Ciencia y Educación
(L-ISSN: 2790-8402 E-ISSN: 2707-3378)
Vol. 7 No. 11
Noviembre del 2026

TAMIZAJE CARDIOVASCULAR PREPARTICIPATIVO EN FUTBOLISTAS JUVENILES COLOMBIANOS: LECTURA DEL ELECTROCARDIOGRAMA Y ADAPTACIONES AL ENTRENAMIENTO

PREPARTICIPATION CARDIOVASCULAR SCREENING IN COLOMBIAN YOUTH SOCCER PLAYERS: ELECTROCARDIOGRAM INTERPRETATION AND TRAINING ADAPTATIONS

Autores: [1]Carlos Enrique González Franco y [2]Jorge Pérez Sierra.
[1]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-2282-0044
[2]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-2282-0044
[1]E-mail de contacto: charlesjunior9@gmail.com
[2]E-mail de contacto: jorpesierra@hotmail.com
Afiliación: [1*2*]Universidad del Atlántico, (Colombia).
Artículo recibido: 5 de Octubre del 2026.
Artículo revisado: 27 de Noviembre del 2026.
Artículo aprobado: 27 de Noviembre del 2026.
[1]Médico, graduado de la Universidad Libre, (Colombia). Especialista en Acondicionamiento Físico para la Salud, Universidad Libre (Colombia). Médico del Área Médica del Barranquilla Fútbol Club y de las divisiones menores de Junior FC y Barranquilla FC. Docente del módulo de Evaluación Funcional de la especialización en Acondicionamiento Físico para la Salud, Universidad Libre (Colombia). Maestrante de la Maestría en Entrenamiento Deportivo, Universidad del Atlántico (Colombia).
[2]Médico Internista. Especialista en Medicina del Deporte y la Actividad Física. Especialista en Acondicionamiento Físico para la Salud. Docente universitario y coordinador de la Maestría en Entrenamiento Deportivo de la Universidad del Atlántico, (Colombia).

Resumen

El objetivo de este estudio fue analizar los hallazgos del tamizaje cardiovascular preparticipativo en futbolistas juveniles del Atlántico, Colombia, su variación según la forma de leer el electrocardiograma y su relación con el entrenamiento. Se realizó un estudio cuantitativo, observacional y transversal con 135 futbolistas varones de 14 a 20 años de dos clubes profesionales, evaluados con una historia clínica estructurada, un examen físico cardiovascular y un electrocardiograma de reposo de doce derivaciones, leído con los Criterios Internacionales para deportistas, por un cardiólogo y con la interpretación automática del equipo. La frecuencia cardíaca de reposo se comparó con valores de referencia de adolescentes de la misma edad. El examen físico fue normal en todos los deportistas y el 74,1% presentó al menos una adaptación electrocardiográfica al entrenamiento; la más frecuente fue la bradicardia sinusal (53,0%). La frecuencia cardíaca de reposo fue 13 latidos por minuto menor que la de adolescentes de la población general de la misma edad desde la categoría Sub-15. Con la edad disminuyó la frecuencia cardíaca y se alargó el intervalo PR, mientras que los demás parámetros se mantuvieron estables. Requirieron estudio adicional 2 deportistas según los Criterios Internacionales, 32 según el cardiólogo y 51 según la interpretación automática, y ninguno presentó hallazgos anormales. Se concluye que el tamizaje de tres componentes es factible en el fútbol formativo, que las adaptaciones al entrenamiento son la norma y que la forma de leer el electrocardiograma determina cuántos deportistas quedan pendientes de estudios y con el entrenamiento restringido.

Palabras clave: Tamizaje cardiovascular, Muerte súbita cardíaca, Electrocardiograma, Corazón de atleta, Bradicardia sinusal, Frecuencia cardíaca de reposo, Fútbol, Deporte formativo.

Abstract

The aim of this study was to analyze the findings of preparticipation cardiovascular screening in youth soccer players from the department of Atlántico, Colombia, how they vary according to the way the electrocardiogram is read, and their relationship with training. A quantitative, observational, cross-sectional study was conducted with 135 male players aged 14 to 20 years from two professional clubs, assessed with a structured medical history, a

cardiovascular physical examination and a resting twelve-lead electrocardiogram, read with the International Criteria for athletes, by a cardiologist and by the device's automated interpretation. Resting heart rate was compared with reference values for adolescents of the same age. The physical examination was normal in all athletes, and 74.1% showed at least one electrocardiographic adaptation to training; the most frequent was sinus bradycardia (53.0%). Resting heart rate was 13 beats per minute lower than that of general-population adolescents of the same age from the under-15 category onwards. With age, heart rate decreased and the PR interval lengthened, while the other parameters remained stable. Further evaluation was required in 2 athletes according to the International Criteria, 32 according to the cardiologist and 51 according to the automated interpretation, and none showed abnormal findings. It is concluded that three-component screening is feasible in youth soccer, that training adaptations are the rule, and that the way the electrocardiogram is read determines how many athletes await further tests with restricted training.

Keywords: Cardiovascular screening, Sudden cardiac death, Electrocardiogram, Athlete's heart, Sinus bradycardia, Resting heart rate, Soccer, Youth sports.

Sumário

O objetivo deste estudo foi analisar os achados do rastreamento cardiovascular pré-participação em futebolistas juvenis do departamento do Atlántico, Colômbia, sua variação segundo a forma de ler o eletrocardiograma e sua relação com o treinamento. Realizou-se um estudo quantitativo, observacional e transversal com 135 futebolistas do sexo masculino de 14 a 20 anos de dois clubes profissionais, avaliados com uma história clínica estruturada, um exame físico cardiovascular e um eletrocardiograma de repouso de doze derivações, lido com os Critérios Internacionais para atletas, por um cardiologista e com a interpretação automática do equipamento. A frequência cardíaca de repouso foi comparada com valores de referência de adolescentes da mesma idade. O exame físico foi normal em todos os atletas e 74,1% apresentaram pelo menos uma adaptação eletrocardiográfica ao treinamento; a mais frequente foi a bradicardia sinusal (53,0%). A frequência cardíaca de repouso foi 13 batimentos por minuto menor que a de adolescentes da população geral da mesma idade desde a categoria Sub-15. Com a idade, a frequência cardíaca diminuiu e o intervalo PR aumentou, enquanto os demais parâmetros permaneceram estáveis. Necessitaram de avaliação adicional 2 atletas segundo os Critérios Internacionais, 32 segundo o cardiologista e 51 segundo a interpretação automática, e nenhum apresentou achados anormais. Conclui-se que o rastreamento de três componentes é viável no futebol de base, que as adaptações ao treinamento são a norma e que a forma de ler o eletrocardiograma determina quantos atletas ficam aguardando exames e com o treinamento restrito.

Palavras-chave: Rastreio cardiovascular, Morte súbita cardíaca, Eletrocardiograma, Coração de atleta, Bradicardia sinusal, Frequência cardíaca em repouso, Futebol, Desporto juvenil.

Introducción

La muerte súbita cardíaca durante el deporte es poco frecuente, pero tiene un gran impacto: afecta a personas jóvenes y aparentemente sanas, casi siempre durante el esfuerzo y muchas veces sin síntomas previos (Finocchiaro et al., 2024). En el registro de muerte súbita de la Federación Internacional de Fútbol Asociación (FIFA), con 617 casos de muerte súbita o paro cardíaco en futbolistas de 67 países entre 2014 y 2018, solo sobrevivió el 23% (Egger et al., 2022). La mayoría de estos eventos se debe a enfermedades del corazón, estructurales o eléctricas, que pueden sospecharse antes de que ocurran: la miocardiopatía hipertrófica, la miocardiopatía arritmogénica, las canalopatías y las vías

accesorias de conducción (Finocchiaro et al., 2024). Por eso, las sociedades científicas recomiendan evaluar al deportista antes de que entrene o compita (Pelliccia et al., 2021; Turska et al., 2023). El tamizaje de tres componentes historia clínica, examen físico y electrocardiograma (ECG) redujo la muerte súbita un 89% en la región italiana del Véneto (Corrado et al., 2006), y el ECG permite sospechar enfermedades que la historia y el examen físico no identifican (Corrado et al., 2022; Maron et al., 2014).

En Latinoamérica, los consensos de Argentina y México recomiendan aplicarlo de forma estructurada en el deporte competitivo (García et al., 2023; González et al., 2023). Sin embargo, el ECG plantea un reto: el corazón entrenado modifica el trazado y, si se lee con criterios de la población general, muchos deportistas sanos terminan en estudios innecesarios y fuera del entrenamiento mientras los completan. Para resolverlo se desarrollaron criterios específicos para deportistas, cuyo consenso más reciente son los Criterios Internacionales de 2017 (Drezner et al., 2017).

El corazón del deportista es el conjunto de adaptaciones normales del corazón al entrenamiento. El trabajo repetido aumenta el volumen de sangre y el tamaño de las cavidades, y el futbolista, que combina esfuerzos aeróbicos con esfuerzos intensos e intermitentes, presenta cambios proporcionados, simétricos y reversibles (Pelliccia et al., 2021). Con un volumen sistólico mayor, el corazón mantiene el mismo gasto cardíaco en reposo con menos latidos; a ello se suman el aumento del tono vagal en reposo y un cambio propio del nódulo sinusal, pues en modelos animales el entrenamiento reduce la expresión del canal HCN4 y con ello la frecuencia cardíaca intrínseca (D'Souza et al., 2014). El mismo predominio vagal alarga el intervalo PR, el aumento de la masa ventricular explica el voltaje alto del complejo QRS y el agrandamiento del ventrículo derecho, el bloqueo incompleto de rama derecha (Drezner et al., 2017).

La frecuencia cardíaca (FC) de reposo también desciende durante la adolescencia sin necesidad de entrenamiento: en los varones de la encuesta nacional de salud de Estados Unidos, la media fue de 77 latidos por minuto (lpm) entre los 12 y los 15 años y de 72 lpm entre los 16 y los 19 (Ostchega et al., 2011). Por eso, para atribuir la FC baja de un deportista joven al entrenamiento no basta con observar que desciende con la edad: hay que compararla con la de adolescentes de su misma edad. Los estudios de intervención, con mediciones antes y después, demuestran que el entrenamiento reduce la FC de reposo (Reimers et al., 2018).

Los Criterios Internacionales clasifican los hallazgos del ECG en tres grupos: normales o adaptativos, que no requieren estudio; borderline, que solo lo requieren cuando hay dos o más, y anormales, que siempre lo requieren (Drezner et al., 2017). En 11.168 futbolistas adolescentes británicos produjeron pocos falsos positivos (Malhotra et al., 2020), y en la región se han aplicado en futbolistas de reserva de Ecuador (Medrano Plana et al., 2019), en el estudio multicéntrico brasileño B-Pro Foot ECG, con 6.125 futbolistas (Ferrari et al., 2024), y en un club profesional colombiano en altitud moderada (Benavides Ramírez et al., 2025). Ninguno de estos estudios se hizo en futbolistas formativos del Caribe colombiano ni analizó la relación de los hallazgos con el entrenamiento. En Colombia no existe un protocolo único de tamizaje para el deporte formativo, y en el departamento del Atlántico no se encontraron datos publicados sobre sus

resultados en futbolistas de divisiones menores. Tampoco se sabía cuántos futbolistas quedarían pendientes de estudios según la forma de leer el ECG, ni si sus cambios cardiovasculares se deben al entrenamiento o solo al crecimiento. Por ello, el propósito de este estudio fue analizar los hallazgos del tamizaje cardiovascular preparticipativo en futbolistas de 14 a 20 años de dos clubes profesionales del Atlántico, su variación según la forma de leer el ECG y su relación con el entrenamiento. Para ello se aplicó un protocolo de tres componentes a 135 futbolistas, se compararon tres lecturas de los mismos trazados y se contrastó la FC de reposo con valores de referencia por edad. Los resultados describen la frecuencia de los hallazgos, la proporción de deportistas que requerirían estudio según cada lectura y las adaptaciones relacionadas con el entrenamiento.

Materiales y Métodos

La investigación consistió en un estudio cuantitativo, no experimental, observacional y transversal, de alcance descriptivo con un componente correlacional. No hubo intervención, y cada deportista se evaluó una sola vez. La comparación de las lecturas del ECG y el análisis de la relación con el entrenamiento se hicieron con los mismos datos del tamizaje, sin recolección adicional.

La población fueron los futbolistas varones de 14 a 20 años de las categorías Sub-15, Sub-17 y Sub-20 de Junior FC y Barranquilla FC, en Barranquilla, Colombia. El muestreo fue censal: se incluyó a todos los deportistas elegibles. El 29 y el 30 de julio de 2025 se tomaron 166 ECG; se excluyeron 29 deportistas menores de 14 años y 2 con una enfermedad del corazón ya conocida y en seguimiento por cardiología. La muestra final fue de 135 deportistas: 82 de Junior FC y 53 de Barranquilla FC; 54 de la Sub-15, 42 de la Sub-17 y 39 de la Sub-20. Se incluyó a los deportistas inscritos y activos en el club, de 14 a 20 años, con al menos tres sesiones de entrenamiento por semana, con consentimiento informado del participante o de su representante legal y asentimiento del menor, y con los tres componentes del protocolo. Se excluyó a quienes tenían una cardiopatía en seguimiento, una condición aguda que impidiera la evaluación o una negativa a participar.

El tamizaje tuvo tres componentes. (1) La historia clínica estructurada de 14 elementos de la American Heart Association (Maron et al., 2014); las respuestas afirmativas se aclararon con un interrogatorio clínico. (2) El examen físico cardiovascular, que incluyó la presión arterial, la auscultación, los pulsos femorales y la búsqueda de rasgos de Marfan. (3) El ECG de reposo de doce derivaciones, tomado en decúbito supino tras al menos cinco minutos de reposo, a 25 mm/s y 10 mm/mV, con registro de la FC, el ritmo, los intervalos PR y QT corregido (QTc, fórmula de Bazett), la duración del QRS, el eje eléctrico y la forma de las ondas.

El investigador clasificó los trazados con los Criterios Internacionales (Drezner et al., 2017), y un cardiólogo consultor los leyó de forma independiente, con su criterio clínico. Cada deportista recibió una clasificación por componente y una clasificación global Verde, Amarillo o Rojo, que correspondió al color más alto de los tres; los deportistas con clasificación Rojo o con síntomas durante el esfuerzo fueron derivados a cardiología. Las variables de entrenamiento años de experiencia, sesiones y horas semanales se tomaron de la encuesta institucional de 2025. Se comparó la proporción de deportistas que requerirían estudio adicional según tres lecturas de los mismos 135 trazados: los

Criterios Internacionales, con los que un trazado requería estudio si tenía un hallazgo anormal o dos o más borderline; la clasificación Rojo del cardiólogo consultor, y la conclusión automática del electrocardiógrafo («ECG anormal» o «ECG anormal incierto»).

Las variables numéricas se describieron con media y desviación estándar (DE), y las categóricas con número y porcentaje, con intervalos de confianza del 95% (IC95%) por el método de Wilson. El acuerdo entre el cardiólogo y los Criterios Internacionales se midió con el porcentaje de acuerdo y el coeficiente kappa de Cohen, y las proporciones según cada lectura se compararon con la prueba exacta de McNemar. La relación con la categoría y el entrenamiento se analizó con la correlación de Spearman, la prueba de Kruskal-Wallis (con corrección de Holm para comparaciones múltiples), la regresión logística con la categoría como variable ordinal y dos modelos multivariables logístico para la bradicardia sinusal y lineal para la FC ajustados por edad, horas de entrenamiento y club (n=107 con datos de entrenamiento). La FC de cada deportista se comparó con la media de los varones de su misma franja de edad (Ostchega et al., 2011) con la prueba t para una muestra y la prueba de Wilcoxon. Se consideró significativo un valor de p menor de 0,05. Los análisis se hicieron en Python 3 con las bibliotecas SciPy y statsmodels.

Según la Resolución 8430 de 1993, el estudio fue una investigación con riesgo mínimo, y se ajustó a los principios de la Declaración de Helsinki. Se realizó con la autorización de los clubes, el consentimiento informado de los participantes mayores de edad y de los representantes legales, y el asentimiento de los menores. Los datos se codificaron y anonimizaron conforme a la ley colombiana de protección de datos personales.

Resultados y Discusión

Según las características de la muestra, la edad media fue de 16,5 años (DE 1,7) y el índice de masa corporal de 22,0 kg/m² (DE 2,1). Los deportistas tenían en promedio 4,1 años de experiencia competitiva y 8,9 horas de entrenamiento por semana. Las características por categoría se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. *Características de los futbolistas, variables del entrenamiento y adaptaciones cardiovasculares por categoría (n=135).*

Variable	Sub-15 (n=54)	Sub-17 (n=42)	Sub-20 (n=39)	p
Edad (años)	14,8 ± 0,5	16,6 ± 0,6	18,7 ± 1,0	<0,001
Experiencia (años)	3,3 ± 2,3	4,0 ± 1,3	5,4 ± 1,3	<0,001
Horas de entrenamiento por semana	8,4 ± 3,1	9,1 ± 3,1	9,5 ± 3,3	0,072
FC de reposo (lpm)	66,2 ± 10,5	58,6 ± 7,7	57,1 ± 8,5	<0,001
FC de referencia de la misma edad (lpm)	77,0	72,9	71,9	—
Diferencia con la referencia (lpm)	−10,8	−14,3	−14,8	<0,001
Intervalo PR (ms)	158,6 ± 20,4	167,0 ± 24,2	177,3 ± 33,7	0,010
Duración del QRS (ms)	87,5 ± 11,4	93,0 ± 9,4	92,3 ± 12,5	0,016*
QTc (ms)	399,5 ± 20,2	397,5 ± 20,8	394,8 ± 19,0	0,550
Bradicardia sinusal	19 (35,2%)	25/41 (61,0%)	27 (69,2%)	0,001
BAV de primer grado	2 (3,7%)	5 (11,9%)	7 (17,9%)	0,031
Voltaje de hipertrofia ventricular izquierda	23 (42,6%)	7 (16,7%)	14 (35,9%)	0,360
Bloqueo incompleto de rama derecha	6 (11,1%)	9 (21,4%)	6 (15,4%)	0,502

Nota: media ± DE o n (%). Experiencia y horas: disponibles en 107 y 108 deportistas. FC: frecuencia cardíaca; lpm: latidos por minuto; BAV: bloqueo auriculoventricular. Referencia: media de varones de la misma edad (Ostchega et al., 2011). p: Kruskal-Wallis para variables cuantitativas, regresión logística con la categoría como variable ordinal para las proporciones y prueba t para la diferencia con la referencia. *No significativo tras la corrección de Holm (p=0,064).

Fuente: Elaboración propia.

Cuatro deportistas respondieron afirmativamente al ítem sobre síncope o presíncope con el esfuerzo. Tras el interrogatorio, tres correspondieron a mareos durante el esfuerzo con calor y uno a un síncope durante el ejercicio, que fue derivado a cardiología y tuvo ecocardiograma, resonancia magnética cardíaca y Holter normales. El examen físico fue normal en los 135 deportistas. Que ningún deportista fuera positivo a la vez en la historia clínica y en el ECG indica que cada componente del protocolo detecta una señal distinta. En un clima cálido y húmedo, el presíncope con el esfuerzo puede tener un origen no cardíaco, pero sin un interrogatorio dirigido no se distingue de un síncope arrítmico, por lo que todo síncope con el esfuerzo debe estudiarse. En cuanto a los hallazgos del ECG, el 74,1% de los deportistas (100 de 135; IC95%: 66,1–80,7%) tuvo al menos una adaptación al entrenamiento. Las más frecuentes fueron la bradicardia sinusal (53,0%), el voltaje de hipertrofia ventricular izquierda aislado (32,6%), el bloqueo incompleto de rama derecha (15,6%) y el bloqueo auriculoventricular de primer grado (10,4%). Ningún deportista presentó hallazgos anormales; 132 (97,8%) tuvieron un QTc menor de 440 ms, 3 (2,2%) entre 440 y 469 ms y ninguno de 470 ms o más (tabla 2). Estos hallazgos coinciden con lo esperado en el corazón del deportista, y la ausencia de hallazgos del grupo anormal, que son los que se asocian con las enfermedades causantes de muerte súbita, indica que casi todos los futbolistas evaluados tienen un corazón sano y entrenado (Drezner et al., 2017; Finocchiaro et al., 2024).

Tabla 2. *Hallazgos del electrocardiograma según los Criterios Internacionales y clasificación (n=135).*

Hallazgo	n	%	IC 95%
Grupo 1 — normales (adaptaciones)			
Bradicardia sinusal (menos de 60 lpm)	71	53,0%	44,6–61,2%
Voltaje de hipertrofia ventricular izquierda aislado	44	32,6%	25,3–40,9%
Bloqueo incompleto de rama derecha	21	15,6%	10,4–22,6%
BAV de primer grado (PR de 200 a 399 ms)	14	10,4%	6,3–16,7%
QTc de 440 a 469 ms	3	2,2%	0,8–6,3%
Repolarización precoz	2	1,5%	0,4–5,2%
Grupo 2 — borderline			
Desviación del eje a la izquierda	4	3,0%	1,2–7,4%
Desviación del eje a la derecha	2	1,5%	0,4–5,2%
Bloqueo completo de rama derecha	2	1,5%	0,4–5,2%
Eje de −121°	1	0,7%	0,1–4,1%
Grupo 3 — anormales	0	0,0%	0,0–2,8%
Clasificación del ECG: Verde / Amarillo / Rojo	128 / 5 / 2	94,8% / 3,7% / 1,5%	—
Nota: IC 95%: método de Wilson. Un deportista puede tener más de un hallazgo. Bradicardia: 71 de 134 con FC registrada. El eje de −121° se clasificó de forma provisional, pendiente de revisión por cardiología.			

Fuente: Elaboración propia.

Los dos trazados Rojo presentaban bloqueo completo de rama derecha con desviación del eje. La clasificación global fue de 127 deportistas Verde, 5 Amarillo y 3 Rojo (2,2%; IC95%: 0,8–6,3%). Fueron derivados a cardiología 5 deportistas (3,7%; IC95%: 1,6–8,4%): uno por síncope durante el ejercicio, dos por clasificación Rojo del ECG y dos por una sospecha inicial de preexcitación ventricular que no cumplía los criterios. Al cierre del estudio, el primero tenía una evaluación completa normal y los otros cuatro

tenían estudios pendientes. Con relación a las lecturas del ECG, la proporción de deportistas que requerirían estudio adicional fue de 1,5% con los Criterios Internacionales, 24,4% con el cardiólogo y 38,1% con la interpretación automática del equipo (tabla 3 y figura 1). Las dos últimas lecturas incluyeron a los 2 deportistas señalados por los Criterios Internacionales y añadieron 30 y 49 más, respectivamente. El acuerdo entre el cardiólogo y los Criterios Internacionales fue del 39,7%, con un kappa de 0,02, y los 30 desacuerdos sobre la clasificación Rojo fueron todos en la misma dirección. De los 51 trazados que el equipo calificó como anormales o inciertos, 44 eran Verde según los Criterios Internacionales y 36 de ellos solo tenían adaptaciones al entrenamiento.

Tabla 3. *Deportistas que requerirían estudio adicional según la lectura del electrocardiograma (n=135)*

Lectura del electrocardiograma	n/N	% (IC 95%)	p frente a los Criterios Internacionales
Interpretación automática del electrocardiógrafo	51/134	38,1% (30,3–46,5)	<0,001
Cardiólogo consultor (Rojo)	32/131	24,4% (17,9–32,4)	<0,001
Criterios Internacionales 2017	2/135	1,5% (0,4–5,2)	Referencia
Nota: IC 95%: método de Wilson. Comparación con los Criterios Internacionales: prueba exacta de McNemar. Interpretación automática: conclusión «ECG anormal» o «ECG anormal incierto». Cardiólogo: 4 trazados sin clasificación			

Fuente: Elaboración propia.

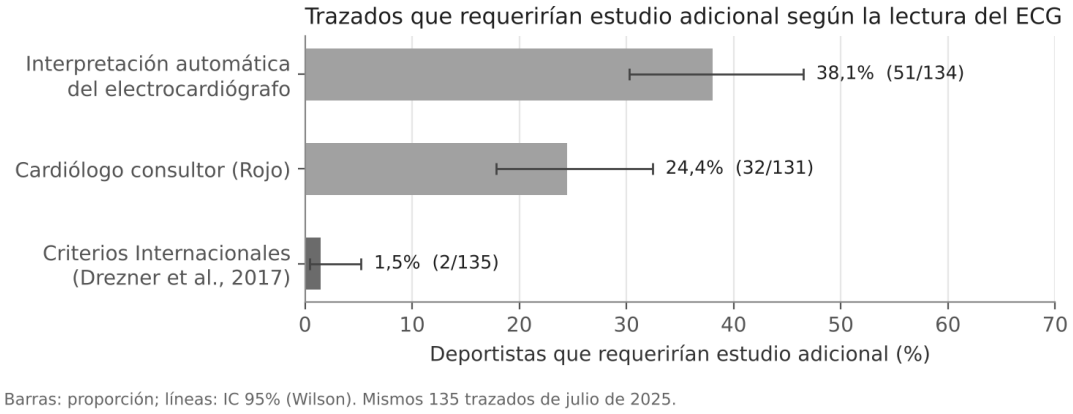


Figura 1. *Deportistas que requerirían estudio adicional según la lectura del electrocardiograma (n=135)*

Fuente: Elaboración propia.

Con los mismos trazados, el número de futbolistas que requerirían estudio pasó de 2 a 51 según la forma de leerlos. La interpretación automática y la lectura clínica tomaron como anormales adaptaciones normales, como la bradicardia, el voltaje alto y el bloqueo incompleto de rama derecha, que es precisamente el problema que resolvieron los criterios para deportistas (Drezner et al., 2017). El kappa cercano a cero, con todos los desacuerdos en la misma dirección, indica un umbral distinto y no un error aleatorio. Este resultado concuerda con la advertencia del consenso argentino-mexicano de no

sobreinterpretar el bloqueo incompleto de rama derecha en deportistas (González Serafini et al., 2023) y con la menor tasa de falsos positivos descrita para los Criterios Internacionales en futbolistas adolescentes (Malhotra et al., 2020). Por eso, la lectura con los Criterios Internacionales debería ser el estándar, y la conclusión automática del equipo no debería usarse para decidir. Ninguna lectura reemplaza a la otra: los criterios definen a quién derivar y el cardiólogo aporta el análisis detallado; además, los criterios están diseñados para el deportista sin síntomas, y un síntoma durante el esfuerzo pesa más que un ECG normal (Pelliccia et al., 2021).

Con respecto al entrenamiento y adaptaciones cardiovasculares, la edad y la experiencia aumentaron con la categoría, mientras que las horas semanales fueron similares (tabla 1). La FC disminuyó y el intervalo PR se alargó de la Sub-15 a la Sub-20, y la bradicardia sinusal y el bloqueo auriculoventricular de primer grado aumentaron con la categoría. La FC se correlacionó con la edad (rho −0,43; p<0,001) y con la experiencia (rho −0,30; p=0,002), pero no con las horas semanales (rho −0,07; p=0,447). En los modelos multivariables, cada año de edad multiplicó por 1,57 las posibilidades de bradicardia sinusal (IC95%: 1,19–2,08; p=0,002) y redujo la FC en 2,3 lpm (IC95%: −3,3 a −1,4; p<0,001), mientras que las horas de entrenamiento no mostraron relación significativa. Los demás parámetros del ECG cambiaron poco con la categoría: la duración del QRS fue unos 5 ms mayor en la Sub-17 y la Sub-20, una diferencia que no se mantuvo tras la corrección de Holm; el QTc, la duración de la onda P, el voltaje de hipertrofia ventricular izquierda y el bloqueo incompleto de rama derecha no cambiaron, y el eje no siguió una tendencia con la edad.

La FC de reposo de los futbolistas fue en promedio 13,0 lpm menor que la de los varones de su misma edad en la población general (61,2 frente a 74,2 lpm; IC95% de la diferencia: −14,6 a −11,4; p<0,001). La diferencia estaba presente desde la Sub-15 y fue mayor en las categorías superiores (tabla 1 y figura 2), y el 81,3% de los futbolistas tuvo una FC menor que la mediana de su edad.

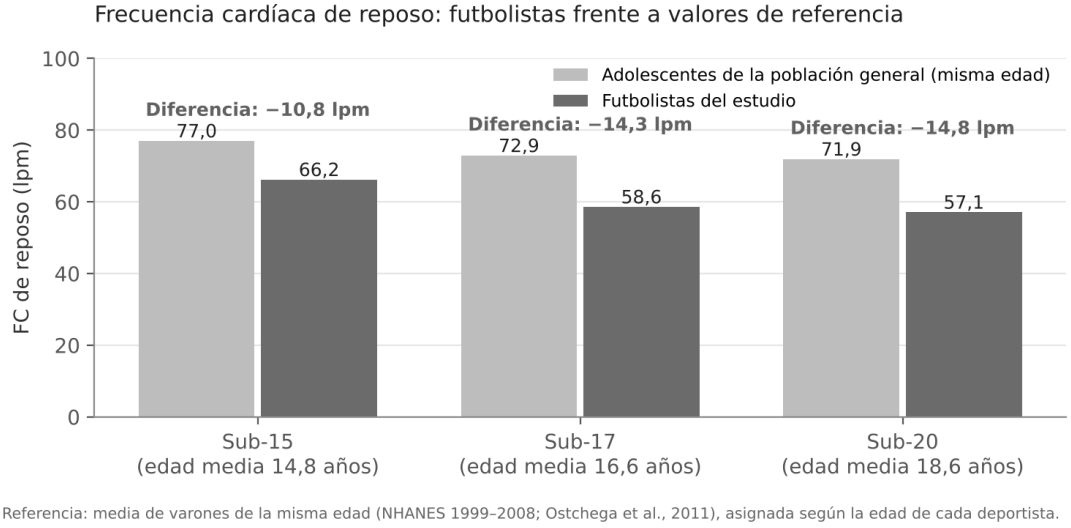


Figura 2. *Frecuencia cardíaca de reposo de los futbolistas frente a los valores de referencia de adolescentes de la población general de la misma edad, por categoría (n=134)*

Fuente: Elaboración propia.

La bradicardia sinusal es la adaptación más frecuente del corazón del deportista, y su mecanismo combina un mayor volumen sistólico, un mayor tono vagal en reposo y un nódulo sinusal intrínsecamente más lento (D'Souza et al., 2014; Pelliccia et al., 2021).

Si la FC baja se debiera solo a la maduración, la de los futbolistas sería similar a la de adolescentes de su misma edad; sin embargo, fue 13 lpm menor y la diferencia ya existía en la Sub-15. Junto con la evidencia de los estudios de intervención (Reimers et al., 2018), esto permite atribuirla, con alta probabilidad, al entrenamiento. La ausencia de relación con las horas semanales no contradice esa interpretación: las horas fueron declaradas, variaron poco entre los deportistas y no miden la intensidad. Los cambios que dependen del tono vagal, la FC y el intervalo PR, fueron los únicos que variaron con la edad; el voltaje del QRS y el bloqueo incompleto de rama derecha, que reflejan el tamaño de las cavidades, ya estaban presentes desde la Sub-15 en una proporción similar (Drezner et al., 2017). Para el entrenador, una FC baja en reposo en un futbolista sin síntomas no es enfermedad ni fatiga, sino un corazón adaptado.

Al contrastar los patrones de hallazgos con los antecedentes regionales, y no sus cifras, porque las poblaciones difieren en edad, nivel competitivo, etnia y clima, se observa una diferencia relevante: en los futbolistas de Ecuador (Medrano et al., 2019), de Brasil (Ferrari et al., 2024) y del club colombiano en altitud (Benavides et al., 2025) destacó la inversión de la onda T, mientras que en este estudio no hubo ninguna y la derivación obedeció a trastornos de la conducción. Esto refuerza la necesidad de construir líneas base por región, como recomiendan los consensos latinoamericanos y europeos (García-Saldivia et al., 2023; Turska et al., 2023). El estudio tiene limitaciones. Es transversal, sin seguimiento, y se limita a dos clubes. Los deportistas con tamizaje negativo no tuvieron evaluación por cardiología, por lo que no pueden estimarse la sensibilidad ni la especificidad.

El interrogatorio y las cifras de presión arterial no quedaron registrados por escrito, cuatro derivados tenían estudios pendientes al cierre y el cardiólogo no especificó su criterio de lectura. Las horas de entrenamiento fueron autorreportadas, y la comparación con la población general usa una referencia de otro país, medida con otro método, por lo que tiene carácter exploratorio. Entre sus fortalezas están el uso de protocolos validados internacionalmente, la muestra censal, la doble lectura del ECG, la lectura de los mismos trazados de tres maneras sin costo adicional y la comparación con valores de referencia por edad.

Conclusiones

De los resultados obtenidos y de su discusión se derivan las siguientes conclusiones: el tamizaje cardiovascular de tres componentes es factible en el fútbol formativo del Atlántico con los recursos disponibles; las adaptaciones electrocardiográficas al entrenamiento son la norma en el futbolista juvenil, y su frecuencia cardíaca de reposo, más baja que la de adolescentes de su edad, es atribuible con alta probabilidad al entrenamiento; los cambios del electrocardiograma ligados a la edad se concentran en la frecuencia cardíaca y el intervalo PR; la forma de leer el electrocardiograma determina cuántos deportistas quedan pendientes de estudios y con el entrenamiento restringido, por lo que la lectura con los Criterios Internacionales debe ser el estándar y la interpretación automática

del equipo no debe usarse para decidir; y 5) los clubes formativos deben aplicar el protocolo cada temporada, registrar por escrito el interrogatorio y la presión arterial, asegurar el seguimiento de cada deportista derivado y disponer de un desfibrilador en cada sede.

Agradecimientos

A Junior FC y Barranquilla FC, por autorizar el uso académico de los datos del tamizaje; al Dr. Manuel Rojano, cardiólogo consultor, por la lectura de los electrocardiogramas, y a los deportistas y sus familias, por su participación.

Referencias Bibliográficas

Benavides, P., González, N., & Quino, A. (2025). Tamización cardíaca en la evaluación preparticipativa en jóvenes deportistas de un club de fútbol profesional colombiano adaptado a altitud moderada. *Retos*, *80*, 1058–1072. https://doi.org/10.47197/retos.v80.113252

Corrado, D., Basso, C., Pavei, A., Michieli, P., Schiavon, M., & Thiene, G. (2006). Trends in sudden cardiovascular death in young competitive athletes after implementation of a preparticipation screening program. *JAMA*, *296*(13), 1593–1601. https://doi.org/10.1001/jama.296.13.1593

Corrado, D., Pelliccia, A., Basso, C., & Zorzi, A. (2022). Screening professional athletes for cardiovascular diseases at risk of cardiac arrest. *European Heart Journal*, *43*(4), 251–254. https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab440

D'Souza, A., Bucchi, A., Johnsen, A. B., Logantha, S. J. R. J., Monfredi, O., Yanni, J., Prehar, S., Hart, G., Cartwright, E., Wisloff, U., Dobrzynski, H., DiFrancesco, D., Morris, G. M., & Boyett, M. R. (2014). Exercise training reduces resting heart rate via downregulation of the funny channel HCN4. *Nature Communications*, *5*, 3775. https://doi.org/10.1038/ncomms4775

Drezner, J., Sharma, S., Baggish, A., Papadakis, M., Wilson, M. G., Prutkin, J. M., Corrado, D. (2017). International criteria for electrocardiographic interpretation in athletes: Consensus statement. *British Journal of Sports Medicine*, *51*(9), 704–731. https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097331

Egger, F., Scharhag, J., Kästner, A., Dvořák, J., Bohm, P., & Meyer, T. (2022). FIFA Sudden Death Registry (FIFA-SDR): A prospective, observational study of sudden death in worldwide football from 2014 to 2018. *British Journal of Sports Medicine*, *56*(2), 80–87. https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102368

Ferrari, F., da Silveira, A. D., Ziegelmann, P. K., Aleixo, H., Dilda, G. D., Emed, L. G. M., Magalhães, F. C. O., Cardoso, F. B., da Silva, H. C., Guerra, F. E. F., Soares, L. G., Bassan, F., Braga, F., Herdy, A. H., Froelicher, V., Stein, R., & B-Pro Foot ECG Collaborators. (2024). Imaging associations enhance the understanding of ECG abnormalities in male Brazilian football players: Findings from the B-Pro Foot ECG study. *British Journal of Sports Medicine*, *58*(11). https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-108053

Finocchiaro, G., Westaby, J., Sheppard, M. N., Papadakis, M., & Sharma, S. (2024). Sudden cardiac death in young athletes: JACC state-of-the-art review. *Journal of the American College of Cardiology*, *83*(2), 350–370. https://doi.org/10.1016/j.jacc.2023.10.032

García, M., Cossío, J., Rojel, U., Rojano, J., & Sociedad Mexicana de Cardiología. (2023). Posicionamiento mexicano para el tamizaje y la evaluación cardiovascular preparticipación deportiva. *Archivos de Cardiología de México*, *93*(Supl. 4), 1–30. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-99402023000800001

González, N., González, R., Kriskovich, J., Lara, J., Ricart, J., Asenjo, A., Camas, L., & Leyva, E. (2023). Evaluación cardiovascular previa a la participación deportiva: Recomendaciones del Comité de

Cardiología del Ejercicio de la Federación Argentina de Cardiología (FAC) y la Sociedad Mexicana para el Cuidado del Corazón (SOMECCOR). *Revista de la Federación Argentina de Cardiología*, *52*(4), 217–226. https://doi.org/10.63600/0nf6hd21

Malhotra, A., Dhutia, H., Yeo, T.-J., Finocchiaro, G., Gati, S., Bulleros, P., … Sharma, S. (2020). Accuracy of the 2017 international recommendations for clinicians who interpret adolescent athletes' ECGs: A cohort study of 11 168 British white and black soccer players. *British Journal of Sports Medicine, 54*(12), 739–745. https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098528

Maron, B. J., Friedman, R. A., Kligfield, P., Levine, B. D., Viskin, S., Chaitman, B. R., … Thompson, P. D. (2014). Assessment of the 12-lead ECG as a screening test for detection of cardiovascular disease in healthy general populations of young people (12–25 years of age): A scientific statement from the American Heart Association and the American College of Cardiology. *Circulation, 130*(15), 1303–1334. https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000025

Medrano, Y., Castillo, Á., Lugo, A., & Arévalo, M. (2019). Alteraciones electrocardiográficas en jóvenes atletas de alto rendimiento. *CorSalud, 11*(4), 296–301. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2078-71702019000400296

Ostchega, Y., Porter, K. S., Hughes, J., Dillon, C. F., & Nwankwo, T. (2011). *Resting pulse rate reference data for children, adolescents, and adults: United States, 1999–2008* (National Health Statistics Reports, n.º 41). National Center for Health Statistics. https://www.cdc.gov/nchs/data/nhsr/nhsr041.pdf

Pelliccia, A., Sharma, S., Gati, S., Bäck, M., Börjesson, M., Caselli, S., … Wilson, M. (2021). 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. *European Heart Journal, 42*(1), 17–96. https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa605

Reimers, A. K., Knapp, G., & Reimers, C.-D. (2018). Effects of exercise on the resting heart rate: A systematic review and meta-analysis of interventional studies. *Journal of Clinical Medicine, 7*(12), 503. https://doi.org/10.3390/jcm7120503

Resolución 8430 de 1993. (1993, 4 de octubre). Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. Ministerio de Salud de Colombia. https://www.google.com/search?q=Resoluci

Turska, A., Neunhaeuserer, D., Mazur, A., Dembiński, Ł., del Torso, S., Grossman, Z.,Wyszyńska, J. (2023). Sport activities for children and adolescents: The position of the European Academy of Paediatrics and the European Confederation of Primary Care Paediatricians 2023 — Part 1. Pre-participation physical evaluation in young athletes. *Frontiers in Pediatrics, 11*, 1125958. https://doi.org/10.3389/fped.2023.1125958

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Carlos Enrique González Franco y Jorge Pérez Sierra.

Declaraciones éticas y editoriales del artículo

Contribución de los autores (Taxonomía CRediT)

Carlos Enrique González Franco: conceptualización, metodología, investigación (recolección de los datos), curación de datos, análisis formal, visualización y redacción del borrador original; revisión y edición del manuscrito.

Jorge Pérez Sierra: supervisión, validación y revisión crítica del contenido científico y del manuscrito.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con la investigación presentada, la autoría del manuscrito ni la publicación del presente artículo.

Declaración de financiamiento

La presente investigación no recibió financiamiento específico de agencias públicas, comerciales o de organizaciones sin fines de lucro.

Declaración del editor

El editor responsable certifica que el proceso editorial del presente artículo se desarrolló conforme a los principios de integridad científica, transparencia y buenas prácticas editoriales. El manuscrito fue sometido a un proceso de evaluación mediante revisión por pares doble ciego, garantizando la confidencialidad de la identidad de los autores y revisores durante todo el proceso de dictamen académico. Asimismo, el editor declara que el artículo cumple con los criterios científicos, metodológicos y éticos establecidos por la revista.

Declaración de los revisores

Los revisores externos que participaron en la evaluación del presente manuscrito declaran haber realizado el proceso de revisión de manera objetiva, independiente y confidencial. Asimismo, manifiestan que no mantienen conflictos de interés con los autores ni con la investigación evaluada, y que sus observaciones y recomendaciones se fundamentan exclusivamente en criterios científicos, metodológicos y académicos.

Declaración ética de la investigación

Los autores declaran que la investigación respetó los principios de la Declaración de Helsinki y la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, que la clasifica como investigación con riesgo mínimo. Se contó con la autorización de Junior FC y Barranquilla FC, el consentimiento informado de los participantes mayores de edad y de los representantes legales, y el asentimiento de los menores. Los datos se codificaron y anonimizaron, y ningún deportista se identifica por su nombre.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial

Los autores declaran que utilizaron una herramienta de inteligencia artificial (Claude, de Anthropic) como apoyo para organizar y redactar el texto, revisar su claridad y apoyar la programación de los análisis estadísticos. Los autores revisaron y verificaron todo el contenido, los datos y los resultados, y asumen la responsabilidad intelectual del artículo. La herramienta no figura como autora.

Disponibilidad de datos

Los datos que respaldan los resultados de esta investigación estarán disponibles previa solicitud razonable al autor de correspondencia (charlesjunior9@gmail.com), respetando las normas éticas y de confidencialidad de la investigación.