


<https://doi.org/10.37260/rctd.v12i23.71>


ISSN 2411-8044 / e-ISSN 2413-7057

<https://revistas.ujcm.edu.pe>

Volumen 12 | No. 23

enero-abril 2026

Páginas 19 - 33

Artículo recibido 6 de noviembre 2025 | Aceptado 30 de diciembre 2025 | Publicado 29 de enero 2026

Análisis biomecánico como herramienta pedagógica para mejorar la técnica del Bandal Chagui en Taekwondoines universitarios

Biomechanical analysis as a pedagogical tool to improve the Bandal Chagui technique in university Taekwondo athletes

Análise biomecânica como ferramenta pedagógica para melhorar a técnica do Bandal Chagui em taekwondistas universitários

Camilo Fernando Leon Reyes 
camiloleonreyes@gmail.com
Fundacion de Accion Social INTEGRA2.
Guayaquil, Ecuador

Melchor César León 
melchorleon60@gmail.com
Ministerio de Educación, Dirección Distrital
07D02. Machala, Ecuador

Daniel Hamilton Manzo Véliz 
danielmanzo1981@gmail.com
Universidad Estatal de Milagro. Milagro,
Ecuador

Borys Bismark Leon Reyes 
borysleonreyes@gmail.com
Universidad Estatal de Milagro. Milagro,
Ecuador

RESUMEN

El taekwondo en el contexto universitario demanda estrategias pedagógicas innovadoras que optimicen la adquisición de habilidades técnicas complejas mediante herramientas tecnológicas accesibles. Debido a esto, la investigación tuvo como objetivo analizar la contribución del análisis biomecánico como herramienta pedagógica para optimizar la ejecución técnica del bandal chagui en taekwondoines universitarios de Ecuador. Se desarrolló un estudio cuasi-experimental y mediciones pretest-postest, con una muestra de 68 estudiantes universitarios distribuidos en grupo experimental (n=34) y grupo control (n=34), quienes fueron evaluados mediante el test de salto vertical con contramovimiento, el test de flexibilidad Sit and Reach y tiempo de reacción visual. El grupo experimental recibió una intervención de 12 semanas basada en análisis biomecánico asistido por video con el software Kinovea y el grupo control continuó con entrenamiento convencional. Los resultados mostraron que el grupo experimental mejoró de manera significativa en la potencia de salto al aumentar de 34.8 cm a 39.6 cm ($p<.001$; $d=0.66$), en la flexibilidad se incrementó de 24.6 cm a 29.8 cm ($p<.001$; $d=0.73$), y el tiempo de reacción disminuyó de 312.4 ms a 284.6 ms ($p<.001$; $d=0.69$). En contraste, el grupo control no presentó cambios significativos en ninguna variable. La comparación intergrupar final evidenció diferencias relevantes con tamaños de efecto moderados a altos, lo que confirma la eficacia de la intervención pedagógica. Se concluye que el análisis biomecánico asistido por video constituye una herramienta pedagógica efectiva para mejorar las capacidades funcionales y la ejecución técnica del bandal chagui en taekwondoines universitarios ecuatorianos.

Palabras clave: Análisis biomecánico; Artes marciales; Educación física; Enseñanza superior; Rendimiento deportivo.

ABSTRACT

Taekwondo in the university context demands innovative pedagogical strategies that optimize the acquisition of complex technical skills through accessible technological tools. Therefore, this research aimed to analyze the contribution of biomechanical analysis as a pedagogical tool to optimize the technical execution of the bandal chagui in university taekwondo students in Ecuador. A quasi-experimental study with pretest-posttest measurements was conducted with a sample of 68 university students divided into an experimental group ($n=34$) and a control group ($n=34$). Participants were evaluated using the countermovement vertical jump test, the Sit and Reach flexibility test, and visual reaction time. The experimental group received a 12-week intervention based on video-assisted biomechanical analysis using Kinovea software, while the control group continued with conventional training. The results showed that the experimental group significantly improved in jump power, increasing from 34.8 cm to 39.6 cm ($p<.001$; $d=0.66$), flexibility, which increased from 24.6 cm to 29.8 cm ($p<.001$; $d=0.73$), and reaction time, which decreased from 312.4 ms to 284.6 ms ($p<.001$; $d=0.69$). In contrast, the control group showed no significant changes in any variable. The final intergroup comparison revealed relevant differences with moderate to large effect sizes, confirming the effectiveness of the pedagogical intervention. It is concluded that video-assisted biomechanical analysis is an effective pedagogical tool for improving the functional abilities and technical execution of the bandal chagui in Ecuadorian university taekwondo students.

Keywords: Biomechanical analysis; Martial arts; Physical education; Higher education; Sports performance.

RESUMO

O taekwondo no contexto universitário exige estratégias pedagógicas inovadoras que otimizem a aquisição de habilidades técnicas complexas por meio de ferramentas tecnológicas acessíveis. Portanto, esta pesquisa teve como objetivo analisar a contribuição da análise biomecânica como ferramenta pedagógica para otimizar a execução técnica do bandal chagui em estudantes universitários de taekwondo no Equador. Um estudo quase-experimental com medidas pré e pós-teste foi conduzido com uma amostra de 68 estudantes universitários divididos em um grupo experimental ($n=34$) e um grupo controle ($n=34$). Os participantes foram avaliados utilizando o teste de salto vertical com contramovimento, o teste de flexibilidade de sentar e alcançar e o tempo de reação visual. O grupo experimental recebeu uma intervenção de 12 semanas baseada em análise biomecânica assistida por vídeo utilizando o software Kinovea, enquanto o grupo controle continuou com o treinamento convencional. Os resultados mostraram que o grupo experimental apresentou melhora significativa na potência de salto, aumentando de 34,8 cm para 39,6 cm ($p<.001$; $d=0,66$), na flexibilidade, que aumentou de 24,6 cm para 29,8 cm ($p<.001$; $d=0,73$), e no tempo de reação, que diminuiu de 312,4 ms para 284,6 ms ($p<.001$; $d=0,69$). Em contrapartida, o grupo controle não apresentou alterações significativas em nenhuma das variáveis. A comparação final entre os grupos revelou diferenças relevantes com tamanhos de efeito de moderados a grandes, confirmando a eficácia da intervenção pedagógica. Conclui-se que a análise biomecânica assistida por vídeo é uma ferramenta pedagógica eficaz para aprimorar as habilidades funcionais e a execução técnica do bandal chagui em estudantes universitários equatorianos de taekwondo.

Palavras-chave: Análise biomecânica; Artes marciais; Educação física; Ensino superior; Desempenho esportivo

INTRODUCCIÓN

El Taekwondo ha adquirido un lugar importante en la educación universitaria gracias a su capacidad para fomentar el desarrollo físico, la disciplina y el bienestar completo de los estudiantes. Desde la perspectiva de Mathunjwa et al. (2025), la práctica organizada de artes marciales en el ámbito académico aumenta la motivación y la constancia en la actividad física, además de mejorar el rendimiento académico. Esto convierte a estas disciplinas en herramientas pedagógicas valiosas

dentro de los programas de educación física superior. Además, considera Yu (2024), que la incorporación del concepto de “deportes al sol” en la práctica del Taekwondo lo hace un medio para promover la salud física, la cohesión social y la participación estudiantil en actividades deportivas. En contextos latinoamericanos, Hsu et al. (2025) confirmaron efectos positivos en el compromiso y la salud de los universitarios que lo practican junto al Kung-Fu.

Desde una perspectiva técnico, el rendimiento en Taekwondo se basa en gran medida en la ejecución precisa de sus movimientos

fundamentales. Entre ellos, el bandal chagui, dollyo chagi o patada circular como también se le conoce, se destaca por su frecuencia y su valor táctico en la competencia. Su mecánica, que es bastante compleja desde el punto de vista cinético, requiere una coordinación intermuscular muy fina y una secuenciación precisa para maximizar la potencia y la velocidad de la incidencia final. Investigaciones previas han descompuesto esta técnica con el uso de modelos biomecánicos que analizan patrones articulares, secuencias de activación muscular y parámetros de fuerza (Amado et al., 2021). Ampliaron este conocimiento Sousa et al. (2024) al establecer indicadores de rendimiento motor que se pueden cuantificar, como la velocidad angular del segmento distal y la sincronía entre segmentos. Además, Akbar et al. (2023) confirmaron la influencia determinante de la potencia explosiva y la flexibilidad en la efectividad de la patada, variables que explican una parte significativa de su ejecución óptima.

Por otro lado, la evidencia científica ha demostrado que hay una conexión entre ciertas habilidades físicas y la efectividad de las patadas. En este contexto, se destaca la importancia de la potencia en las piernas, la flexibilidad y las estrategias neuromusculares. Muhammad et al. (2024) mostraron que, a través de entrenamientos pliométricos y saltos alternos, mejorar estas cualidades puede influir en el rendimiento, como la velocidad y la altura del golpe, lo que respalda la idea de que un entrenamiento específico potencia la técnica. Esta relación se confirma en estudios correlacionales, donde Rasyid et al. (2025) encontraron vínculos sólidos entre la potencia de las

piernas y la habilidad para ejecutar el dollyo chagi en diferentes niveles de competencia. Además de la fuerza muscular, Barramuño et al. (2025) identificaron, mediante análisis electromiográficos comparativos, patrones de coactivación muscular distintos entre atletas principiantes y avanzados, lo que indica que existen adaptaciones neuromusculares que mejoran la eficiencia del gesto técnico en su repetición.

En consecuencia, la incorporación de tecnologías avanzadas y metodologías de análisis biomecánico ha transformado la evaluación y optimización de las técnicas de patada en Taekwondo. Yao (2023) identificó que el empleo de sistemas como captura de movimiento, plataformas de fuerza, sensores inerciales y electromiografía posibilita una descomposición detallada del gesto en parámetros cinemáticos y cinéticos objetivos, lo que establece una base cuantitativa para una retroalimentación precisa. Ateş y Aybüke Yılmaz (2025) por su parte, sintetizaron la evolución metodológica en este campo e insistieron en el valor de los enfoques multidimensionales, pues persiguen la mejora del rendimiento y reduce el riesgo de lesión. Esta perspectiva se refuerza con los hallazgos de Monterrosa et al. (2025), quienes documentaron la incidencia positiva y medible del análisis biomecánico aplicado en el rendimiento competitivo de atletas, que valida la eficacia de las intervenciones basadas en datos empíricos.

De igual forma, la retroalimentación visual mediante análisis de vídeo constituye una estrategia pedagógica para facilitar el aprendizaje motor en contextos deportivos. Pearson et al. (2025) sostienen que la presentación de imágenes junto a

métricas de rendimiento permite a los deportistas identificar discrepancias técnicas, contrastar su ejecución con un modelo ideal y, junto al instructor, diseñar correcciones específicas. Liu (2025), por su parte, sistematiza los protocolos de implementación, los requisitos tecnológicos mínimos y los efectos documentados de esta herramienta en la adquisición de habilidades, lo que denota su capacidad para operacionalizar y transferir los hallazgos biomecánicos a la práctica concreta. Estos fundamentos sustentan la incorporación del análisis biomecánico como un recurso didáctico en la enseñanza.

Cabe destacar que, en el ámbito universitario de Ecuador, existe una brecha entre la disponibilidad de recursos técnicos y la aplicación del análisis biomecánico como herramienta pedagógica para la enseñanza de patadas. Esta situación se presenta en instituciones con programas deportivos que tienen instructores capacitados, pero sin protocolos estandarizados para incorporar datos biomecánicos en la planificación educativa. Las razones detrás de esto pueden ser limitaciones en el equipamiento, falta de formación en análisis de movimiento y de estudios locales que respalden la efectividad pedagógica de estas intervenciones. Lo ideal sería contar con un modelo replicable que combine evaluación funcional, retroalimentación objetiva y seguimiento a largo plazo. En este contexto, se plantean las siguientes preguntas de investigación: ¿qué aportes ofrece el análisis biomecánico como herramienta pedagógica para mejorar la ejecución técnica del bandal chagui en los taekwondoinos universitarios de Ecuador? ¿Qué cambios

funcionales y técnicos se producen tras una intervención basada en este enfoque?

Un estudio que aborde estas preguntas podría enriquecer el conocimiento sobre la biomecánica y su aplicación práctica en el ámbito educativo local. Además, ofrecería un marco metodológico que se podría replicar en programas de formación deportiva en universidades, así como evidencia concreta sobre la efectividad de la retroalimentación basada en análisis biomecánico. Esta investigación también permitiría medir los cambios en el perfil funcional de los deportistas, estimar la magnitud de esos cambios y ofrecer recomendaciones específicas para entrenadores y coordinadores de programas. Por lo tanto, el objetivo de la investigación fue analizar la contribución del análisis biomecánico como herramienta pedagógica para optimizar la ejecución técnica del bandal chagui en taekwondoinos universitarios de Ecuador.

METODOLOGÍA

Este estudio adoptó un diseño cuasi-experimental con grupo control no equivalente y mediciones pretest-posttest, con el propósito de evaluar la efectividad del análisis biomecánico como herramienta pedagógica para optimizar la ejecución técnica del Bandal Chagui en taekwondoinos universitarios. La investigación adoptó un enfoque cuantitativo de alcance explicativo, complementado con un componente cualitativo de apoyo pedagógico, lo que configuró un diseño mixto secuencial explicativo. La intervención se implementó durante 12 semanas consecutivas, con una frecuencia de 3 sesiones semanales de 90 minutos cada una, las cuales se

incorporaron al programa regular de entrenamiento de Taekwondo en la Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), Ecuador.

La población objetivo estuvo constituida por estudiantes universitarios practicantes activos de Taekwondo en la UNEMI. Los criterios de inclusión establecieron que tuvieran edad entre 18 y 24 años, práctica continua mínima de seis meses, nivel técnico novato o intermedio (cintas blancas, amarillas, verdes o azules), asistencia regular a entrenamientos y ausencia de lesiones musculoesqueléticas en los tres meses previos. Los criterios de exclusión contemplaron al historial de cirugías en miembros inferiores, condiciones médicas que limitaran la actividad física intensa, participación simultánea en otros programas de entrenamiento y asistencia inferior al 80 % de las sesiones programadas. La muestra se conformó por 68 participantes (26 mujeres y 42 varones) con edad promedio de 20.2 ± 1.8 años, quienes fueron asignados de forma aleatoria simple a un grupo experimental ($n=34$) y a un grupo control ($n=34$), con distribución equilibrada según nivel técnico inicial.

El grupo experimental recibió una intervención pedagógica basada en análisis biomecánico asistido por video y el grupo control continuó con entrenamiento técnico convencional sin apoyo tecnológico. Las ejecuciones técnicas del Bandal Chagui en el grupo experimental fueron registradas mediante dos cámaras digitales de alta resolución (60 fps) posicionadas en planos sagital y frontal a tres metros de distancia del ejecutante. Los videos se analizaron con el software Kinovea versión 0.9.5, validado previamente en estudios biomecánicos del

Taekwondo, que permitió la medición de ángulos articulares (cadera, rodilla, tobillo), trayectorias del pie de ataque y tiempos de ejecución en cuatro fases del movimiento: preparación, ejecución, impacto y recuperación. Esta información sirvió como base para retroalimentación pedagógica individualizada inmediata, donde cada participante visualizó su ejecución y recibió orientaciones técnicas específicas basadas en los parámetros biomecánicos óptimos.

Las variables de respuesta funcional se evaluaron mediante tres instrumentos validados. La potencia del tren inferior se midió con el test de salto vertical con contramovimiento (CMJ) sobre plataforma de contacto Chronojump Boscosystem, lo que registró la altura máxima alcanzada en centímetros como promedio de tres intentos con dos minutos de recuperación entre cada uno. La flexibilidad de la cadena posterior se evaluó mediante el test Sit and Reach con cajón estandarizado, que registró la distancia máxima alcanzada en centímetros en tres intentos consecutivos. El tiempo de reacción visual se determinó mediante un dispositivo electrónico con estímulos LED de colores aleatorios, donde los participantes debían presionar un botón al detectar el estímulo luminoso; se registró el promedio de diez repeticiones en milisegundos. Todas las evaluaciones se realizaron en condiciones estandarizadas de temperatura, iluminación y horario, con evaluadores previamente entrenados y ciegos a la asignación grupal.

La recolección de datos se realizó en dos momentos: pretest (semana cero, previo a la intervención) y posttest (semana 13, posterior a la

intervención). Ambas evaluaciones se realizaron en el laboratorio de biomecánica de la UNEMI, con un protocolo estandarizado que contempló calentamiento previo de diez minutos, familiarización con los instrumentos y orden aleatorio de aplicación de las pruebas para minimizar efectos de fatiga. Los registros cualitativos del proceso pedagógico se obtuvieron mediante diarios de campo del investigador principal, donde se documentaron observaciones sobre la respuesta de los participantes a la retroalimentación biomecánica, dificultades técnicas identificadas y ajustes metodológicos realizados. Estos registros cualitativos se utilizaron como apoyo interpretativo del proceso de enseñanza-aprendizaje y para contextualizar los hallazgos cuantitativos, sin constituir una variable de análisis estadístico formal.

Todos los participantes fueron tratados conforme a los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki para investigación con seres humanos. El protocolo de investigación fue aprobado por el Comité de Ética Institucional, y todos los participantes firmaron un consentimiento informado previo a su inclusión en el estudio. Se garantizó la confidencialidad de los datos personales mediante codificación numérica, el derecho a retirarse del estudio en cualquier momento sin consecuencias académicas, y la información completa sobre los procedimientos, riesgos mínimos y beneficios potenciales de la investigación. Los participantes menores de edad (18 años) presentaron además el consentimiento informado de sus representantes legales. Durante todas las sesiones se contó con la presencia de

personal capacitado en primeros auxilios y se implementaron protocolos de seguridad para prevenir lesiones, como supervisión técnica constante, progresión gradual de la intensidad y períodos adecuados de recuperación entre esfuerzos máximos.

El análisis estadístico se realizó con el software SPSS versión 26.0, donde se estableció un nivel de significancia de $p < 0.05$ para todas las pruebas. Al inicio, se verificó el supuesto de normalidad de las distribuciones mediante la prueba de Shapiro-Wilk, donde se confirmó que los datos cumplían con los criterios para aplicar estadística paramétrica. Se calcularon estadísticos descriptivos (media, desviación estándar e intervalos de confianza al noventa y cinco por ciento) para caracterizar el rendimiento inicial y final de ambos grupos. Para evaluar los cambios intragrupo entre pretest y posttest se aplicaron pruebas *t* de Student para muestras relacionadas (pareadas), con hipótesis bilaterales que evaluaron diferencias significativas en cualquier dirección. La comparación intergrupar en el posttest se realizó mediante pruebas *t* de Student para muestras independientes, también con hipótesis bilaterales. Además, se calculó el tamaño del efecto mediante la *d* de Cohen para cuantificar la magnitud práctica de las diferencias observadas, con la interpretación de valores de 0.2, 0.5 y 0.8 como efectos pequeños, moderados y grandes respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se expone los resultados obtenidos en la investigación de acuerdo con la secuencia lógica del análisis de datos. Primero, se

describen las características basales de la muestra mediante los estadísticos descriptivos del pretest para ambos grupos. Luego, se presentan los efectos de la intervención a través de la comparación intragrupal de las mediciones pretest y posttest en cada grupo. También, se analizan las diferencias en el rendimiento final entre el grupo experimental y el grupo control en la evaluación posttest, en el que se incorpora la magnitud del efecto observada. De esta manera se realiza la evaluación de la contribución de la variable independiente sobre las variables dependientes del estudio.

En la evaluación inicial, los 68 participantes

en la distribución de estos datos, lo que validó el uso de pruebas paramétricas en las etapas siguientes del estudio. Estos resultados establecen un punto de partida común y significativo, lo cual implica que, evaluados fueron distribuidos de manera equitativa en el grupo experimental ($n = 34$) y el grupo control ($n = 34$). Como se detalla en la Tabla 1, los análisis descriptivos antes de la intervención mostraron que ambos grupos presentaron perfiles de rendimiento muy similares en las tres variables funcionales evaluadas (potencia del tren inferior medida mediante el CMJ, flexibilidad de la cadena posterior evaluada mediante el test Sit and Reach y tiempo de reacción visual medido en milisegundos).

Tabla 1. Estadísticos descriptivos en el pretest de las variables funcionales para los grupos experimental y control

Variable	Grupo Experimental (n=34)			Grupo Control (n=34)		
	Media	DE	IC 95 %	Media	DE	IC 95 %
CMJ (cm)	34.8	4.9	[33.1, 36.5]	35.1	5.2	[33.3, 36.9]
Sit and Reach (cm)	24.6	5.1	[22.9, 26.3]	25.0	4.8	[23.4, 26.6]
Reacción visual (ms)	312.4	28.6	[302.7, 322.1]	309.8	27.9	[300.4, 319.2]

Nota: CMJ = Countermovement Jump, DE = desviación estándar, IC = intervalo de confianza al 95 %, ms = milisegundos.

Como se muestra en la Tabla 1, los resultados del pretest indicaron una similitud inicial entre los grupos. En el salto CMJ, las medias y desviaciones estándar fueron prácticamente idénticas, con un solapamiento completo de los intervalos de confianza al 95 %. Esta misma tendencia de equivalencia descriptiva se observó en las variables de flexibilidad (Sit and Reach) y tiempo de reacción visual, donde las medias y dispersiones fueron muy similares entre grupos. Previo a los análisis inferenciales, se verificó el supuesto de normalidad

en su interpretación, cualquier cambio diferente en el rendimiento posterior puede atribuirse al efecto neto de la intervención experimental, lo que separa su incidencia de la variabilidad individual inicial y fortalece la validez interna del estudio.

Ante este escenario y tras la intervención de 12 semanas, se procedió a una nueva evaluación (posttest) para cuantificar su incidencia. La Tabla 2 resume los resultados de la comparación intragrupal pretest-posttest para ambos grupos, donde se presenta las medias, las diferencias observadas y su

significancia estadística mediante la prueba t de muestras relacionadas.

Tabla 2. Comparación intragrupal pretest–posttest en variables funcionales.

Grupo	Variable	Media Pre	Media Post	DE diferencia	t	gl	p
Experimental	CMJ (cm)	34.8	39.6	3.8	7.21	33	< .001
	Sit and Reach (cm)	24.6	29.8	4.2	6.89	33	< .001
	Reacción (ms)	312.4	284.6	21.5	6.17	33	< .001
Control	CMJ (cm)	35.1	35.8	4.6	1.02	33	.315
	Sit and Reach (cm)	25.0	25.6	4.4	0.88	33	.384
	Reacción (ms)	309.8	305.9	23.2	0.94	33	.352

Nota: gl = grados de libertad, p = nivel de significancia estadística.

Tal como se presenta en la Tabla 2, en el grupo experimental se registraron mejoras significativas ($p < .001$) en las tres variables. La potencia del tren inferior (CMJ) mostró un aumento de 34.8 cm a 39.6 cm, la flexibilidad (Sit and Reach) registró un incremento de 24.6 cm a 29.8 cm y el tiempo de reacción visual disminuyó de 312.4 ms a 284.6 ms, lo que evidencia una mayor velocidad de respuesta. La consistencia de estos cambios, respaldada por valores elevados del estadístico t ($t > 6.17$ en todos los casos) y por desviaciones estándar de las diferencias relativamente bajas ($DE = 3.8$ a 21.5), indica que la intervención pedagógica basada en el análisis biomecánico produjo mejoras parecidas y robustas en el perfil funcional de los participantes.

Por el contrario, en el grupo control no se hallaron cambios significativos ($p > .05$) en ninguna variable. Las medias posttest se mantuvieron casi invariables respecto a las basales, con incrementos mínimos en el CMJ de 35.1 cm a 35.8 cm; $p = .315$), en el Sit and Reach de 25.0 cm a 25.6 cm; $p = .384$)

y una reducción en el tiempo de reacción de 309.8 ms a 305.9 ms; $p = .352$). Estas ligeras fluctuaciones, acompañadas por valores no significativos del estadístico t ($t < 1.02$ en todos los casos) y por desviaciones estándar de las diferencias relativamente altas ($DE = 4.6$ a 23.2), se sitúan dentro del rango esperado de la variabilidad intraindividual normal. Esta estabilidad en el rendimiento confirma la ausencia de un efecto de maduración o de influencias externas relevantes durante el período de estudio, lo que refuerza el papel causal de la intervención aplicada al grupo experimental.

En vista de lo anterior, la Tabla 3 presenta la comparación intergrupala final (posttest) entre el grupo experimental y el control, donde se incluye el tamaño del efecto (d de Cohen) para cada variable funcional. Los resultados muestran que, tras la intervención, el grupo experimental obtuvo un rendimiento superior al del control en todas las variables evaluadas, con diferencias

estadísticamente significativas y tamaños del efecto que oscilan entre moderados y grandes.

Tabla 3. Comparación intergrupar posttest y tamaño del efecto.

Variable	Grupo Experimental (M ± DE)	Grupo Control (M ± DE)	t	gl	p	d de Cohen
CMJ (cm)	39.6 ± 5.1	36.2 ± 5.4	2.74	66	.008	0.66
Sit and Reach (cm)	29.8 ± 5.0	26.1 ± 4.7	3.01	66	.004	0.73
Reacción (ms)	284.6 ± 26.4	303.2 ± 28.1	-2.85	66	.006	0.69

Nota: d = tamaño del efecto de Cohen, valores positivos indican mayor rendimiento del grupo experimenta, ms = milisegundos.

Como se muestra en la Tabla 3, el análisis intergrupar posttest indicó diferencias estadísticamente significativas a favor del grupo experimental en todas las variables evaluadas. En el CMJ, el grupo experimental superó al control con un tamaño del efecto moderado ($d = 0.66$; $p = .008$). En la flexibilidad (Sit and Reach), la diferencia fue significativa con un efecto moderado-alto ($d = 0.73$; $p = .004$). Asimismo, el grupo experimental mostró un tiempo de reacción visual menor, con un tamaño del efecto moderado ($d = 0.69$; $p = .006$). La solidez de estos hallazgos se ve respaldada por los intervalos de confianza, que mostraron un solapamiento reducido entre los grupos.

Estos resultados confirman la eficacia específica de la intervención, pues las diferencias significativas y consistentes en el rendimiento posttest solo pueden atribuirse a la exposición del grupo experimental al programa pedagógico basado en análisis biomecánico. Además, los tamaños del efecto, que oscilan entre moderados y altos, trascienden la significancia estadística e indican que las mejoras son relevantes y de magnitud práctica

sustancial. Estos hallazgos validan la intervención como un medio efectivo para mejorar el rendimiento funcional y establecen un efecto diferenciador claro y relevante frente a un grupo control que mantuvo su nivel basal.

Discusión

Los resultados del estudio mostraron mejoras estadísticamente significativas en la potencia del tren inferior del grupo experimental, con un aumento en el CMJ de 34.8 cm a 39.6 cm ($p < .001$; $d = 0.66$). Esto representa un incremento de 4.8 cm después de la intervención pedagógica basada en el análisis biomecánico. En línea con esto, Chicaiza et al. (2022) encontraron en deportistas ecuatorianos que el análisis biomecánico de la patada furyo chagui ayudó a diferenciar los patrones de ejecución entre novatos y clasificados, aunque no evaluaron cambios en la potencia muscular como variable de respuesta. Asimismo, Mejia et al. (2024) documentaron asociaciones significativas entre la potencia en Squat Jump (SJ) y CMJ con la fuerza aplicada en las patadas bandal chagi y yeop chagi en taekwondoines colombianos, lo que confirma que la

capacidad de generar potencia explosiva es un factor biomecánico determinante para el rendimiento técnico. La coincidencia con estos estudios latinoamericanos denota la importancia del desarrollo de la potencia muscular en los programas de formación técnica del taekwondo universitario.

En el ámbito internacional, también se ha documentado la relación entre la potencia de los miembros inferiores y el rendimiento en patadas. Antonietto et al. (2024) encontraron que el CMJ y el SJ predicen el rendimiento cinemático en la patada bandal chagi posterior entre taekwondoines brasileños, donde establecieron correlaciones significativas entre la altura del salto y la velocidad angular de la cadera durante la ejecución técnica. Ojeda et al. (2025) por su parte, confirmaron que las variables cinéticas del CMJ sin carga se relacionan con la excelencia competitiva en taekwondo, lo que demuestra que los atletas de élite tienen valores de potencia explosiva superiores en comparación con los practicantes de nivel intermedio. Estos hallazgos apoyan la efectividad de las intervenciones que combinan análisis biomecánico con el desarrollo de capacidades condicionales, lo que valida el enfoque pedagógico utilizado en este estudio e indica que la retroalimentación visual sobre parámetros técnicos puede mejorar de manera simultánea la eficiencia biomecánica y las capacidades físicas subyacentes.

Por otra parte, la flexibilidad de la cadena posterior evaluada mediante el test Sit and Reach mostró un incremento significativo en el grupo experimental, de 24.6 cm a 29.8 cm ($p < .001$; $d = 0.73$), lo que representó una mejora de 5.2 cm que alcanzó un tamaño del efecto moderado-alto. Este

resultado contrasta con lo observado por Tenorio et al. (2025) en estudiantes universitarios ecuatorianos, quienes identificaron que la percepción de éxito influye en la motivación deportiva, aunque no evaluaron cambios en capacidades físicas específicas como la flexibilidad. Hye et al. (2025) analizaron el tiempo de vuelo según la amplitud del salto en la técnica de giro hacia atrás 540° en taekwondo, donde destacaron que la flexibilidad articular determina la amplitud de movimiento en técnicas acrobáticas complejas. La especificidad de estos estudios denota que la mejora en flexibilidad observada en la presente investigación puede atribuirse a la retroalimentación biomecánica que facilitó la conciencia corporal sobre rangos articulares óptimos durante la ejecución del bandal chagi.

Asimismo, investigaciones internacionales han documentado la importancia de la flexibilidad en el rendimiento técnico del taekwondo. Apollaro et al. (2024) reportaron que la composición corporal y el rendimiento de potencia muscular influyen en la frecuencia de velocidad de patadas en atletas italianos de taekwondo, aunque no evaluaron en específico la flexibilidad como variable predictora. Vagner et al. (2024) identificaron asociaciones entre la masa de segmentos corporales y el rendimiento en patadas frontales o CMJ en cadetes militares checos, lo que indica que características antropométricas y capacidades físicas interactúan en la determinación del rendimiento técnico. Estas evidencias reafirman que la flexibilidad constituye un componente importante del perfil funcional del taekwondoín, y que su desarrollo mediante intervenciones pedagógicas basadas en análisis

biomecánico puede traducirse en mejoras técnicas, en particular en la amplitud y altura de las patadas circulares.

Cabe destacar que el tiempo de reacción visual disminuyó de manera significativa en el grupo experimental, de 312.4 ms a 284.6 ms ($p<.001$; $d=0.69$), lo que reporta una reducción de 27.8 ms que indica mayor velocidad de respuesta neuromuscular. Este hallazgo contrasta con lo reportado por León et al. (2025) en estudiantes universitarios ecuatorianos, quienes identificaron diversos motivos para practicar actividad física, aunque no evaluaron cambios en capacidades perceptivo-motrices como el tiempo de reacción. Rubio y Leon (2024) documentaron que las actividades deportivas mejoran el aprendizaje en la materia de física en alumnos ecuatorianos, lo que refleja que la práctica deportiva estructurada puede influir en procesos cognitivos y perceptivos. La especificidad de estos estudios en el contexto ecuatoriano apunta hacia la necesidad de investigaciones que evalúen la incidencia de intervenciones pedagógicas sobre capacidades neurocognitivas del rendimiento deportivo, como el tiempo de reacción visual.

En consecuencia, la literatura internacional ha establecido relaciones entre estrategias neuromusculares y rendimiento técnico en taekwondo. Barramuño et al. (2025) identificaron diferencias en estrategias neuromusculares entre atletas novatos y avanzados durante patadas circulares consecutivas, lo que indica que la experiencia técnica modifica patrones de activación muscular y eficiencia neuromuscular. Jia et al. (2024) realizaron análisis de correlación entre

características biomecánicas de miembros inferiores durante la patada circular frontal y puntuaciones efectivas en protectores electrónicos, con lo que confirman que la precisión temporal y espacial de la ejecución técnica determina el éxito competitivo. Estos hallazgos denotan que la mejora en el tiempo de reacción observada en el presente estudio puede reflejar una optimización de los patrones neuromusculares facilitada por la retroalimentación biomecánica, que permitió a los participantes ajustar la sincronización temporal de sus movimientos con mayor precisión.

Es importante señalar que la comparación intergrupar en el posttest mostró diferencias significativas a favor del grupo experimental en todas las variables evaluadas, con tamaños del efecto entre moderados y grandes ($d=0.66$ a 0.73). León et al. (2024) analizaron la percepción de igualdad y discriminación en Educación Física en estudiantes de secundaria ecuatorianos, donde identificaron que el contexto pedagógico influye en la experiencia de aprendizaje, aunque no evaluaron intervenciones específicas basadas en tecnología. Galeano et al. (2024) documentaron asociaciones entre rendimiento académico, actividad física y estrés académico en alumnos ecuatorianos de educación secundaria obligatoria, donde confirmaron que la práctica deportiva estructurada influye de manera positiva en múltiples dimensiones del desarrollo estudiantil. Estos estudios en el contexto educativo ecuatoriano respaldan la relevancia de implementar estrategias pedagógicas innovadoras que contemplen tecnología accesible para optimizar procesos de

enseñanza-aprendizaje en educación física y deportes.

De igual forma, la evidencia internacional sobre retroalimentación tecnológica en deportes de combate ha mostrado resultados consistentes. Najafian y Rezaei (2023) compararon modelos biomecánicos para patadas circulares en estudiantes iraníes de taekwondo y wushu, en el que identificaron diferencias en parámetros cinemáticos entre disciplinas que reflejan la especificidad técnica de cada arte marcial. Yang y Wang (2025) por su parte, desarrollaron un sistema inteligente de entrenamiento de taekwondo basado en realidad aumentada con mecanismos de retroalimentación en tiempo real, en el que demostraron que la tecnología inmersiva mejora la adquisición de habilidades técnicas en practicantes chinos. La correspondencia entre estos estudios internacionales y los resultados del presente trabajo confirma que la retroalimentación basada en análisis biomecánico, independiente del nivel de sofisticación tecnológica, constituye una herramienta pedagógica efectiva para mejorar la ejecución técnica en taekwondo.

El presente estudio tiene limitaciones que deben considerarse en la interpretación de los resultados. La muestra se circunscribió a estudiantes universitarios de una única institución ecuatoriana, lo que limita la generalización de los hallazgos a otros contextos educativos o grupos etarios. El análisis biomecánico se realizó mediante video bidimensional con el software Kinovea, que, aunque validado, no proporciona la precisión de sistemas tridimensionales de captura de movimiento. No se evaluaron variables cinemáticas específicas del bandal chagui como velocidad angular, trayectoria

del pie o ángulos articulares en el momento del impacto, lo que habría enriquecido la comprensión de los mecanismos mediante los cuales la intervención mejoró el rendimiento técnico. Además, no se realizó seguimiento posterior para determinar la retención de las mejoras observadas tras finalizar la intervención pedagógica.

Futuras investigaciones deberían ampliar la muestra a múltiples instituciones educativas ecuatorianas y latinoamericanas para validar la replicabilidad de los hallazgos en diversos contextos socioeducativos. Resulta necesario incorporar análisis cinemáticos tridimensionales que permitan cuantificar con mayor precisión los cambios en parámetros técnicos específicos del bandal chagui, como velocidad lineal y angular, aceleración del pie de ataque y secuencia de activación segmentaria. Se recomienda incluir evaluaciones electromiográficas para caracterizar los patrones de activación muscular antes y después de la intervención, lo que permitiría comprender los mecanismos neuromusculares subyacentes a las mejoras técnicas. Asimismo, estudios longitudinales con seguimientos a tres, seis y doce meses permitirían determinar la permanencia de las adaptaciones técnicas y funcionales, así como identificar estrategias de mantenimiento óptimas para fortalecer los aprendizajes adquiridos.

CONCLUSIONES

El análisis biomecánico asistido por video demostró ser una herramienta pedagógica efectiva para mejorar la ejecución técnica del bandal chagui en taekwondoinos universitarios ecuatorianos. La intervención produjo mejoras estadísticamente

significativas en el grupo experimental en la potencia del tren inferior al aumentar de 34.8 cm a 39.6 cm en el CMJ ($p<.001$; $d=0.66$), en la flexibilidad de la cadena posterior con el increment de 24.6 cm a 29.8 cm en el test Sit and Reach ($p<.001$; $d=0.73$), y en el tiempo de reacción visual al disminuir de 312.4 ms a 284.6 ms ($p<.001$; $d=0.69$). El grupo control no registró cambios significativos en ninguna variable durante el mismo período, lo que confirma que las mejoras observadas se atribuyen a la intervención pedagógica basada en retroalimentación biomecánica. Los tamaños del efecto entre moderados y grandes validan la relevancia práctica de estos hallazgos en el contexto de la formación técnica universitaria en taekwondo.

Estos resultados indican que la integración de herramientas tecnológicas accesibles como el análisis de video en programas de enseñanza del taekwondo universitario optimiza el desarrollo de capacidades físicas y técnicas de forma simultánea. Se recomienda incorporar el análisis biomecánico en los programas de formación de entrenadores y docentes de educación física en Ecuador, con el uso de software libre o de bajo costo que democratice el acceso a estas metodologías. Las instituciones educativas deberían implementar protocolos de retroalimentación visual en la enseñanza de técnicas complejas de artes marciales, establecer laboratorios básicos de análisis de movimiento con equipamiento accesible, y promover la formación continua del personal docente en biomecánica aplicada. La evidencia obtenida ampara la viabilidad y efectividad de estrategias pedagógicas innovadoras que, sin requerir infraestructura costosa, transforman los procesos de enseñanza-

aprendizaje técnico en deportes de combate en el contexto universitario ecuatoriano.

REFERENCIAS

- Akbar, M., Ali, H. y Mahaputra, M. R. (2023). Contribution of Limb Muscle Explosive Power and Flexibility to Dollyo Chagi Kicking Ability in Taekwondo Athletes in Solok City. *Siber International Journal of Sport Education (SIJSE)*, 1(1), 1-9. <https://doi.org/10.38035/sijse.v1i1.17>
- Amado, L. J., Mateus Suárez, S. V., Rincón, D. F., Sierra Sánchez, F. A. y Torres, M. M. (2021). Biomechanical modeling of a taekwondo kick (Dollyo Chagui). 2021 IEEE 2nd International Congress of Biomedical Engineering and Bioengineering, 1-5. <https://doi.org/10.1109/CIBI54220.2021.9626092>
- Antonietto, D. Á., Roa, I., Ribeiro, N., Brito, C. J., Rezende Oliveira, C. L., Nóbrega, O. de T., Vieira, L. M., Miarka, B. y Aedo, E. (2024). Can the Countermovement Jump or Squat Jump predict the kinematic performance of the rear Bandal Chagi kick? *Retos*, 56, 597-606. <https://doi.org/10.47197/retos.v56.104129>
- Apollaro, G., Panasci, M., Ouergui, I., Falcó, C., Franchini, E., Ruggeri, P. y Faelli, E. (2024). Influence of Body Composition and Muscle Power Performance on Multiple Frequency Speed of Kick Test in Taekwondo Athletes. *Sports*, 12, 322. <https://doi.org/10.3390/sports12120322>
- Ateş, O. y Aybüke Yılmaz, E. (2025). Taekwondo kicks at the center of biomechanical research: Systematic review. *Kinesiology*, 57(2), 289-307. <https://doi.org/10.26582/k.57.2.13>
- Barramuño, M., Aravena, P., Valdés, P., Hernandez, J., Espinoza, T., Sandoval, C. y Gálvez, G. (2025). Neuromuscular Strategies in Novice and Advanced Taekwondo Athletes During Consecutive Roundhouse Kicks. *Applied Sciences*,

- 15, 8356.
<https://doi.org/10.3390/app15158356>
- Chicaiza, J. D., Vélez, J. E. y Coral, E. G. (2022). Análisis biomecánico de la patada furyo chagui de taekwondo en deportistas novatos y clasificados. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 27(287), 106-119.
<https://doi.org/10.46642/efd.v27i287.3391>
- Galeano, D., Cuadros, M., León, B. B., Castelo, M. A., Farías, C. y Valdivia, P. (2024). Association between Academic Performance, Physical Activity, and Academic Stress in Compulsory Secondary Education: An Analysis by Sex. *Children*, 11(10), 1161.
<https://doi.org/10.3390/children11101161>
- Hsu, C. C., Su, C. S., Su, K. I. y Su, C. L. (2025). Impacts of Taekwondo and Shaolin Kung-Fu on wellbeing, academic engagement, and health in Chilean university students. *Asian Education and Development Studies*, 14(4), 769-788.
<https://doi.org/10.1108/AEDS-03-2024-0062>
- Hye, C., Hong, K., Ji-Yong, P., Soo, C. y Jin, E. (2025). Comparación del tiempo de vuelo según la amplitud del salto en la técnica de giro hacia atrás 540° en Taekwondo: Técnica de giro hacia atrás en Taekwondo. *Revista Ecos de la Academia*, 11(21), e1228.
<https://doi.org/10.53358/ecosacademia.v11i21.1228>
- Jia, M., Ma, Y., Huang, R., Liu, L., Wang, Z., Lin, S., Peng, Q., Xiong, J. y Zheng, W. (2024). Correlation analysis between biomechanical characteristics of lower extremities during front roundhouse kick in Taekwondo and effective scores of electronic protectors. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 12.
<https://doi.org/10.3389/fbioe.2024.1364095>
- León, B., Arguello, L., Roque, Y., Cresp, M., Souza, J. y Galeano, D. A. (2025). Motivos para practicar actividad física en estudiantes universitarios ecuatorianos (Reasons to practice physical activity in ecuadorian university students). *Retos*, 62, 1-9.
<https://doi.org/10.47197/retos.v62.107708>
- León, B. B., Galeano, D., Agulló, A., Farias, C., del Val, P. y Valdivia, P. (2024). Perception of equality and discrimination in Physical Education in Secondary School students. *SPORT TK-EuroAmerican Journal of Sport Sciences*, 13, 39.
<https://doi.org/10.6018/spork.593161>
- Liu, S. (2025). Analysis of the Current Application of Video Feedback in Sports Teaching and Training. *Proceedings of the 2024 International Conference on Social Sciences and Educational Development (ICOSSED 2024)*, 596-604.
https://doi.org/10.2991/978-2-38476-382-5_58
- Mathunjwa, M. L., Shaw, I., Shaw, B. y Poee, O. J. (2025). Martial Arts and Physical Education in Higher Education: Fostering Discipline, Motivation, and Student Success. *African Perspectives of Research in Teaching and Learning*, 9(7), 1048-1062.
<https://doi.org/10.70875/v9i7article9>
- Mejia, N., Sanchez, A., Cohen, D. D., Restrepo, A. y Montoya, S. (2024). Asociación entre potencia en SJ, CMJ y la fuerza aplicada en las patadas Bandal Chagi y Yeop Chagi de Taekwondo. *Retos*, 55, 642-649.
<https://doi.org/10.47197/retos.v55.102997>
- Monterrosa, A., Montenegro, O. A. y Poblete, F. (2025). The impact of biomechanical analysis on sports performance of taekwondo athletes. *Retos*, 68, 991-1000.
<https://doi.org/10.47197/retos.v68.113185>
- Muhammad, R., Jud, J., Suhartiwi, S., Marsuna, M. y Nuharti, N. (2024). The effectiveness of

- alternate leg bounding training on kicking skills in taekwondo athletes. *Jurnal SPORTIF: Jurnal Penelitian Pembelajaran*, 10(3), 434-451. https://doi.org/10.29407/js_unpgri.v10i3.23639
- Najafian, M. y Rezaei, M. (2023). Comparison of Biomechanical Models for Roundhouse Kicking in Skilled Martial Arts Students of Taekwondo and Wushu (Sanda). *Journal of Sport Biomechanics*, 9(3), 220-232. <https://doi.org/10.61186/JSportBiomech.9.3.220>
- Ojeda, A., Lima, R., Báez, E., Azócar, J. y Dopico, X. (2025). Achieving Competitive Excellence in Taekwondo: The Relationship Between Unloaded Countermovement Jump Kinetic Variables and Sport-Specific Motor Tasks. *Biomechanics*, 5(3), 70. <https://doi.org/10.3390/biomechanics5030070>
- Pearson, A., Webb, T., Milligan, G. y Miller, M. (2025). The use of video feedback as a facet of performance analysis: An integrative review. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 18(1), 417-439. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2023.2235700>
- Rasyid, R., Armen, Q., Akbar, D., Kinanti, R. R. y Hadi, H. (2025). The Relationship Between Leg Muscle Power And Dollyo Chagi Kick Ability In Taekwondo Athletes of The Dekade Club of Bekasi City. *COMPETITOR: Jurnal Pendidikan Kepeatihan Olahraga*, 17(3), 3431-3436. <https://competitor.idjournal.eu/index.php/competitor/article/view/477>
- Rubio, A. D. y Leon, B. B. (2024). Actividades Deportivas para Mejorar el Aprendizaje en la Materia de Física. *Revista Científica de Salud y Desarrollo Humano*, 5(2), 398-409. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v5i2.139>
- Sousa, J. L., Gamonales, J. M., Louro, H., Hernandez, V. y Ibáñez, S. J. (2024). Motor performance indicators of the Dollyo-chagi Taekwondo kick. *Scientific Journal of Sport and Performance*, 4(1), 119-138. <https://doi.org/10.55860/SAXT2811>
- Tenorio, R. A., Olivo, J. E., Tamayo, L. R., César, M. y León, B. B. (2025). Percepción de éxito y su influencia en la motivación deportiva: Estudio en estudiantes universitarios de Ecuador. *Arrancada*, 25(50), 141-151. <https://revistarrancada.cujae.edu.cu/index.php/arrancada/article/view/735>
- Vagner, M., Malecek, J., Olah, V. y Stastny, P. (2024). Associations between Body Segment Mass and Punch, Front Kick, or Countermovement Jump Performance in Military Cadets. *Sports*, 12(8), 205. <https://doi.org/10.3390/sports12080205>
- Yang, F. y Wang, Z. (2025). An intelligent taekwondo coaching system based on augmented reality technology with real-time feedback mechanisms. *Scientific Reports*, 15(1), 40832. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-24608-1>
- Yao, Y. (2023). Application of Sports Biomechanics in the Technical Analysis of Taekwondo Kicking. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 29, e2022_0379. https://doi.org/10.1590/1517-8692202329012022_0379
- Yu, J. (2024). A Study on the Integration and Development of Sunshine Sports Concept and Taekwondo Teaching in Colleges and Universities. *Journal of Human Movement Science*, 5(1), 27-33. <https://doi.org/10.23977/jhms.2024.050105>