

**Cita: Sastre, V.; Arana, J.; Lapresa, D.; Ibáñez, R.; Anguera, M.T. (2022). Análisis del combate en la iniciación al karate: un ejemplo de utilización de árboles de decisión en metodología observacional. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 22(2), 247-257**

## **Análisis del combate en la iniciación al karate: un ejemplo de utilización de árboles de decisión en metodología observacional**

### **Combat analysis in initiation to karate: decision trees in observational methodology**

### **Análise do combate na iniciação ao karatê: um exemplo do uso de árvores de decisão na metodologia observacional**

Sastre, V.<sup>1</sup>, Arana, J.<sup>1</sup>, Lapresa, D.<sup>1</sup>, Ibáñez, R.<sup>2</sup> y Anguera, M.T.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad de La Rioja; <sup>2</sup>Real Federación Española de Karate; <sup>3</sup>Universidad de Barcelona

#### **RESUMEN**

El presente trabajo persigue delimitar el desempeño técnico-táctico en combate en la iniciación al karate y mostrar las posibilidades de aplicación de la técnica de análisis de árbol de decisión en metodología observacional. El muestreo observacional ha ascendido a 887 acciones técnico-tácticas ofensivas realizadas en 40 combates por participantes de la franja de 8-9 años de edad. El instrumento de observación se ha introducido en el seno del *software* de registro y codificación, Lince. La calidad del dato ha quedado garantizada, por un lado, mediante un procedimiento de concordancia inter-observadores a partir del coeficiente Kappa de Cohen y, por otro lado, por un diseño de generalizabilidad. Se han realizado dos árboles de decisión utilizando dos algoritmos diferentes (CHAID y CART). Los resultados obtenidos con ambos algoritmos coinciden en señalar como mejor predictor de la "zona del cuerpo a la que se dirige la técnica" a la dimensión "segmento"; pero se diferencian en el segundo mejor pronosticador: dimensión "grupo de técnica" mediante el algoritmo CHAID, y dimensión "técnica detallada" con el algoritmo CART.

**Palabras clave:** kumite; combat analysis; técnica de segmentación jerárquica; árbol de clasificación.

#### **ABSTRACT**

This work analyze the technical-tactical performance in combat in the initiation to karate and show the possibilities of application of the decision tree analysis technique in observational methodology. The observational sampling is made up of 887 offensive technical-tactical actions executed in 40 combats by participants of the 8-9 age group. Regarding the recording and coding process, the observation instrument has been introduced in the software LINCE. The quality of the data has been guaranteed by means of an inter-observer concordance procedure based on Cohen's Kappa coefficient and by a design of generalizability. Two decision trees have been made using two different algorithms (CHAID and CART). The results obtained with both algorithms coincide in pointing out the "segment" dimension as the best predictor of the "body area to which the technique is directed"; but they differ in the second best forecaster: dimension "technique group" through the CHAID algorithm, and "concrete technique" dimension with the CART algorithm.

**Keywords:** kumite; combat analysis; hierarchical segmentation technique; classification tree.

## RESUMO

Este trabajo analiza el desempeño técnico-táctico en combate en la iniciación al karate y muestra las posibilidades de aplicación de la técnica de análisis de árbol de decisión en la metodología observacional. La muestra observacional está compuesta por 887 acciones técnico-tácticas ofensivas ejecutadas en 40 combates por participantes de la franja etaria de 8 a 9 años. En relación al proceso de registro y codificación, el instrumento de observación fue introducido en el *software* LINCE. La calidad de los datos fue garantizada por medio de un procedimiento de concordancia interobservador basado en el coeficiente Kappa de Cohen y por un diseño de generalización. Dos árboles de decisión fueron hechos usando dos algoritmos diferentes (CHAID y CART). Los resultados obtenidos con ambos algoritmos coinciden en señalar una dimensión "segmento" como el mejor predictor de "área del cuerpo para la cual la técnica es direccionada"; mas difieren en el segundo mejor predictor: dimensión "grupo de técnicas" usando el algoritmo CHAID, y dimensión "técnica detallada" con el algoritmo CART.

**Palabras clave:** kumite; combat analysis; técnica de segmentación jerárquica; árbol de clasificación.

## INTRODUCCIÓN

La práctica de artes marciales por niños en un contexto deportivo se ha convertido en algo popular en nuestros días (Theeboom et al., 2009), debido a sus múltiples beneficios: motrices, condicionales, psicológicos y sociales (Theeboom, et al., 2009).

El karate se divide en tres elementos fundamentales: *kihon*, *kata*, y *kumite*. El *kihon*, constituye la base y esencia fundamental del karate, supone la práctica repetitiva de los movimientos o acciones técnicas en búsqueda de la perfección, siendo una constante permanente durante la vida del practicante. El *kata* se integra por secuencias que aúnan acciones encadenadas de defensa y ataque de posible aplicación sobre uno o varios adversarios imaginarios. Su ejecución debe ser realista en cuanto a impacto potencial transcurriendo por un *embusen* concreto (línea o pasillo de realización). El *kata*, al contener acciones de ataque y defensa, puede ser realizado contra un oponente real o un adversario -este trabajo es denominado *bunkai*-. El *kumite* es un combate entre dos competidores realizado bajo unas reglas, utilizando las técnicas del *kihon* (Chaabène et al., 2012; Coşkun et al., 2014; Doria et al., 2009).

La producción científica centrada en el karate también ha experimentado un considerable crecimiento en sus diferentes ámbitos: biomédico (p. ej. Beneke et al., 2004; Iide et al., 2008; Roschel et al., 2009); biomecánico (p. ej. Gullledge y Dapena, 2007; Ravier et al., 2003; Tabben et al., 2013); psicológico (p. ej. Daniels y Thornton, 1990; Ruiz y Hanin, 2011; Williams y Elliott, 1999); epidemiología de las lesiones (Halibchi et al., 2006; Macan et al., 2006); e histórico (Hopkins, 2007; Neide, 2009). El análisis del combate (kumite) de karate, aunque en menor medida que en otros deportes más mediáticos, también ha sido objeto de estudio (Ibáñez et al., 2018; Koropanovski et al., 2008; Koropanovski y Jovanovic, 2007; Laird y McLeod, 2009; Lapresa, Ibáñez, Arana, Amatria et al., 2011; Lapresa, Ibáñez, Arana, Garzón et al., 2011; Riveiro-Bozada, 2016).

Los trabajos que se centran en la práctica del karate practicado por niños no son muy abundantes y se han abordado en diferentes ámbitos: motricidad (Blažević et al., 2006; Boguszewski y Socha, 2011; Botzer, 1995; Peker y Vural, 2018), epidemiología de las lesiones (Zetaruk et al., 2000); psicología (Bahrami et al., 2016; Conant et al., 2008; Movahedi et al., 2013); entrenamiento condicional (Violan et al., 1997). Para que los profesionales del karate formativo puedan realizar una programación longitudinal coherente son relevantes los análisis del combate en edades de formación. Hasta la fecha se han realizado estudios en la categoría de 12-13 años (Lapresa, Ibáñez, Arana, Amatria et al., 2011; Lapresa, Ibáñez, Arana, Garzón, et al., 2011).

El presente trabajo persigue delimitar el desempeño técnico-táctico en combate, en la iniciación al karate (niños de 8 y 9 años) -en concreto en la edad más temprana en la que se realizan competiciones de carácter nacional-, a través de un árbol decisional que integra la información relativa a la zona del cuerpo a la que se dirige la técnica, la lateralidad que implica -en lo relativo a la guardia que soporta la acción y al segmento con el que se realiza-, y la acción técnica ofensiva ejecutada -ya sea de puño o de pierna con técnica directa o técnica circular-. De esta forma, en lo disciplinar, se pretende generar un punto de partida digno de tener en cuenta en la programación longitudinal del karate formativo; y, en lo metodológico, mostrar la utilización y aplicaciones prácticas de los árboles de decisión en el seno de la metodología observacional.

## MATERIAL Y MÉTODOS

En el presente trabajo se ha recurrido a la metodología observacional (Anguera, 1979), que es oportuna para realizar *match analysis*, en este caso *combat analysis* (Camerino et al., 2014).

El diseño observacional utilizado es, de acuerdo con Anguera et al. (2011): nomotético -una pluralidad de competidores-; de seguimiento inter e intra sesional -se analiza el desempeño técnico-táctico a lo largo de diferentes

## Análisis del combate en la iniciación al karate

combates de un campeonato-; de carácter multidimensional -lo que configurará los diferentes criterios del instrumento de observación-. La observación, a partir de los combates grabados en video, es directa y no participante (Anguera, 1988).

### Participantes

Los combates analizados se desarrollaron en el Torneo Nacional de Karate (LNK J-1), celebrado en Pamplona (España), el día 22 de febrero de 2020. Los participantes nacidos en 2011-2012, pertenecen a la franja de edad comprendida entre los 8 y 9 años (Media= 8,49; SD= 0,51). Se han seleccionado combates de este torneo puesto que son los competidores más jóvenes que cuentan con experiencia en competición “nacional”, lo que va a garantizar que los participantes seleccionados tengan un nivel suficiente para ser aptos para el combate.

Se grabaron un total de 40 combates. Los 37 competidores de los que se obtuvieron datos dan lugar a 61 paquetes de datos (por combate y competidor). De los 37 participantes, 31 tienen preferencia lateral homogénea mano-pie diestra, dos lateralidad homogénea mano-pie izquierda, tres preferencia lateral derecha de mano e izquierda de pierna, y uno preferencia lateral izquierda de mano y derecha de pierna.

Para la filmación de los combates se solicitó autorización a la Real Federación Española de Karate y al Comité Organizador del Campeonato. Se contó con el consentimiento informado de los padres y/o tutores legales de cada competidor. Este trabajo cuenta con el informe favorable del Comité de Ética de la Universidad de La Rioja (expediente nº. CE-12-2020).

### Instrumentos

Se ha diseñado un instrumento de observación *ad hoc* a partir de la estructura del registro del instrumento de observación de Ibáñez et al. (2018) en la que cada paquete de datos correspondiente a cada combate-competidor está formado por secuencias que, a su vez, están conformadas por guardias, que incluyen acciones (unidad mínima del registro). El instrumento de observación (tabla 1) es una combinación de formato de campo y sistemas de categorías.

### Registro y codificación

El registro de los combates se ha realizado mediante el software Lince (Gabin et al., 2012). De acuerdo con Bakeman (1978), el tipo de datos es IV (concurrentes y tiempo-base). De acuerdo con Bakeman y Quera (1995), el tipo de datos es secuencial de multievento, consecuentemente con el hecho de que el diseño observacional sea multidimensional. El muestreo observacional ha ascendido a 887 acciones técnico-tácticas ofensivas.

Tabla 1. Instrumento de observación: dimensiones, categorías y códigos

| Dimensión                                     | Categorías y códigos   |
|---|--|
| Tipo de guardia                               | Guardia de izquierda (GZA)<br>Guardia de derecha (GDH)   |
| Grupo de técnica                              | Puño (TN)<br>Pierna (TP)   |
| Segmento                                      | Derecho (DR)<br>Izquierdo (DR)   |
| Técnica detallada                             | Técnica de puño directa (TND)<br>Técnica de puño circular (TNC)<br>Técnica de pierna directa (TPD)<br>Técnica de pierna circular (TPC) |
| Zona del cuerpo a la que se dirige la técnica | Contactos puntuables: los dirigidos a la zona media (CP)<br>Contactos limitados por el reglamento (CL)                                 |

### Control de la calidad del dato

Dos han sido los observadores que han realizado el registro correspondiente, tras superar un proceso de formación (Anguera, 2003).

#### a) Concordancia entre las observaciones

La fiabilidad, en forma de concordancia, se ha calculado de manera cuantitativa mediante el coeficiente Kappa de Cohen (1960), a través del programa informático GSEQ5 (Bakeman y Quera, 1995, 2001) teniendo en cuenta que, con que al menos uno de los eventos del multievento sea diferente en ambos registros, GSEQ5 lo computa como discrepancia. El segundo observador ha registrado cinco paquetes de datos seleccionados aleatoriamente, pertenecientes a cuatro combates, lo que supone el 8,19% de los paquetes de datos y el 10,81% de los combates. El valor del coeficiente Kappa de Cohen en cada uno de los paquetes de datos comparados (combate-competidor) ha sido: combate 2-participante 3= 0,84; combate 3-participante 6= 0,79; combate 3-participante 5= 0,86; combate 11-participante 12= 0,91; combate 28-participante 24= 0,87.

#### b) Generalizabilidad de los resultados

Este apartado se ha desarrollado en el seno de la Teoría de la Generalizabilidad (Cronbach et al., 1972). La suma de cuadrados necesaria para el diseño de generalizabilidad ha sido obtenida mediante SPSS, versión 24. En el seno del Modelo Lineal General (GLM) se ha seleccionado la opción “tipo III” que ofrece el software SPSS (ya que los datos no han sido tomados de manera aleatoria). Posteriormente, los datos se han introducido en el Software Generalizability Theory (GT), de Ysewijn (1996). En la tabla 2 se presentan los resultados correspondientes al diseño de generalizabilidad [Categoría] / [Combates]. La estimación de los componentes de varianza se ha realizado para una población infinita para ambas facetas. El diseño revela que la variabilidad queda asociada a la faceta categorías: 35%, y a la faceta de

interacción categorías-combates con un 65%. El elevado valor del coeficiente de determinación  $r^2$  obtenido ( $r^2=0,899$ ) indica que con la combinación de las referidas facetas podemos explicar con garantías la variabilidad que aportan en su desarrollo los paquetes de datos que constituyen el muestreo observacional. El análisis de los coeficientes de generalizabilidad en esta estructura de

diseño determina que se consigue una fiabilidad de precisión de generalización de 0,956 (mismo valor del coeficiente de generalizabilidad relativo ( $e^2$ ) y del absoluto ( $\Phi$ ). Este resultado nos permite constatar la homogeneidad de los combates que soportan el trabajo.

Tabla 2: Resultados análisis generalizabilidad correspondientes al plan de observación [Categoría] / [Combates]

| Fuente               | Suma de cuadrados | gl   | Media cuadrática | F        | Significación |
|----------------------|-------------------|------|------------------|----------|---------------|
| Modelo corregido     | 194225,725(a)     | 789  | 246,167          | 63,358   | ,000          |
| Intersección         | 7551,166          | 1    | 7551,166         | 1943,492 | ,000          |
| Combates             | 5646,178          | 40   | 141,154          | 36,330   | ,000          |
| Categoría            | 55762,634         | 30   | 1858,754         | 478,400  | ,000          |
| Combates * Categoría | 41681,185         | 719  | 57,971           | 14,920   | ,000          |
| Error                | 18381,634         | 4731 | 3,885            |          |               |
| Total                | 717655,000        | 5521 |                  |          |               |
| Total corregida      | 212607,359        | 5520 |                  |          |               |

*Análisis de los datos*

Los árboles de decisión son técnicas de segmentación jerárquicas que están demostrando su utilidad en diferentes áreas de conocimiento -sociología, psicología, educación, etc.- (Blanco-Blanco et al., 2017). El análisis de segmentación se diseñó y utilizó fundamentalmente con fines exploratorios (Escobar, 1998). En concreto, es una técnica que puede ser útil para tres análisis vinculados entre sí: 1) facilita la búsqueda de las mejores asociaciones de las variables predictoras con la variable dependiente; b) permite descubrir qué categorías o valores de una variable predictora son homogéneos en relación con la variable criterio; c) es una técnica apropiada para detectar interacciones entre las variables predictoras (Escobar, 2007). Llegados a este punto, queremos matizar que al aplicar esta técnica de análisis en metodología observacional a partir de ahora denominaremos las “variables predictoras” como “dimensiones antecedentes” y la “variable dependiente” como “dimensión consecuente”, términos propios de este método de investigación.

Dentro de los árboles de decisión podemos distinguir entre árboles de clasificación y regresión. La diferencia viene determinada por la naturaleza de la dimensión consecuente. Si esta dimensión es cualitativa se denominan árboles de clasificación mientras que si es cuantitativa se califican como árboles de regresión (Ortiz et al., 2017). En consecuencia, en nuestro análisis vamos a recurrir al árbol de clasificación debido a que la dimensión consecuente -la zona del cuerpo a la que se dirige la técnica- es de índole categórica.

En lo que respecta a los árboles de clasificación existen variantes, en función del algoritmo estadístico empleado, para realizar la selección de dimensiones

antecedentes, la creación de grupos y la delimitación de interacciones (Berlanga et al., 2013). En este estudio se va a recurrir al análisis de segmentación jerárquica basada en los algoritmos CHAID (*Chi-square automatic interaction detector*) por ser el más generalizado (Ortega, 2015) y CART (*Classification and regression trees*) por tratarse de un buen clasificador de casos -máxima homogeneidad intragrupos y máxima heterogeneidad intergrupos- (Escobar, 2007).

Por otra parte, si no se pusiesen límites al proceso de segmentación -crecimiento del árbol- este análisis podría producir una gran cantidad de categorías o agrupaciones de categorías terminales -nodos terminales- de tamaño muy pequeño que serían difíciles de interpretar. Los mecanismos para controlar la expansión de los árboles de clasificación se denominan filtros.

En primer lugar, los filtros de nivel limitan el crecimiento del árbol en cuanto a profundidad; es decir, restringen el número de niveles por debajo del nodo raíz (grupo donde comienza el árbol -nodo 0-), que describe la dimensión consecuente -en nuestro caso “zona del cuerpo a la que se dirige la técnica”: “contactos puntuables: los dirigidos a la zona media” y “contactos limitados por el reglamento” (dirigidos a la cabeza y a la zona baja)-. En este sentido, hay que mencionar que el ajuste automático de programa SPSS limita el árbol a tres niveles por debajo del nodo raíz para los métodos CHAID y a cinco niveles para el método de crecimiento CRT (Berlanga et al., 2013).

En segundo lugar, los filtros de tamaño controlan la expansión de los árboles a través de la limitación del número de frecuencias en los segmentos o nodos del árbol -parentales y filiales- que componen el árbol decisional. En nuestro estudio recurrimos a la regla general recomendada

## Análisis del combate en la iniciación al karate

(Escobar, 2007): 100 casos para los nodos parentales y de 50 casos para los nodos filiales.

Y, en tercer lugar, CHAID recurre al filtro de significación. Su criterio consiste en impedir segmentaciones que no sean estadísticamente significativas basadas en el estadístico chi cuadrado -los límites de significación se sitúan en el nivel 0.05-. Mientras que CART emplea los índices de mejora, equivalentes a los filtros de significación, como el índice de diversidad Gini, que resumen la pureza o impureza de un determinado grupo en relación con la dimensión consecuente, aspecto que impedirá o permitirá sucesivas segmentaciones (Escobar, 2007). Este algoritmo no permite segmentaciones si no se supera un índice de mejora mínimo establecido -el programa SPSS establece por defecto un cambio mínimo en la mejora de 0,001-.

Por último, el análisis se concluye determinando la precisión pronosticadora de la segmentación en su conjunto -bondad de ajuste del funcionamiento del modelo- a través de la estimación del riesgo de la capacidad predictiva (Berlanga et al., 2013; Escobar, 2007).

## RESULTADOS

En primer lugar, se presenta el árbol decisional obtenido utilizando el procedimiento CHAID; y en segundo lugar el árbol decisional producto de la aplicación del procedimiento CART.

La figura 1 reproduce el árbol de clasificación efectuado sobre la dimensión “zona del cuerpo a la que se dirige la técnica” -nodo 0- correspondiente al algoritmo CHAID. Es un árbol de clasificación con dos niveles de profundidad y cinco nodos, tres de ellos terminales (nodos 2, 3 y 4), ya que no se fragmenta en más grupos.

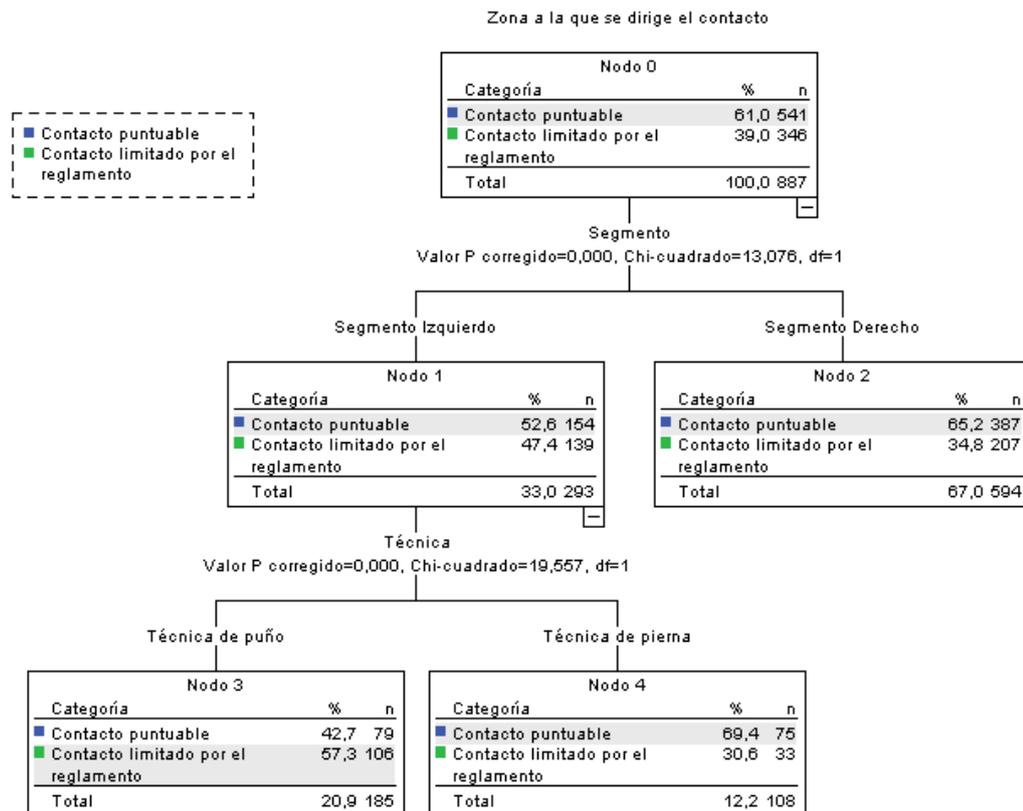


Figura 1. Diagrama del árbol a través del método de crecimiento CHAID para la segmentación de la dimensión “zona del cuerpo a la que se dirige la técnica”.

Los resultados muestran que el mejor predictor de la “zona del cuerpo a la que se dirige la técnica” es la dimensión “segmento” (izquierdo o derecho) seguida de la dimensión “grupo de técnica” (de puño o de pierna), descartando como dimensiones antecedentes el “tipo de guardia” y la “técnica detallada”. La dimensión “segmento” está formada por dos nodos: segmento izquierdo (nodo 1) y segmento derecho (nodo 2), que nos muestran una mayor probabilidad de contactos puntuables si la acción se realiza con el segmento derecho (65.2%) que si se realiza con el segmento izquierdo (52,6%).

Además, el árbol decisional obtenido constata la existencia de interacción entre las dos dimensiones antecedentes para predecir la dimensión consecuente (“zona del cuerpo a la que se dirige la técnica”). Esta interacción pronostica, por un lado, que la acción que conlleva una probabilidad más alta de dirigir un contacto a la zona media (69,4%) pertenece al “grupo de técnicas” de pierna realizadas con el segmento izquierdo (nodo 4). Por otro

lado, el “grupo de técnicas” de puño ejecutadas con el segmento izquierdo (nodo 3) alcanza una probabilidad de dirigir un contacto a la zona media del 42,7%.

En cuanto a la capacidad predictora o bondad de ajuste del modelo, los resultados muestran que este árbol CHAID clasifica de forma correcta al 64% de las acciones técnico-tácticas ofensivas. En concreto, para la categoría “contactos puntuables: los dirigidos a la zona media” de la dimensión consecuente muestra un “acierto” más elevado que para la categoría “contactos limitados por el reglamento”, un 85,4% contra un 30,6%.

La figura 2 representa el árbol de clasificación realizado sobre la dimensión “zona del cuerpo a la que se dirige la técnica” (nodo 0) obtenido mediante la aplicación del algoritmo CART. Al igual que el conseguido con el algoritmo CHAID, es un árbol de clasificación con dos niveles de profundidad y cinco nodos, tres de ellos terminales (nodos 2, 3 y 4).

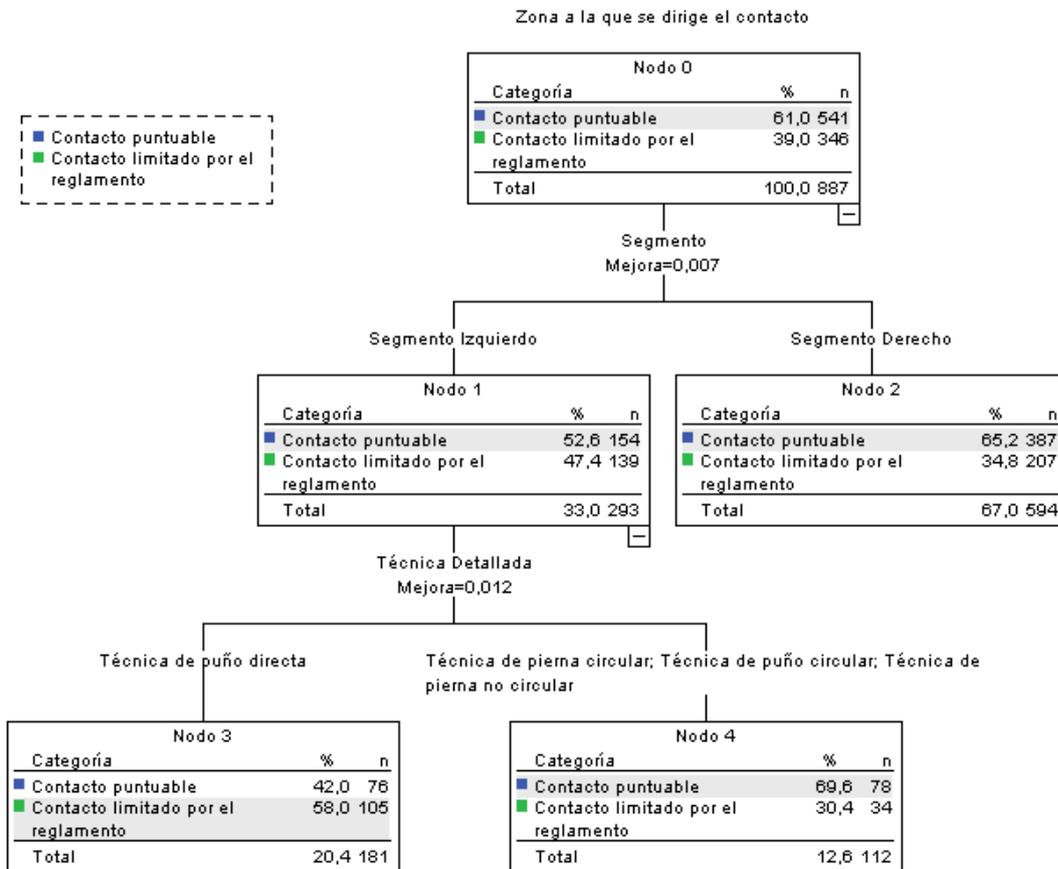


Figura 2. Diagrama del árbol a través del método de crecimiento CART para la segmentación de la dimensión “zona del cuerpo a la que se dirige la técnica”.

## Análisis del combate en la iniciación al karate

Los resultados obtenidos con ambos algoritmos coinciden en que el mejor predictor de la “zona del cuerpo a la que se dirige la técnica” es la dimensión “segmento”. Pero el modelo CART considera la dimensión “técnica detallada” como segundo mejor pronosticador, prescindiendo de “tipo de guardia” y “grupo de técnicas” como dimensiones pronosticadoras. La dimensión “segmento” está conformada por dos nodos: segmento izquierdo (nodo 1) y segmento derecho (nodo 2) y arroja los mismos resultados que el algoritmo CHAID: mayor probabilidad de contactos dirigidos a la zona media si la acción se realiza con el segmento derecho (65,2%) que si se realiza con el segmento izquierdo (52,6%).

También la gráfica del árbol decisional CART constata la existencia de interacción entre las dos dimensiones antecedentes para predecir la dimensión consecuente (“zona del cuerpo a la que se dirige la técnica”). La interacción predice que la probabilidad más alta de dirigirse un contacto a la zona media (69,6%) tiene lugar cuando se ejecutan con el segmento izquierdo (nodo 4) técnicas de pierna (ya sean circulares o directas) o técnicas de puño circulares. Por otro lado, la técnica de puño directa ejecutada con el segmento izquierdo (nodo 3) tiene una probabilidad de dirigir el contacto a la zona media del 42,0%.

En cuanto a la bondad de ajuste del modelo -capacidad predictora- los resultados son similares a los obtenidos con el método de clasificación CHAID. El algoritmo CART clasifica de forma correcta al 64,3% de acciones técnico-tácticas ofensivas. Específicamente, para la categoría “contactos puntuables: los dirigidos a la zona media” de la dimensión consecuente muestran un acierto más elevado (86,0%) que para la categoría “contactos limitados por el reglamento” (30,3%).

## DISCUSIÓN

La calidad (fiabilidad y generalizabilidad) de los datos sobre los que se realizan los análisis que pretenden satisfacer los objetivos del estudio (Morillo-Baro et al., 2021) ha quedado garantizada mediante los procedimientos expuestos de concordancia (Bakeman y Quera, 1995) y generalizabilidad (Ysewijn, 1996).

Se han realizado dos tipos de cálculos utilizando dos algoritmos diferentes -CHAID y CART-. Ambos algoritmos coinciden en señalar la mayor probabilidad de que se produzca un contacto a la zona media del oponente si la acción se realiza con el segmento derecho (65,2%) que si se realiza con el segmento izquierdo (52,6%).

La interacción entre las dos dimensiones antecedentes del árbol de decisión obtenido mediante la aplicación del algoritmo CHAID pronostica: a) que la acción que conlleva una probabilidad más alta de dirigir un contacto a la zona media (69,4%) pertenece al grupo de técnicas de pierna realizadas con el segmento izquierdo

(nodo 4); b) que las técnicas de puño ejecutadas con el segmento izquierdo alcanzan una probabilidad de dirigir el contacto a la zona media del 42,7%.

Una mayor utilización del segmento derecho ya se recogió en el karate de formación en el estudio de Lapresa, Ibáñez, Arana, Garzón, et al. (2011), quedando patente el condicionamiento de la prevalencia lateral del karateka sub 12-13 (todos los participantes en este estudio eran diestros). En los análisis de combate realizados en competidores de élite, aunque se ha constatado la preferencia a utilizar por participantes diestros el segmento derecho (Ibáñez et al., 2018, fijaron esta relación en:  $odd= 1,744$ ;  $IC95%= 1,330 - 2,286$ ) la preferencia lateral en la ejecución de las técnicas ofensivas se encuentra más equilibrada, lo que revela que el competidor de élite condiciona la lateralidad en su ejecución a las necesidades de la competición (Lapresa, Ibáñez, Arana, Garzón, et al., 2011).

En lo relativo a la extremidad con que se ejecuta la acción técnica ofensiva (ya sea de puño o de pierna) en función de la guardia, Ibáñez et al. (2018) constataron en el karate de élite la preferencia a realizar el ataque con el segmento derecho (segmento prevalente en la totalidad de los competidores analizados) primero en modo *Gyaku* -es decir, con el segmento contrario a pierna adelantada, en este caso la izquierda- y después en modo *Oi* -segmento correspondiente a pierna adelantada- (Funakoshi, 1988; Nakayama, 1977). De acuerdo con Ibáñez et al. (2018) a continuación se recurre a técnicas realizadas con el segmento izquierdo -con guardia de derecha, en modo *Gyaku*- y, en último lugar, en modo *Oi* -guardia de izquierda y segmento izquierdo-.

Laird y McLeod (2009) e Ibáñez et al. (2018) constataron la eficacia en el karate de élite de las acciones técnicas directas a la zona alta. No obstante, en el karate practicado por niños de 12-13 años, están prohibidos los golpes a la cabeza, considerándose no reglamentarios y acarreamo penalización (Real Federación Española de Karate, 2020). En este sentido Lapresa, Ibáñez, Arana, Garzón, et al. (2011) encontraron diferencias estadísticamente significativas en lo relativo a la zona de destino de las técnicas ofensivas (a la cabeza en sénior; y a la zona media-reglamentaria en la edad de 12-13 años).

En lo relativo al grupo de acciones técnicas ofensivas (puño-pierna) en el karate de élite -aún a pesar de que las acciones técnicas ofensivas de pierna son más valoradas conforme el reglamento (Real Federación Española de Karate, 2020)- predomina la utilización de acciones de puño sobre las de pierna (Korapanovski, et al., 2008; Korapanovski y Jovanovic, 2007; Laird y McLeod, 2009; Lapresa, Ibáñez, Arana, Garzón, et al., 2011; Riveiro-Bozada, 2016). Ibáñez et al. (2018) fijaron esta relación en:  $odd= 2,026$ ;  $IC95%= 1,619 - 2,538$ . En el karate sub 12-13 (Lapresa, Ibáñez, Arana, Amatria, et al.; 2011) la relación es más equilibrada (58,4% de puño y 41,6% de pierna).

Lapresa, Ibáñez, Arana, Garzón, et al. (2011) constataron una ejecución de técnicas de puño ligeramente superior con la derecha que con la izquierda en el karate de élite (31,4% del total de las acciones técnicas efectuadas en kumite, por un 26,4% con pierna izquierda); mientras que en el karate de formación (12-13 años) el condicionamiento lateral es evidente (45,3% del total de las acciones técnico-tácticas por un 3,4% con puño izquierda). Además, obtuvieron una ejecución de técnicas de pierna superior con la derecha que con la izquierda, tanto en el karate de élite (22,6% del total de las acciones, por un 8,7% con pierna izquierda), como el karate de formación a la edad de 12-13 años (22,8% del total de las acciones técnico-tácticas, por un 11,9% con pierna izquierda).

Por su parte el modelo CART considera a la dimensión “técnica detallada” como segundo mejor pronosticador, prescindiendo de “grupo de técnicas” - dimensión incluida en el árbol de decisión obtenido mediante la aplicación del algoritmo CHAID-. La interacción entre las dos dimensiones pronosticadoras del árbol de decisión obtenido mediante la aplicación del algoritmo CART pronostica: a) que la técnica de puño directa ejecutada con el segmento izquierdo obtiene una probabilidad de generar un contacto reglamentario del 42,0%; b) en caso de que, con el segmento izquierdo, la técnica ofensiva ejecutada no sea una técnica de puño directa (técnicas de puño circulares, técnicas de pierna circulares y directas) la probabilidad de producirse un contacto reglamentario asciende a un 69,6%.

En el seno de las acciones técnicas ofensivas de puño, Ibáñez et al. (2018) en el karate de élite constataron el predominio en la realización de técnicas directas a la zona alta respecto a la zona media ( $odds = 1,7284$ ;  $IC95\% = 1,316 - 2,270$ ), siendo las técnicas de ataque circular y de agarre al brazo residualmente utilizadas. En lo relativo a las acciones técnicas ofensivas de pierna, tanto en el karate de élite (Korapanovski et al., 2008; Korapanovski y Jovanovic, 2007; Laird y McLeod, 2009; Lapresa, Ibáñez, Arana, Amatria, et al., 2011) como en el karate formativo (Lapresa, Ibáñez, Arana, Amatria, et al., 2011), predomina la realización de la técnica de pierna circular.

## APLICACIONES PRÁCTICAS

Dos son las vertientes en cuanto a las aplicaciones prácticas que se desprenden de este trabajo. En lo disciplinar, se ha aportado información sobre el kumite de karate en participantes que se inician en competición. Esta información, supone un punto de partida relevante en la programación longitudinal de contenidos en el combate de karate. En lo metodológico, el presente trabajo supone un ejemplo novedoso de la utilización y de las posibilidades de aplicación de la técnica de análisis de árbol de decisión en metodología observacional (Anguera, 1979).

## Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del subproyecto *Vías de integración entre datos cualitativos y cuantitativos, desarrollo del caso múltiple, y synthesis review como ejes principales para un futuro innovador en investigación de actividad física y deporte* [PGC2018-098742-B-C31] (2019-2021) (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades / Agencia Estatal de Investigación / Fondo Europeo de Desarrollo Regional), que forma parte del proyecto coordinado *New approach of research in physical activity and sport from mixed methods perspective* (NARPAS\_MM) [SPGC201800X098742CV0]; así como del *Grup de Recerca i Innovació en Dissenys. Tecnologia i aplicació multimedia i digital als dissenys observacionals* (GRID) [2017 SGR 1405], Generalitat de Catalunya. Además, este estudio ha contado con financiación de la Universidad de La Rioja.

## REFERENCIAS

1. Anguera, M.T. (1979). Observational typology. *Quality and Quantity. European American Journal of Methodology*, 13(6), 449-484.
2. Anguera, M.T. (1988). *Observación en la escuela*. Graó.
3. Anguera, M.T. (2003). La observación. En C. Moreno Rosset (Ed.), *Evaluación psicológica. Concepto, proceso y aplicación en las áreas del desarrollo y de la inteligencia* (pp. 271-308). Sanz y Torres.
4. Anguera, M.T., Blanco-Villaseñor, A., Hernández-Mendo, A., y Losada, J.L. (2011). Diseños observacionales: ajuste y aplicación en psicología del deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 11(2), 63-79.
5. Bahrami, F., Movahedi, A., Marandi, S. M., y Sorensen, C. (2016). The effect of karate techniques training on communication deficit of children with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 46(3), 978-986.
6. Bakeman, R. (1978). Untangling streams of behavior: Sequential analysis of observation data. En G.P. Sackett (Ed.) *Observing Behavior, Vol. 2: Data collection and analysis methods* (63-78). University of Park Press.
7. Bakeman, R., y Quera, V. (1995). *Analyzing interaction: Sequential analysis with SDIS y GSEQ*. Cambridge University Press.

## Análisis del combate en la iniciación al karate

8. Bakeman, R., y Quera, V. (2001). Using GSEQ with SPSS. *Metodología de las Ciencias del Comportamiento*, 3(2), 195-214.
9. Beneke, R., Beyer, T., Jachner, C., Erasmus, J. y Hütler, M. (2004). Energetics of karate kumite. *European Journal Applied Physiology*, 92, 518-523. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-004-1073-x>
10. Berlanga, V., Rubio, M.J., y Vilà, R. (2013). Cómo aplicar árboles de decisión en SPSS. *REIRE. Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 6(1), 65-79.
11. Blanco-Blanco, A, Asensio, I., Carpintero, E., Ruiz de Miguel, C. y Expósito, E. (2017). Aplicaciones de la segmentación jerárquica en medición y evaluación de programas educativos. Ejemplos con un programa de educación financiera. *Educación XXI*, 20(2), 235-257. <http://dx.doi.org/10.5944/educXXI.14464>
12. Blažević, S., Katić, R. y Popović, D. (2006). The effect of motor abilities on karate performance. *Collegium Antropologicum*, 30(2), 327-333.
13. Boguszewski, D., y Socha, M. (2011). Influence of karate exercises on motor development in pre-school children. *Journal of Combat Sports and Martial Arts*, 2(2), 103-107. <http://dx.doi.org/10.5604/20815735.1047142>
14. Botzer, M.Z.H. (1995). Therapeutic Karate with children aged 5-7. *World Federation of Occupational Therapists Bulletin*, 32(1), 20-23.
15. Camerino, O., Prieto, I., Lapresa, D., Gutiérrez-Santiago, A. e Hileno, R. (2014). Detección de T-patterns en la observación de deportes de combate. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(1), 147-155.
16. Chaabène, H., Hachana, Y., Franchini, E., Mkaouer, B., y Chamari, K. (2012). Physical and physiological profile of elite karate athletes. *Sports Medicine*, 42(10), 829-843. <https://doi.org/10.2165/11633050-000000000-00000>
17. Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational Psychological Measurement*, 20, 37-46. <http://dx.doi.org/10.1177/0011316446002000104>
18. Conant, K.D., Morgan, A.K., Muzykewicz, D., Clark, D.C., y Thiele, E.A. (2008). A karate program for improving self-concept y quality of life in childhood epilepsy: Results of a pilot study. *Epilepsy & Behavior*, 12(1), 61-65. <https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2007.08.011>
19. Coşkun, B., Kocak, S., y Saritaş, N. (2014). The comparison of reaction times of karate athletes according to age, gender and status. *Science, Movement and Health*, 14(2), 213-217.
20. Cronbach, L.J., Gleser, G.C., Nanda, H., y Rajaratnam, N. (1972). *The dependability of behavioral measurements: theory of generalizability for scores y profiles*. Wiley.
21. Daniels, K., y Thornton E.W. (1990). An analysis of the relationship between hostility y training in the martial arts. *Journal of Sports Sciences*, 8(2), 95-101. <https://doi.org/10.1080/02640419008732137>
22. Doria, C., Veicsteinas, A., Limonta, E., Maggioni, M.A., Aschieri, P., Eusebi, Y.F., y Pietrangelo, T. (2009). Energetics of Karate (Kata and kumite techniques) in top-level athletes. *European Journal Applied Physiology*, 107(5), 603-610. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1007/s00421-009-1154-y>
23. Escobar, M. (1998). Las aplicaciones del análisis de segmentación: el procedimiento CHAID. *Empiria, Revista de Metodología de las Ciencias Sociales*, 1, 13-49.
24. Escobar, M. (2007). *El análisis de segmentación: técnicas y aplicaciones de los árboles de clasificación*. Centro de Investigaciones Sociológicas.
25. Funakoshi, G. (1988). *Karate-dō nyūmon*. Kodansha International.
26. Gabin, B., Camerino, O., Anguera, M. T., y Castañer, M. (2012). Lince: multiplatform sport analysis software. *Procedia-Social y Behavioral Sciences*, 46, 4692-4694. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.320>
27. Gullledge, J.K., y Dapena, J. (2007). A comparison of the reverse y power punches in oriental martial arts. *Journal of Sports Sciences*, 26(2), 189-196. <https://doi.org/10.1080/02640410701429816>

28. Halibchi, F., Ziaee, V., y Lotfian, S. (2006). Injury profile in women Shotokan Karate championships in Iran (2004-2005). *Journal of Sports Sciences and Medicine*, 40(8), 730-731.
29. Hopkins, G. (2007). Política y kárate: influencias históricas en la práctica del Goju-ryu. *Revista de Artes Marciales Asiáticas*, 2(4), 55-73. <http://dx.doi.org/10.18002/rama.v2i4.333>
30. Ibáñez, R., Lapresa, D., Arana, J., Camerino, O., y Anguera, M.T. (2018). Observational Analysis of the Technical-Tactical Performance of Elite Karate Contestants. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 13(37), 61-70. <http://dx.doi.org/10.12800/ccd.v13i37.1039>
31. Iide, K., Imamura, H., Yoshimura, Y., Yamashita, A., Miyahara, K., Miyamoto, N., y Moriwaki, C. (2008). Physiological responses of simulated karate sparring matches in young men and boys. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 839-844. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816a5af6>
32. Koropanovski, N., Dopsaj, M., y Jovanovic, S. (2008). Characteristics of ponting action of top male competitors in Karate at World y European level. *Brazilian Journal of Biomotricity*, 2(4), 241-251.
33. Koropanovski, N., y Jovanovic, S. (2007). Characteristics of male elite fighter in the competition. *Serbian Journal of Sports Sciences*, 1(3), 97-115.
34. Laird, P., y McLeod, K. (2009). Notational analysis of scoring techniques in competitive men's karate. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 9(2), 171-187. <https://doi.org/10.1080/24748668.2009.11868475>
35. Lapresa, D., Ibáñez, R., Arana, J., Amatria, M. y Garzón, B. (2011). Estudio comparativo de las acciones de combate en el Karate de categoría juvenil (12-13 años) y sénior. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 104, 64-77. [http://dx.doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2011/2\).104.07](http://dx.doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2011/2).104.07)
36. Lapresa, D., Ibáñez, R., Arana, J., Garzón, B., y Amatria, M. (2011). Spatial y temporal analysis of Karate kumite moves: comparative study of senior and 12-13 years old groups. *International Journal of Performance Analysis of Sport*, 11(1), 57-70. <http://dx.doi.org/10.1080/24748668.2011.11868529>
37. Macan, J., Bundalo-Vrbanac, D., y Romić, G. (2006). Effects of the new karate rules on the incidence y distribution of injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 40(4), 326-330. <http://dx.doi.org/10.1136/bjsm.2005.022459>
38. Morillo-Baro, J.P., Troyano-Gallegos, B., Pastrana-Brincones, J.L., Vázquez-Diz, J.A., Reigal, R.E., Quiñones-Rodríguez, Y., ... & Morales-Sánchez, V. (2021). Data Mining and Polar Coordinates in the Analysis by Gender of Finishing Behaviors in Professional Basketball Pick and Roll. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3:742609. <http://dx.doi.org/10.3389/fspor.2021.742609>
39. Movahedi, A., Bahrami, F., Marandi, S.M. y Abedi, A. (2013). Improvement in social dysfunction of children with autism spectrum disorder following long term Kata techniques training. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 7(9), 1054-1061. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rasd.2013.04.012>
40. Nakayama, M. (1977). *Karatè kata heian 4*. Edizioni mediterranee.
41. Neide, J. (2009). El futuro de Japón: abarcando las complejidades multiétnicas a través de la educación física y de las artes marciales. *Revista de Artes Marciales Asiáticas*, 4(1), 50-55. <http://dx.doi.org/10.18002/rama.v4i1.224>
42. Ortega, J.L. (2015). Diferencias y evolución del impacto académico en los perfiles de Google Scholar Citations: Una aplicación de árboles de decisión. *Revista Española de Documentación Científica*, 38 (4), e102, <https://doi.org/10.3989/redc.2015.4.1225>
43. Ortiz, J.M., Vieites, A.R., y Calabuig, P.B. (2017). Aplicación de árboles de clasificación a la detección precoz de abandono en los estudios universitarios de administración y dirección. *Recta@*, 18(2), 177-201. <https://doi.org/10.24309/recta.2017.18.2.05>
44. Peker, A. T., y Vural, M. (2018). The relationship between orientation and rhythm ability of children doing karate. *Educational Research and Reviews*,

## Análisis del combate en la iniciación al karate

- 13(23), 764-768.  
<https://doi.org/10.5897/ERR2018.3641>
45. Ravier, G., Grappe, F., y Rouillon, J.D. (2003). Comparison between the maximal variables of velocity force y power from two analysis methods in the funtional assensment of Karate. *Science and Sport*, 18, 134-140.
46. Real Federación Española de Karate y D.A. (2020). *Reglamentos de competición de Kumite y Kata. Versión 2020*. Real Federación Española de Kárate y D.A
47. Riveiro-Bozada, A., García-García, O., Serrano-Gómez, V., Morales-Sánchez, V., López-Lopez, J. A., y Hernández-Mendo, A. (2016). Influencia del nivel de competición en las acciones técnicas de punto realizadas en Shiai Kumite femenino de karate. Análisis de coordenadas polares. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 16(1), 51-68.
48. Roschel, H., Batista, M., Monteiro, R., Bertuzzi, R.C., Barroso, R., Loturco, I., Ugrinowitsch, C., Tricoli, V., Franchini, E. (2009). Association between neuromuscular tests y kumite performance on the Brazilian Karate National Team. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8(3), 20-24.
49. Ruiz, M.C., y Hanin, Y.L. (2011). Perceived impact of anger on performance of skilled karate athletes. *Psychology of Sport and Exercise*, 12(3), 242-249.  
<https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2011.01.005>
50. Tabben, M., Sioud, R., Haddad, M., Franchini, E., Chaouachi, A., Coquart, J., Chaabane, H., Chamari, K., Tourny-Chollet, (2013). Physiological y perceived exertion responses during international karate kumite competition. *Asian Journal of Sports Medicine*, 4(4), 263-271.  
<https://doi.org/10.5812/asjasm.34246>
51. Theeboom, M., De Knop, P., y Vertonghen, J. (2009). Experiences of children in martial arts. *European Journal for Sport and Society*, 6(1), 19-35.  
<https://doi.org/10.1080/16138171.2009.11687825>
52. Violan, M.A., Small, E.W., Zetaruk, M.N. y Micheli, L.J. (1997). The effect of karate training on flexibility, muscle strength, and balance in 8-to 13-year-old boys. *Pediatric Exercise Science*, 9(1), 55-64. <https://doi.org/10.1123/pes.9.1.55>
53. Williams, A.M., y Elliott, D. (1999). Anxiety, expertise, y visual search strategy in karate. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 21(4), 362-375. <https://doi.org/10.1123/jsep.21.4.362>
54. Ysewijn, P. (1996). *About Software for Generalizability Studies (GT)*. Mimeograph.
55. Zetaruk, M.N., Violan, M.A., Zurakowski, D. y Micheli, L.J. (2000). Karate injuries in children and adolescents. *Accident Analysis and Prevention*, 32(3), 421-425.  
[http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575\(99\)00120-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575(99)00120-7)