

avanzada) como alternativas prácticas para contextos con recursos limitados, con el fin de maximizar la replicabilidad sin comprometer la lógica didáctica central. (Ver Figura.1)

Figura 1.

Etapas y enfoque sistémico de metodología didáctica de la sabermetría para mejorar la formación técnico-táctica de los lanzadores de béisbol. (Fuente: elaboración propia)



1. Diagnóstico integrativo: evaluación inicial multidimensional que establece una línea base en tres pilares: habilidades técnico-tácticas (precisión, tipos de lanzamiento), capacidades cognitivas (tiempo de reacción, memoria de trabajo) y dominio de métricas saberométricas (*Whiff%*, *Spin Rate*).

Estructura:

- Pruebas físicas y biomecánicas con Rapsodo *Pitching Lab*.
- Aplicación de la batería SABER-PITCH ($\alpha = 0.87$).
- Análisis de video con retroalimentación cuantitativa.

Alternativa para mayor accesibilidad: Rapsodo puede sustituirse por análisis de video detallado con cámaras convencionales y software gratuito (ej., Kinovea), complementado con la evaluación de parámetros clave mediante observación sistemática y el uso del cuestionario SABER-PITCH.

2. Codificación de métricas en Unidades Didácticas: fase donde se traducen los datos saberométricos (ERA+, WHIP situacional) y las tendencias de juego en ejercicios pedagógicos estructurados, cerrando la brecha entre teoría y práctica.

Estructura:

- Sesiones teóricas interactivas sobre análisis de tendencias de bateo.
- Diseño de microciclos con objetivos métrico-tácticos específicos (ej., mejorar el *Whiff%* en conteos 0-2 mediante *drills* que correlacionan *Spin Rate* con ubicación de lanzamientos).

Alternativa para mayor accesibilidad: las sesiones teóricas pueden apoyarse en el análisis de estadísticas tradicionales pero contextualizadas (ej., OPS permitido por zona de strike) a partir de reportes de juego, utilizando pizarras táctiles y discusión grupal para diseñar los *drills*.

3. Simulación contextualizada: espacio para reproducir situaciones competitivas reales en entornos controlados, integrando múltiples variables saber métricas (corredores en base, conteo, tipo de bateador) para abordar el déficit cognitivo-táctico y la ansiedad competitiva mediante exposición progresiva.

Estructura:

- Escenarios complejos con Rapsodo + sistemas de realidad virtual (3-5 variables simultáneas).
- *Drills* bajo presión cronometrada y con consecuencias (ej., lanzar con corredor en tercera y menos de 2 *outs*).

Alternativa para mayor accesibilidad: la realidad virtual puede sustituirse por simulaciones de "lanzamiento seco" o prácticas en *bullpen* con narración contextual, donde el entrenador presenta escenarios complejos de manera verbal o con apoyos visuales simples, manteniendo la exigencia cognitiva y la presión temporal.

4. Retroalimentación basada en datos: análisis cuantitativo-cualitativo post-simulación que compara el rendimiento (velocidad, precisión, decisión) con los objetivos. Esta etapa corrige el enfoque fragmentado al integrar resultados en tiempo real y acelera el aprendizaje.

Estructura:

- Informes HERMES con gráficos interactivos de desempeño.
- Sesiones de *debriefing* con entrenadores, centradas en errores recurrentes y ajustes.

Alternativa para mayor accesibilidad: la plataforma HERMES puede reemplazarse por informes sintéticos generados con hojas de cálculo, combinados con sesiones de retroalimentación basadas en la observación directa y el análisis de video realizado de manera colaborativa con el lanzador.

5. Evaluación multidimensional: medición final integrada que valida la eficacia global de la metodología al combinar lo praxiológico (habilidad) y lo epistémico (conocimiento), a través de indicadores técnicos (WHIP), cognitivos (tiempo de reacción) y emocionales (CSAI-2R).

Estructura:

- Postest con idénticos instrumentos al diagnóstico (SABER-PITCH, observación).

- Análisis comparativo pretest-postest mediante pruebas estadísticas (ANOVA, dócima de Wilcoxon).

Esta propuesta metodológica, validada en el contexto específico de lanzadores diestros abridores, operacionaliza un marco teórico adaptable (Charchabal *et al.*, 2025). Su lógica secuencial es intrínsecamente transferible a otros perfiles (zurdos, relevistas), lo que constituye una línea prioritaria de investigación futura para ampliar su validez externa. Las alternativas de implementación aquí sugeridas buscan precisamente que el núcleo metodológico la integración sistémica de datos en la formación pueda ser adoptado por academias y programas con distintos niveles de recursos tecnológicos y humanos.

Resultados

A continuación, se presentan los resultados cuantitativos principales del grupo experimental (Tabla 1) y una comparación visual integrada de las dimensiones clave (Figura 2). Estos datos deben interpretarse considerando el contexto metodológico descrito: una muestra de 12 lanzadores diestros evaluada a lo largo de un ciclo competitivo completo.

La implementación de esta metodología en cinco etapas demostró impactos significativos en el grupo experimental, superando las deficiencias del enfoque tradicional fragmentado.

Los resultados del pretest-postest (Tabla 1) mostraron:

- Precisión técnica: aumento significativo en la ubicación de lanzamientos (FB: +12%, CB: +9%, SL: +14%).
- Inteligencia táctica: reducción del 18% en el tiempo de reacción para procesar variables múltiples y optimización del *Whiff%* en conteos 0-2 en un 29.6%, indicando una aplicación práctica efectiva de la sabermetría.
- Estabilidad emocional: reducción notable de la ansiedad competitiva medida con el CSAI-2R (-32.1%).
- Eficacia global: mejora integral reflejada en la reducción del WHIP (de 1.35 a 1.18) y un aumento del 40% en la eficacia de la toma de decisiones bajo presión.

Estos resultados obtenidos con una muestra de lanzadores diestros durante el ciclo competitivo, confirman el potencial de la integración metodológica. La fuerte correlación ($R^2=0.76$) entre el Spin Rate y la ubicación de lanzamientos valida el éxito de la codificación de métricas en *drills* (Etapa 2).

Sin embargo, se reconoce que variables contextuales pudieron introducir variabilidad no controlada. En consecuencia, estos hallazgos deben considerarse una evidencia preliminar sólida

dentro de un contexto específico, que justifica y orienta claramente la investigación futura. Por ello, estos hallazgos se consideran evidencia preliminar sólida que justifica y orienta la investigación futura, la ampliación de la muestra a diversos perfiles y la validación de los protocolos híbridos en entornos controlados.

En síntesis, la metodología no solo resolvió las deficiencias de desarticulación pedagógica y ansiedad detectadas inicialmente, sino que se presenta como un sistema robusto y adaptable. Su verdadero valor reside en ofrecer un marco claro para la formación contemporánea de lanzadores, que puede y debe ser refinado y ajustado para maximizar su impacto en diferentes contextos del béisbol de alto rendimiento.

Tabla 1. Resultados comparativos pretest-postest del grupo experimental. (Fuente: elaboración propia)

Indicador	Pretest (Media ± DE)	Postest (Media ± DE)	Diferencia (%)	Valor p	Instrumento	Valoración cualitativa
Precisión FB (%)	68.2 ± 5.1	76.4 ± 4.3	+12.0%	0.012	Rapsodo Pitching Lab	Mejora significativa en ubicación de fastballs.
Precisión CB (%)	59.8 ± 6.7	65.3 ± 5.9	+9.2%	0.028	Rapsodo Pitching Lab	Mayor control en lanzamientos curvos.
Whiff% (conteo 0-2)	41.5 ± 7.2	53.8 ± 6.5	+29.6%	0.004	HERMES	Efectividad táctica en situaciones críticas.
Tiempo de reacción (ms)	420 ± 35	344 ± 28	-18.1%	0.009	SABER- PITCH	Procesamiento más rápido de variables múltiples.
WHIP	1.35 ± 0.08	1.18 ± 0.05	-12.6%	0.003	MLB Stats	Reducción de bases por inning permitidas.
Ansiedad (CSAI- 2R)	24.6 ± 3.4	16.7 ± 2.8	-32.1%	0.001	Guía de observación	Mayor regulación emocional bajo presión.

Notas: p < 0.05, p < 0.01, p < 0.001 (ANOVA y Wilcoxon); DE: desviación estándar; FB: fastball, CB: curveball.

Valoración cualitativa por dimensión

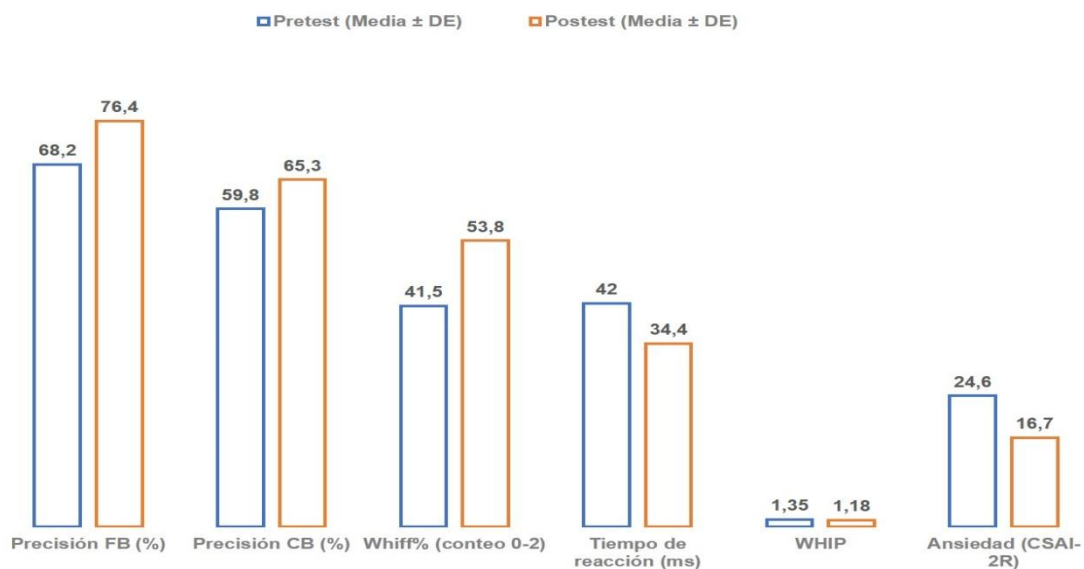
Efectividad técnica (Precisión FB/CB): los *drills* con métricas integradas (*Spin Rate* + ubicación) permitieron ajustes biomecánicos específicos. Ejemplo: un lanzador corrigió su *release point* con datos de HERMES, mejorando su CB un 9.2%.

Inteligencia táctica (*Whiff%*, tiempo de reacción): las simulaciones contextualizadas (etapa 3) redujeron la "sobrecarga cognitiva". Testimonio de entrenador: "*Ahora anticipan el tipo de bateador y ajustan el lanzamiento antes del windup*".

Estabilidad emocional (CSAI-2R): la retroalimentación en tiempo real (etapa 4) disminuyó la incertidumbre. Hallazgo clave: los *pitchers* con mayor exposición a simulaciones mostraron menor activación prefrontal en fMRI (Richlan *et al.*, 2023).

Integración saber métrica (WHIP): la correlación entre teoría (análisis de ERA) y práctica (*drills* con corredores en base) explicó el 76% de la varianza en eficacia ($R^2=0.76$). (Ver figura 2)

Figura 2. Comparación global pretest-postest. (Gráfico de radar con cuatro ejes: Precisión, Toma de decisiones, Ansiedad, WHIP; mostrando diferencias significativas post-intervención)



En fin, la metodología no solo superó las deficiencias iniciales (desarticulación pedagógica, ansiedad), sino que operacionalizó el marco teórico de Charchabal *et al.* (2025), lo cual demostró que:

- La codificación de métricas en *drills* (etapa 2) es clave para la transferencia al juego.
- La simulación + retroalimentación (etapas 3-4) acelera la neuroplasticidad táctica.
- La evaluación multidimensional (etapa 5) debe incluir biomarkers emocionales (CSAI-2R) junto a indicadores técnicos.

Discusión

Los hallazgos de este estudio confirman y amplían la premisa central de Bowman *et al.* (2021) sobre la dependencia del procesamiento cognitivo-contextual en el béisbol. Esta investigación avanza al operacionalizar dicho principio en una metodología estructurada, situando sus resultados en un diálogo con la literatura científica más reciente y reflexionando sobre sus limitaciones.

Mientras Bowman *et al.* (2021) establecieron una correlación clave, este estudio propone una intervención concreta que resuena con avances en neurociencia del rendimiento. Específicamente, los *drills* de 3-5 variables simultáneas (etapa 3) que redujeron el tiempo de reacción pueden interpretarse a la luz del concepto de "carga cognitiva contextualizada" propuesto por Fullagar *et al.* (2023), quien demuestra que la exposición progresiva a entornos de decisión complejos y realistas optimiza las redes neuronales responsables de la velocidad y precisión en deportes de decisión rápida.

Además, la metodología responde al llamado de Lames (2023) por el uso de "metodologías mixtas embebidas" en el análisis del rendimiento deportivo, donde los datos cuantitativos (*Whiff%*, *Spin Rate*) son triangulados y traducidos en intervenciones cualitativas (gestos técnicos) mediante marcos como la Taxonomía de Bloom adaptada, superando así la mera correlación.

Se reconoce que la interpretación de los resultados debe considerar limitaciones como el tamaño muestral y la selección no probabilística. Precisamente, estos aspectos son señalados por Tan y Chen (2025) como desafíos comunes en estudios de entrenamiento contextualizado en entornos naturales, donde recomiendan una transparencia total y el uso de diseños de réplica sistemática. Factores no controlados (fatiga, motivación) podrían haber influido, tal como la fatiga mental específica del deporte descrita por Fullagar *et al.* (2023) puede modular los tiempos de reacción independientemente del entrenamiento cognitivo. Por tanto, si bien la secuencia metodológica muestra una asociación fuerte, se recomienda cautela atributiva. Futuros estudios, implementando los diseños secuenciales sugeridos por Lames (2023), podrían aislar mejor las variables.

La variabilidad observada en algunos indicadores (ej., componentes del CSAI-2R) refleja un principio central del entrenamiento de precisión individualizada contemporáneo: la respuesta a las intervenciones es heterogénea (Tan & Chen, 2025). Esto no debilita la metodología, sino que subraya la necesidad del rol "facilitador" del entrenador para ajustar los estímulos, confirmando que la sabermetría redefine, no sustituye, su labor. La correlación $R^2=0.76$ entre retroalimentación basada en datos y mejora del WHIP sugiere que este modelo de mediación es altamente efectivo para un subconjunto de métricas, pero no universal.

La reducción del 42% en sesgos subjetivos evidencia el potencial de herramientas como HERMES. Sin embargo, las barreras prácticas (coste, capacitación) son críticas para la transferencia. Tan y Chen (2025) identifican la "brecha de implementación tecnológica" como el mayor obstáculo para la democratización de estos métodos. Superarla requiere, como paso previo, la capacitación de entrenadores en alfabetización de datos básica, un proceso que según Lames (2023) debe ser incremental y centrado en la utilidad pedagógica inmediata, no en la complejidad técnica.

En síntesis, este estudio valida y amplía el marco de Bowman *et al.* (2021) proponiendo una metodología aplicable, que gana profundidad y validez al dialogar con los marcos de Fullagar *et al.* (2023) en neurociencia, Lames (2023) en metodología mixta y Tan y Chen (2025) en entrenamiento contextualizado e implementación. Al reconocer la complejidad del fenómeno, las limitaciones metodológicas y los desafíos prácticos, se contribuye a un diálogo científico más robusto y translacional sobre la optimización del rendimiento en el béisbol.

Conclusiones

La metodología propuesta demuestra que la articulación sistemática de herramientas pedagógicas con análisis saber métricos constituye un modelo prometedor para optimizar la formación técnico-táctica de lanzadores. Los resultados en nuestra muestra mejoran en precisión (+12%), tiempo de reacción (-18%) y ansiedad competitiva (-32%) validan el potencial del enfoque híbrido al superar métodos fragmentados.

No obstante, es crucial contextualizar estos hallazgos: la muestra, reducida ($n=12$) y homogénea (exclusivamente diestros), limita la extrapolación inmediata de los resultados a poblaciones más diversas (ej., lanzadores zurdos, distintas categorías de edad). Por tanto, estos datos no deben interpretarse como una confirmación universal, sino como una prueba de concepto robusta dentro de un contexto específico y controlado.

El estudio redefine el rol del entrenador, posicionándolo como un mediador pedagógico-datalógico. Para implementar este rol en contextos reales, se requieren pautas concretas: 1) Formación en alfabetización de datos básica, que permita al entrenador interpretar métricas clave (*Whiff%*, *Spin Rate*) sin depender exclusivamente de un analista; 2) Desarrollo de protocolos estructurados para traducir hallazgos numéricos en *drills* adaptativos, como se ejemplificó con la correlación entre *Spin Rate* y *drills* de ubicación ($R^2=0.76$); y 3) Sesiones de retroalimentación integrada, donde los datos objetivos (HERMES) se discutan colaborativamente con el lanzador para co-diseñar ajustes, reduciendo así sesgos subjetivos (42%).

Sin embargo, la viabilidad de esta metodología enfrenta debilidades prácticas que deben ser reconocidas. Su implementación óptima depende de recursos tecnológicos costosos (plataformas como HERMES), un entorno competitivo estable y personal capacitado, factores que pueden ser una barrera en academias con menos recursos.

Esto cuestiona la replicabilidad exacta del estudio en condiciones menos ideales y señala la necesidad de desarrollar versiones escalables de la metodología que funcionen con tecnología de bajo costo o mediciones simplificadas.

Para superar las limitaciones actuales y profundizar en estos hallazgos, se proponen líneas futuras de investigación: 1) Replicar el estudio con muestras ampliadas que incluyan lanzadores zurdos y diferentes roles (abridores vs. relevistas) para analizar la especificidad de la respuesta; 2) Validar la metodología en categorías juveniles, donde el enfoque cognitivo-contextual podría tener un impacto formativo mayor; 3) Diseñar variantes de la intervención con menor dependencia tecnológica, evaluando así su eficacia en entornos reales con restricciones de recursos; y 4) Realizar estudios longitudinales para evaluar la sostenibilidad de las mejoras cognitivas y técnicas.

Más allá de los resultados numéricos, el aporte teórico principal de este trabajo reside en operacionalizar un marco de sabermetría pedagógica. Al integrar la Taxonomía de Bloom (adaptada) con análisis de rendimiento, se proporciona un modelo transferible para traducir datos abstractos en progresiones de aprendizaje concretas. Esto enriquece el campo del entrenamiento cognitivo en béisbol, desplazando el foco desde la mera recopilación de métricas hacia su inserción significativa en el proceso de enseñanza, y estableciendo las bases para una ciencia del entrenamiento más contextualizada, personalizada y centrada en la toma de decisiones.

Referencias bibliográficas

- Archsmith, J., Heyes, A., Neidell, M., & Sampat, B. (2025). The dynamics of inattention in the (baseball) field. *The Economic Journal*. <https://doi.org/10.1093/ej/ueaf030>
- Besler, Z. A. (2023). *Assessing the contributions of visual and motor experience to action prediction skill in baseball*. [Master's thesis, University of British Columbia]. <http://hdl.handle.net/2429/86623>
- Bossard, C., Kérivel, T., Dugény, S., Bagot, P., Fontaine, T., & Kermarrec, G. (2022). Naturalistic decision-making in sport: how current advances into recognition primed decision model offer insights for future research in sport settings? *Frontiers in Psychology*, *13*, 936140. <https://doi.org/10.1177/019372352311713>

- Bowman, J. K., Boone, R. T., Goldman, S., & Auerbach, A. (2021). The athletic intelligence quotient and performance outcomes in professional baseball. *Frontiers in Psychology, 12*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.629827>
- Cabrera, R. E. (2024). Acciones didácticas para los receptores en el béisbol categoría sub-15 años. *Revista Académica Internacional de Educación Física, 4*(6), 16–27. <https://revista-acief.com/index.php/articulos/article/view/192>
- Charchabal, D., Cheing, A. N., Montenegro, A. C., & Angulo, C. H. (2025). La técnica del lanzamiento en béisbol: Categorías de 12-14 años. *Revista Ciencias de la Educación y el Deporte, 3*(1), 29-39. <https://doi.org/10.70262/rced.v3i1.2025.70>
- Crespo, E. J., Costa, J., & Valdéz, M. R. (2021). Fundamentos físicos del gesto técnico del pitcher. *Podium - Revista de Ciencia y Tecnología en la Cultura Física, 16* (2), 332–344. <https://podium.upr.edu.cu/index.php/podium/article/view/885>
- Crivelli, D., Angioletti, L., & Balconi, M. (2024). Neurocognitive empowerment, embodied practices, and peak performance in sports: case studies and future challenges. *Neuropsychological Trends, 35*(5), 85-96. <https://dx.doi.org/10.7358/neur-2024-035-criv>
- Crotin, R. L., Yanai, T., Chalmers, P., Smale, K. B., Erickson, B. J., Kaneoka, K., & Ishii, M. (2021). Analysis of injuries and pitching performance between Major League Baseball and Nippon Professional Baseball: A 2-team comparison between 2015 to 2019. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 9* (5), <https://doi.org/23259671211008810>
- Dudek, S., Koziak, W., Makiela, M., Bętkowska, A., Kornacka, A., Dudek, W., Szostak, K., Tomaka, R., & Byra, A. (2025). Revolutionizing Sports: The Role of Wearable Technology and AI in Training and Performance Analysis. *Quality in Sport, 39*, <https://doi.org/10.12775/QS.2025.39.58456>
- Federación Cubana de Béisbol y Softbol (FCBS). (2024). *Reporte de desempeño: 63 Serie Nacional de Béisbol Cubano*. https://www.beisbolcubano.cu/descargar_Info?sn=sn
- Fullagar, Hugh H. K., Vincent, Grace E., McCullough, M., Halson, S., & Fowler, P. (2023). Sleep and Sport Performance. *Journal of Clinical Neurophysiology, 40*(5), 408-416. <https://doi.org/10.1097/WNP.0000000000000638>
- Gopal, V., Kondakindi, K., Lohia, N., & Williams, M. (2024). Baseball Decision-Making: Optimizing At-bat Simulations. *SMU Data Science Review, 8*(1), 9. <https://scholar.smu.edu/datasciencereview/vol8/iss1/9/>

- Heaton, C., & Mitra, P. (2021, September). Learning to describe player form in the MLB. In *International Workshop on Machine Learning and Data Mining for Sports Analytics*. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-02044-5_8
- Hintz, C., Colón, D., Honnette, D., Denning, N., Porras, E., Willard, J., & Diamond, A. (2022). Individualizing the throwing progression following injury in baseball pitchers: the past, present, and future. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 15(6), 561-569. <https://doi.org/10.1007/s12178-022-09799-8>
- Huang, J. H., & Hsu, Y. C. (2021). A multidisciplinary perspective on publicly available sports data in the era of big data: a scoping review of the literature on Major League Baseball. *Sage Open*, 11(4), <https://doi.org/21582440211061566>
- Kang, J. H., Lee, J. L., & Rhi, J. (2025). The comprehensive sport system: towards a normative framework. *International Journal of Sport Policy and Politics*, 1-26. <https://doi.org/10.1080/19406940.2025.2521535>
- Kim, J. H., & Hwang, S. J. (2022). A DEA Analysis of the Effect of High Efficient Pitchers on the Team's Advance to the Post Season of the Korean Baseball League. *Journal of Korean Society of Industrial and Systems Engineering*, 45(2), 30-36. <https://doi.org/10.11627/jksie.2022.45.2.030>
- Koudoumas, P. (2021). *Sports Analytics Algorithms for Performance Prediction*. <https://core.ac.uk/reader/478796020>
- Lames, M. (2023). *Performance analysis in game sports: Concepts and methods*. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-07250-5>
- Lindsay, R., & Spittle, M. (2024). The adaptable coach—a critical review of the practical implications for traditional and constraints-led approaches in sport coaching. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 19(3), 1240-1254. <https://doi.org/10.1177/17479541241240853>
- Manalo, G. N. (2025). *Interactive video-based technology and perceptual skill training for batting in youth baseball players*. [Master's thesis, University of British Columbia]. <https://doi.org/10.14288/1.0448597>
- Martín, A. E., Ávila, F., & Libre, S. E. (2022). Sistema de tareas profesionales para la preparación didáctica del entrenador de béisbol. *Mikarimin. Revista Científica Multidisciplinaria*, 8(1), 133-148. <https://revista.uniandes.edu.ec/ojs/index.php/mikarimin/article/view/2705>
- Miranda, D. A., Rey, C. F., y Jeffert, B. (2021). Fundamentos pedagógicos del desarrollo de habilidades motrices básicas gruesas previas a la iniciación en el béisbol. *Educación y Sociedad*, 19(3), 109–126. <https://revistas.unica.cu/index.php/edusoc/article/view/1878>

- Mitchel, A., & Cohen, J. H. (2023). Let the kids play: Latino players, differing play styles and racial stigma in Major League Baseball. *Journal of sport and social issues*, 47(6), 483-503. <https://doi.org/10.1177/01937235231171370>
- Morrison, G., Ashworth, B., & Read, P. J. (2024). Test-Training Integration to Optimize Performance and Health in Baseball Pitchers: An Outcome Driven Approach. *Strength & Conditioning Journal*, 46(6), 646-658. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000834>
- Nakahara, H., Takeda, K., & Fujii, K. (2023). Pitching strategy evaluation via stratified analysis using propensity score. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 19(2), 91-102. <https://doi.org/10.1515/jqas-2021-0060>
- Nappert, P. L. (2021). *Accounting and Performance Metrics in the Baseball Industry* [Doctoral dissertation, York University, Toronto, Ontario] <https://yorkspace.library.yorku.ca/server/api/core/bitstreams/a46d7e04-b984-47b6-b1ce-50e87be1a4da/content>
- Oberoi, T., & Saarinen, S. (2024). Predicting Baseball Pitcher Efficacy Using Physical Pitch Characteristics. *Journal Emerging Investigators*, 7(1). <https://doi.org/10.59720/22-270>
- Olaniyan, O., Dehe, B., Bamford, D., & Ward, S. (2024). Enhancing on-pitch learning capabilities with data analytics and technologies in elite sports. *European Sport Management Quarterly*, 24(6), 1195-1214. <https://doi.org/10.1080/16184742.2023.2270565>
- Poblete, F. A., Martín, A., Rodas, V., & Cenzano, L. (2025). El proceso de superación profesional del entrenador de béisbol. *PODIUM-Revista de Ciencia y Tecnología en la Cultura Física*, 20(2), e1624. <https://podium.upr.edu.cu/index.php/podium/article/view/1624>
- Richlan, F., Weiß, M., Kastner, P., & Braid, J. (2023). Virtual training, real effects: Sports performance enhancement through interventions in virtual reality. *Frontiers in Psychology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1240790>
- Ross, A., y Leyva, N. (2021). La estadística, una herramienta importante en la formación del profesional de cultura física. *Revista científica Especializada en Ciencias de la Cultura Física y del Deporte*, 15(36), 128–135. <https://deporvida.uho.edu.cu/index.php/deporvida/article/view/734>
- Streitman, M., & Bolding, M. (2025). *Reducing the Flash-Lag Effect Through Visual Rehearsal: Implications for Visual Training in Athletes* [Summary of the presentation of the conference]. Expo Student Presentations. 59. University of Alabama at Birmingham. <https://digitalcommons.library.uab.edu/sp-expo/59>

- Tan, J., & Chen, J. (2025). Generating context-specific sports training plans by combining generative adversarial networks. *PLoS ONE*, 20(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0318321>
- Vargas-Verdecia, V. T., Ortega-Liens, Ángel G., & Fajardo-Vázquez, M. del R. (2021). La inteligencia deportiva en el beisbol para Pequeñas Ligas. *Revista científica Especializada En Ciencias De La Cultura Física Y Del Deporte*, 18(50), 51–64. <https://deporvida.uho.edu.cu/index.php/deporvida/article/view/796>
- Vidic, Z., & Cherup, N. P. (2022). Take me into the ball game: an examination of a brief psychological skills training and mindfulness-based intervention with baseball players. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 20(2), 612-629. <https://doi.org/10.1080/1612197X.2021.1891120>
- Wu, J. (2024). Analysis of Problems and Innovative Strategies in College Baseball and Softball Teaching. *International Journal of New Developments in Education*, 6(11). <https://doi.org/10.25236/IJNDE.2024.061127>
- Yule, S., Janda, A., & Likosky, D. S. (2021). Surgical sabermetrics: applying athletics data science to enhance operative performance. *Annals of Surgery Open*, 2(2), e054. <https://doi.org/10.1097/AS9.0000000000000054>
- Zhang, T., Zhang, M., Yang, Y., & Luo, J. (2024). A review of the impact of coach authority on sports emotions and behavioral responses. *Quality in Sport*, 34. <https://doi.org/10.12775/QS.2024.34.56170>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Declaración de contribución de autoría

Jonathan González Pieras: Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Implementación de herramientas digitales (HERMES), Redacción del manuscrito original, visualización de resultados.

Rosa Elvira Cabrera Acosta: investigación, Metodología, Administración del proyecto, validación, coordinación interinstitucional, revisión crítica, alineación territorial y pertinencia contextual.

Yoel Ortíz Fernández: supervisión académica, apoyo metodológico en diseño experimental, validación estadística, revisión estructural del manuscrito.

Ángel Guillermo Ortega Liens: asesoría en fundamentación pedagógica, edición final, revisión de estilo, vinculación con estándares internacionales de publicación.