

# **UNIVERSIDAD DE MURCIA**

## **ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO**

**Incidencia de la modificación reglamentaria en competición,  
sobre factores técnico-tácticos y físico-fisiológicos en tenistas  
sub-10**

**D. José María Giménez Egido**

Directores:

D. Enrique Ortega Toro

Dña. Gema Torres Luque

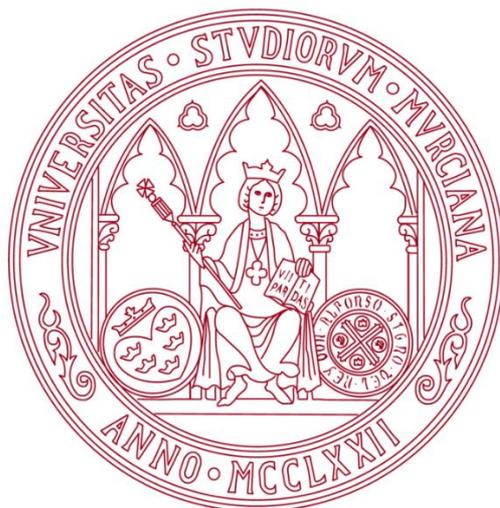
D. José Manuel Palao Andrés

2022



La presente tesis doctoral ha sido subvencionada en la convocatoria de Excelencia por el *“Ministerio de Economía, Industria y Competitividad”* a través de una beca predoctoral (BES-2017-081384), asociada al proyecto de I+D *“Diseño, construcción y evaluación de equipamiento deportivo: redes deportivas”* (DEP2016-76873-P). En este periodo se realizaron dos estancias de investigación, la primera bajo la tutela del Dr. Miguel Ángel Gómez Ruano, el cual tiene un índice h47 y un total de 7628 citas (fuente Google Académico), en el INEF de la Universidad Politécnica de Madrid del 13 de mayo al 19 de junio de 2019, y la segunda estancia bajo la dirección del Dr. Duarte Araújo con un índice h76 y un total de 19364 citas (fuente Google Académico), en la Facultad de Motricidad Humana de la Universidad de Lisboa del 22 de enero de 2021 al 26 de abril de 2021.





**UNIVERSIDAD DE MURCIA**  
**DEPARTAMENTO DE ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE**  
**Facultad de Ciencias del Deporte**

**D. Enrique Ortega Toro**

Doctor en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte y Catedrático del Departamento de Actividad Física y Deporte de la Universidad de Murcia

**AUTORIZA:**

La presentación de la tesis doctoral titulada: **Incidencia de la modificación reglamentaria en competición, sobre factores técnico-tácticos y físico-fisiológicos en tenistas sub-10** (*Effect of modifying rules in competition, on technical-tactical and physical-physiological parameters in U-10 tennis players*), realizada por **D. José María Giménez Egido**, bajo mi inmediata dirección y supervisión, y que presenta para la obtención del Grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

Y, para que surta los efectos oportunos al interesado, firmo la presente en Murcia, a diecisiete de enero de dos mil veintidos.

D. Enrique Ortega Toro





**UNIVERSIDAD DE JAÉN**  
**DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LA EXPRESIÓN MUSICAL,**  
**PLÁSTICA Y CORPORAL**  
**Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación**

**D.<sup>a</sup> Gema Torres Luque**

Doctora en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte y Catedrática del Departamento de Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal de la Universidad de Jaén

**AUTORIZA:**

La presentación de la tesis doctoral titulada: **Incidencia de la modificación reglamentaria en competición, sobre factores técnico-tácticos y físico-fisiológicos en tenistas sub-10** (*Effect of modifying rules in competition, on technical-tactical and physical-physiological parameters in U-10 tennis players*), realizada por **D. José María Giménez Egido**, bajo mi inmediata dirección y supervisión, y que presenta para la obtención del Grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

Y, para que surta los efectos oportunos al interesado, firmo la presente en Murcia, a diecisiete de enero de dos mil veintidos.

D.<sup>a</sup> Gema Torres Luque





**UNIVERSITY OF WISCONSIN - PARKSIDE  
DEPARTMENT OF HEALTH, KINESIOLOGY, AND SPORT  
MANAGEMENT**

**D. José Manuel Palao Andrés**

Doctor en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte y Profesor del “Health, Kinesiology, & Sport Management Department”.

**AUTORIZA:**

La presentación de la tesis doctoral titulada: **Incidencia de la modificación reglamentaria en competición, sobre factores técnico-tácticos y físico-fisiológicos en tenistas sub-10** (*Effect of modifying rules in competition, on technical-tactical and physical-physiological parameters in U-10 tennis players*), realizada por **D. José María Giménez Egido**, bajo mi inmediata dirección y supervisión, y que presenta para la obtención del Grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

Y, para que surta los efectos oportunos al interesado, firmo la presente en Murcia a diecisiete de enero de dos mil veintidos.

D. José Manuel Palao Andrés



*A mis padres, Pedro y Rosa María.*



## Agradecimientos

A mi director y padre académico, Enrique Ortega. Figura de investigación y transferencia como camino hacia la excelencia, abanderado de la ciencia en el ámbito docente, defensor de las Ciencias del Deporte, líder de multitud de proyectos nacionales e internacionales... pero por encima de todo, buena persona. Gracias por mostrarme una universidad integra donde el fin no justifica los medios, donde el alumno debe formarse íntegramente y donde la adquisición de competencias es un baluarte para el desempeño profesional. Gracias nuevamente por abrirme las puertas de tu casa y familia, creando puentes de unión entre el mundo académico y personal. Gracias por tu capacidad de comprensión, gracias por el tiempo invertido gratuitamente, gracias por tu humildad, gracias por la confianza depositada, gracias por tu implicación en mi formación, y así un largo infinito. Esta tesis ha sido realmente bonita por tu dirección, sabiduría y ayuda, gracias.

A mi directora Gema Torres. Por la confianza depositada, ofreciendo siempre tu talento, ayuda y consejo desinteresadamente. Este camino no hubiera sido igual sin tu participación en mi proceso de formación y vida personal. Gracias por siempre sacarme una sonrisa y ofrecerme soluciones en momento de máximo estrés. Gracias por anteponer mis intereses a los tuyos, eso dice la gran persona que eres. Fuiste la primer a persona que me ofreció vincularme al mundo del tenis, despertando el amor por este deporte, y sigues estando en el fin de este ciclo, gracias por tu ayuda inestimable.

A mi director, Jose Manuel Palao. Talento puro, que siempre ayuda en un segundo plano, sin hacer mucho ruido, sin esperar nada a cambio, pero sus contribuciones y dirección son la magia que conducen a la excelencia. Cada charla es oro el cual guardo en mi recuerdo, gracias por compartir tu sapiencia.

A mis tutores en centros extranjeros, Miguel Ángel Gómez y Duarte Araújo. Afortunado me hallo de haber conocido a dos investigadores espectaculares, con un compromiso tan elevado, por mejorar el proceso formativo de las personas que se encuentran a su cargo. El sentimiento de aprendizaje exponencial tras su tutorización es inmejorable, siempre les estaré agradecido.

A mis compañeros del grupo HUMSE, Aurelio, Isidro, Antonio, Fran, Ricardo y Javi el cual lidera Enrique Ortega. Por ofrecerme su tiempo y ayuda desinteresada en el desarrollo de mi tesis, e impulsar el sentimiento de pertenencia a este maravilloso grupo de investigación.

A los compañeros que me ayudaron en la toma de datos del presente documento; Ángel Iván, Juan Carlos, Jesús, Chema, Alfonso, Luis, Pedro y Diego. Sin vosotros hubiera sido imposible la consecución de este logro.

Por supuesto, a los amigos de la universidad, Pay, José, Manolo, Javi y Rober. Gracias por sacarme de vez en cuando a una terracita a que me diera el sol, a vuestro lado he comprendido el verdadero valor de la amistad. Especial mención a mi compañero Pay, que con su pasión y buen hacer, me inició en este maravilloso mundo que es el tenis.

También a los compañeros del grupo de investigación Aparato Locomotor y Deporte: Pilar, Santonja, Ayala, Cejudo, Raquel, Olga, Fran, May y Alba. Por hacerme partícipes de vuestro grupo como si fuera un miembro más, incluyéndome en procesos formativos desinteresadamente.

A los compañeros del grupo de investigación INTERLAB-UMU (laboratorio interdisciplinar de análisis clínicos): José Joaquín Cerón, Silvia Subiela y Damián Escibano. Gracias por vuestra ayuda, sin vosotros parte de esta tesis hubiera sido inviable.

Como no, a mis amigos de tenis y pádel; Fino, Quillo, Fran, Juandi, Pablo, Sergi y Miguel. Esta tesis en parte también es vuestra, al facilitarme y ayudarme en todo lo posible, tanto logística como humanamente.

A padres/madres, participantes y a la Academia Juan Carlos Ferrero Equelite. Gracias a vuestro compromiso y buen hacer fue posible desarrollar el estudio de campo. Especial mención a Jose Manuel Madrona y Ricky García por la gestión impoluta de los eventos.

A mi familia. A mi padre Pedro, por ser ejemplo de humildad, bondad, trabajo e inculcarme la valía del deporte. A mi madre Rosa, por ser una madre modelo que da todo por el bienestar de sus hijos, anteponiendo nuestros intereses a los suyos. Nunca os podré devolver lo que habéis hecho por mí, en mi formación y vida personal, soy muy afortunado de teneros. A mis hermanos Pedro y Adrián, a los cuales más de una vez me han ayudado con la toma de datos y la revisión de inglés de algún artículo. A mis sobrinos, por ser tal como son, geniales.

Agradecimientos que también extendiendo a mis tíos Pepe y Paco, además de mi madrina Mari. Por ofrecerme estabilidad en el plano personal para mi desarrollo académico. Siempre he sentido que me tratabais como a un hijo, gracias. A Mariano, Eloísa, Piti, Iñaki, Paco, Paloma, Javier, Ana y Marta, por cuidar de mí y de los míos, para que pudiera desarrollar mi sueño. A

Marina, la cual sin preguntar ni pedir nada a cambio, ha ayudado muchísimo a desarrollar mi competencia lingüística, espero algún día recompensarte.

Y, como no, a Concha. Por ser el amor de mi vida, que aguanta y comprende todo, solo con el fin de ayudar. Sinónimo de amor infinitivo por los suyos. Excelente mujer, amiga, compañera y madre, no he podido tener mayor suerte que estar a tu lado. Gracias, por anteponer mis deseos a los tuyos, espero algún día poder devolverte la mitad de lo que haces. No se puede explicar con palabras lo que siento por darme a las dos personitas más increíbles de mi vida, Blanca y Gonzalo, mil gracias por ello.

Espero no dejar a nadie fuera, no me gustaría sinceramente, porque he recibido tanto apoyo, que solo tengo palabras de agradecimiento en este proceso.

Gracias.



## Tabla de contenidos

Tabla de contenidos.....	XIX
Lista de figuras.....	XXIII
Lista de tablas.....	XXV
Abreviaturas.....	XXVII
Resumen.....	XXIX
Abstract.....	35
SECCIÓN I.....	35
INTRODUCCIÓN GENERAL, OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN E HIPÓTESIS .....	35
INTRODUCCIÓN GENERAL .....	37
1.1 Teorías subyacentes a los modelos deportivos actuales .....	37
1.2 Modelos pedagógico-deportivos basados en teorías cognitivo-constructivas y necesidades psicológicas básicas.....	45
1.3 Modelo pedagógico-deportivo basados en teorías ecológico dinámicas. ....	49
1.4 Creación de escenarios deportivos bajo el enfoque Constraints-led Approach. ....	53
1.5 Modificación del deporte en etapa formativa a través de la manipulación de equipamientos y espacios con especial énfasis en tenis.....	56
1.7 Líneas de actuación de la tesis .....	58
Objetivos de estudio e hipótesis.....	61
2.1 Objetivos de la tesis.....	61
2.2 Hipótesis de investigación .....	63
SECCIÓN II.....	65
ESTUDIOS PRINCIPALES.....	65
Estudio 1. Using Smart Sensors to Monitor Physical Activity and Technical– Tactical Actions in Junior Tennis Players .....	69

3.1 Información inicial del estudio 1 .....	69
3.2 Aportación del doctorando en el estudio 1:.....	70
3.3 Comentario del estudio 1:.....	70
3.4 Evidencia gráfica de la existencia del estudio 1: .....	71
Estudio 2. Changes in markers oxidative stress and -Amylase in Saliva of Children Associated with a Tennis Competition .....	73
4.1 Información inicial del estudio 2.....	73
4.2 Aportación del doctorando en el estudio 2:.....	74
4.3 Comentario del estudio 2:.....	74
4.4 Evidencia gráfica de la existencia del estudio 2: .....	76
Estudio 3. Effect of modification rules in competition on technical-tactical action in young tennis players (Under-10).....	77
5.1 Información inicial del estudio 3.....	77
5.2 Aportación del doctorando en el estudio 3:.....	78
5.3 Comentario del estudio 3:.....	79
5.4 Evidencia gráfica de la existencia del estudio 3: .....	80
Estudio 4. Effect of scaling equipment on U-10 palyers tennis serving during match-play: A nonlinear pedagogy approach .....	81
6.1 Información inicial del estudio 4.....	81
6.2 Aportación del doctorando en el estudio 4:.....	82
6.3 Comentario del estudio 4.....	83
6.4 Evidencia gráfica de la existencia del estudio 4. ....	84
SECCIÓN III.....	85
DISCUSIÓN, CONCLUSIONES (CONCLUSIONS), LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN (LIMITATIONS AND FUTURE RESEARCH LINES) .....	85
DISCUSIÓN .....	87

7.1 Discusión vinculada a principios pedagógicos .....	88
7.2 Discusión vinculada a aspectos específicos en tenis sub-10.....	89
7.3 Discusión vinculada a aspectos del bienestar del jugador .....	91
7.4 Reflexión final .....	92
CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNAS DE INVESTIGACIÓN .....	93
8.1 Conclusiones .....	93
8.2 Limitaciones de estudio y futuras líneas de investigación .....	95
CONCLUSIONS LIMITATIONS AND FUTURE RESEARCH LINES .....	97
9.1 Conclusions .....	97
9.2 Limitations and future research lines .....	99
PART IV .....	101
REFERENCIAS .....	101



## Lista de figuras

- Figura 1.** Montaje experimental de la presente tesis doctoral relacionando estudios, variables, objetivos y características relevantes. ....XXXII
- Figura 2.** Relación entre constreñimientos, repercusión multidimensional y capacidad de autorganización del individuo (adaptado de Araujo et al., 2004). ..... 55



## Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b>	Resumen de las características de publicación, objetivos, metodología, resultados principales y conclusiones .....	66
-----------------	--	----



## Abreviaturas

<b>ANOVA</b>	Análisis de la varianza
<b>AU</b>	Ácido úrico
<b>CLA</b>	Enfoque basado en restricciones
<b>CUPRAC</b>	Capacidad antioxidante reductora cúprica
<b>FRAP</b>	Capacidad reductora férrica del plasma
<b>GC</b>	Competición bajo las reglas del programa “Tennis 10s de la Federación internacional de Tennis” para la etapa verde (jugadores sub-10)
<b>GCA</b> s	Enfoque pedagógico centrado en el juego
<b>ITF</b>	Federación Internacional de Tennis
<b>MBI</b>	Non-clinical magnitude based inference
<b>MC</b>	Competición modificada
<b>NL</b>	Pedagogía no lineal
<b>sAA</b>	$\alpha$ -Amilasa
<b>sub-10</b>	Jugadores por debajo de 10 años
<b>sub-10 lima</b>	Adaptación de la etapa verde sub-10 generada por la Federación Austriaca de Tennis.
<b>sub-10 verde</b>	Jugadores por debajo de 10 años que juegan en etapa verde del programa Tennis 10s de la ITF
<b>sub-12 amarillo</b>	Jugadores por debajo de 12 de años que juegan en la etapa amarilla del programa Play and Stay de la ITF.
<b>sub-7 rojo</b>	Jugadores por debajo de 7 años que juegan en la etapa roja del programa Tennis 10s de la ITF
<b>sub-9 naranja</b>	Jugadores por debajo de 9 años que juegan en la etapa naranja del programa Tennis 10s de la ITF

**TEAC** Capacidad antioxidante reductora cúprica

**TGFU** Teaching Games for Understanding

**U-10 players** Jugadores por debajo de 10 años

## Resumen

La creación de escenarios de aprendizaje significativos en etapa formativa, es una cuestión que se lleva abordando desde hace más de 70 años. Diversos modelos deportivos han intentado abordar esta cuestión basándose en diversas teorías desde conductistas hasta las más actuales vinculadas a la ecología dinámica. Esta fluctuación se ve reflejada a través de diferentes estrategias pedagógicas enfocadas a alcanzar el máximo potencial al joven deportista, a lo largo del tiempo. En primer término, los programas deportivos se orientaron hacia el rendimiento inmediato y la consecución de resultados, pero principalmente desde los años 80 existe un cambio de paradigma al orientar la formación del joven jugador hacia el proceso. La orientación hacia el proceso busca el desarrollo integral del joven deportista obteniendo el máximo rendimiento dentro de sus posibilidades a nivel holístico, respetando el bienestar del joven deportista y su desarrollo madurativo (cognitivo, físico, fisiológico, social y emocional). Estos ideales han dado lugar a la creación de los minideportes, modificando principalmente tiempos, espacios y equipamientos deportivos con el propósito de mejorar la práctica de niños y jóvenes. Especialmente intensas han sido estas modificaciones en competición, donde instituciones y organizaciones generaron competiciones, modificando elementos estructurales como anteriormente se ha expuesto. La cuestión reside en la evidencia científica sobre las que se han realizado dichas modificaciones, y el grado de cumplimiento con principios pedagógicos transversales en enseñanzas deportivas como son la globalidad, la participación activa, la variabilidad motora, oportunidad de aprendizaje significativo, satisfacción, etc. La literatura científica indica que, la mayoría de modificaciones se han llevado a cabo sin evidencia científica que las ampare, y lo que es más preocupante sin conocer su efecto multidimensional el proceso formativo de niños y jóvenes. Los fundamentos de la mayoría de modificaciones en etapa de formación se sustentan en:

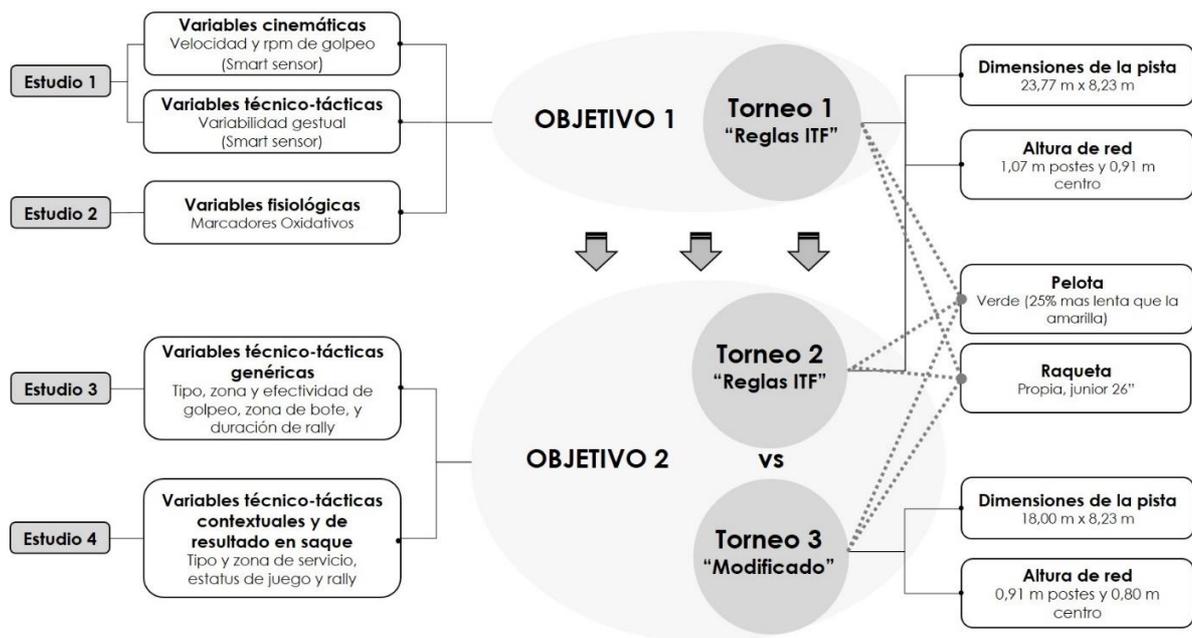
- Estudios en laboratorio alejados del contexto real en el que se desarrolla la actividad deportiva.
- Experiencias previas de jugadores o entrenadores, plasmando su visión acertada o no en la conformación del deporte formativo.
- Atención exclusiva a las características antropométricas de los participantes (niños más pequeños canchas más pequeñas), sin incluir otros criterios.

- Procesos lineales en el diseño de competiciones sin tener en cuenta las fases sensibles de desarrollo y la individualidad contextual, atendiendo en gran parte a la edad cronológica.
- Teorías primarias de otros campos de estudio, sin evidencia científica en el modelo de aplicación.

¿Quiere decir esto que todas las modificaciones en competición llevadas a cabo no son válidas? Por supuesto que no, es más, la mayoría supusieron la primera piedra para el cambio de paradigma centrando la atención en el jugador en competición, buscando un proceso formativo lo más óptimo posible según los criterios señalados arriba. Claro ejemplo, en el cual se han sustentado la estructuración deportiva de la competición modificando espacios, equipamientos y reglas en etapas de formación, fue en tenis. La Federación Internacional de Tenis (ITF) desarrollo el programa Tennis 10s, adaptando la competición según la edad cronológica del niño, para que los niños de estas edades pudieran obtener experiencias positivas jugando a tenis. La mayoría de federaciones nacionales acogen este modelo con ligeras modificaciones, al entender que esta estructura mejoraba el proceso formativo del niño tenista. Sin embargo, la literatura científica nos muestra que, no en todas las etapas, los efectos generados con la práctica son igual de beneficiosos. En concreto diversos estudios señalan que practicar en etapa verde no favorece oportunidades de variabilidad conductual y motora, como si sucede en la etapa anterior (roja) ni posteriores (adultos). Los estudios previos vinculan esta falta de variabilidad a la altura de la red y la dimensión de la pista al actuar como factores limitantes del aprendizaje. Por ello, el presente estudio busco diseñar una competición alternativa en categoría sub-10 en tenis, a través de la modificación del equipamiento deportivo y el espacio de juego. La adaptación de la competición a las necesidades y preferencias de los jugadores sub-10, se realizó cumpliendo con los principios pedagógicos que indican las enseñanzas de corte cognitivo-constructivista y ecológico-dinámico. El fin fue conocer la incidencia de la modificación reglamentaria en competición, para ellos se evaluaron diversos aspectos a nivel técnico-táctico y físico-fisiológico. Específicamente los objetivos de la tesis doctoral fueron:

1. Conocer el impacto de la adaptación de reglas en competición de jugadores sub-10 en etapa verde desarrolladas por la ITF sobre factores técnico-tácticos y físico-fisiológicos.
2. Diseñar y desarrollar una competición adaptada a las características en la categoría sub-10 en tenis en función a las evidencias encontradas en tareas. Con el fin de llevar a cabo una competición que se adapte a las necesidades y preferencias de los jugadores sub-10 para observar si se cumplen los principios pedagógicos de corte cognitivo-constructivista y ecológico dinámico.

Para ello, se realizaron tres torneos, en los cuales se dividió a los 20 jugadores sub-10 en 4 grupos de nivel similar, atendiendo a la información proporcionada por los entrenadores y el responsable técnico de la Academia Equelite de Juan Carlos Ferrero. Cada participante disputó 4 partidos a un set de 6 juegos con punto de oro y en caso de empate tiebreak a 7 puntos. La duración media de los partidos en los tres torneos fue inferior a 30 minutos, con un tiempo de descanso entre partidos similar al tiempo de juego (en cualquier caso, la duración de práctica fue similar a la generada en entrenamiento estándar (90 minutos)). La separación entre torneos fue de 1 semana. Los partidos se disputaron bajo la reglamentación para jugadores sub-10 de la ITF desarrollada en el programa Tennis 10s. Solo se modificó en un torneo la altura de la red y la dimensión de la pista (Figura 1). A continuación, se exponen las características principales de los torneos y su vinculación a los objetivos de la presente tesis doctoral:



**Figura 1.** Montaje experimental de la presente tesis doctoral relacionando estudios, variables, objetivos y características relevantes.

Con el fin de mostrar evidencia del efecto que tiene participar en una competición en etapa verde (GC), u otra modificada (MC) diseñada a partir de la literatura previa en otros contextos, se llevaron a cabo 4 estudios que responden a los dos objetivos planteados en la presente tesis:

- Objetivo 1. Conocer el impacto de la adaptación de reglas en competición de jugadores sub-10 en etapa verde desarrollada por la ITF sobre factores técnico-tácticos y físico-fisiológicos.

- Estudio 1. Using Smart Sensors to Monitor Physical Activity and Technical–Tactical Actions in Junior Tennis Players. Donde se llevó a cabo un diseño observacional descriptivo de una competición en etapa verde en jugadores de tenis sub-10, para observar la cantidad y variabilidad de diversos aspectos técnico-tácticos. La información se recogió a través de sensores inteligentes. Los resultados muestran una clara falta de variabilidad técnico-táctica en esta etapa. Por lo que se recomienda rediseñar la competición
- Estudio 2. Changes in Markers of Oxidative Stress and  $\alpha$ -Amylase in Saliva of Children Associated with a Tennis Competition. En el cual se realizó un estudio descriptivo sobre la evolución de marcadores oxidativos con el objetivo de estudiar la tendencia de los mismo durante la competición. Los resultados más importantes señalan que

existe un incremento en estos indicadores progresivamente con ligeras fluctuaciones.

Estos datos abrirán futuras líneas de investigación

- Objetivo 2. Diseñar y desarrollar una competición adaptada a las características en la categoría sub-10 en tenis en función a las evidencias encontradas en tareas. Con el fin de llevar a cabo una competición que se adapte a las necesidades y preferencias de los jugadores sub-10 para observar si se cumplen los principios pedagógicos de corte cognitivo-constructivista y ecológico dinámico.

- Estudio 3. Effect of modification rules in competition on technical-tactical action in young tennis players (under-10). El diseño de estudio fue de corte transversal de tipo A-B. El objetivo fue comparar diversas acciones técnico-tácticas entre la modalidad el torneo MC y GC y su grado de cumplimiento con principios pedagógicos actuales. Los resultados muestran una mayor variabilidad en el torneo MC. Estos datos evidencian la necesidad de un reajuste en la competición en etapa sub-10 en tenis.
- Estudio 4. Effect of scaling equipment on U-10 players tennis serve during match-play: a nonlinear pedagogical approach. El diseño de estudio fue transversal de tipo A-B. El objetivo fue estudiar en profundidad la acción técnico-táctica de saque, para conocer qué elementos son clave para que la dimensión de la pista y la red no sean un factor limitante del aprendizaje. Los resultados indican que jugar en la competición MC mejora la variabilidad, porque permite utilizar esta acción como elemento ofensivo cuando van por encima en el marcador. La competición MC favorece experiencias de aprendizaje positivas, mientras que la GC lo hace en menor medida.

En general se puede concluir que se debe investigar con mayor profundidad el efecto que tiene la competición en indicadores fisiológicos, vinculados con el estrés físico y cognitivo, para mejorar el bienestar de los jugadores sub-10 en competición. Además, las actuales reglas de competición (GC) no favorecen la variabilidad motora ni conductual, para invitar a los jugadores sub-10 a explorar nuevas soluciones creativas.

**Palabras clave:** tenis, jóvenes jugadores, niños, etapa formativa, Pedagogía no lineal, Enfoque centrado en el juego, experiencias positivas, perspectiva integral, sensores inteligentes, marcadores oxidativos, variabilidad, acciones técnico-tácticas.

## Abstract

The design of meaningful learning scenarios at formative stage is an issue that has been addressed for more than 70 years. Different sports models have tried to address this issue based on various theories from behaviorist to the most current ones linked to dynamic ecology. Over time, different pedagogical strategies have been established, focused on reaching the maximum potential of the young athlete. In the first term, sports programs were oriented towards immediate performance and the achievement of results, but mainly since the 80's there has been a significant change of paradigm by orienting the training of the young player towards the process. The orientation towards the process seeks the integral development of the young athlete obtaining the maximum performance within his possibilities at a holistic level, respecting the well-being of the young athlete and his maturity development (cognitive, physical, physiological, social and emotional). These ideals have given rise to the creation of mini-sports, modifying spaces and sports equipment with the purpose of improving the practice of children and young people. Especially intense have been these modifications in competition, where institutions and organizations generated competitions modifying structural elements as previously exposed. The question lies in the scientific evidence on which these modifications have been made, and the degree of compliance with transversal pedagogical principles in sports education as globality, participation, motor variability, opportunity for meaningful learning, satisfaction, etc. The scientific literature indicates that most modifications have been carried out without scientific evidence to support them and, what is more worrying, without knowing their multidimensional effect on the formatting process of children and youths. The basis for such modifications in the training stage are based on:

- Laboratory studies far from the real context in which the sport activity is developed.
- Previous experiences of players or coaches, reflecting their successful or unsuccessful vision in the conformation of the young sport.
- Exclusive attention to players' anthropometric characteristics (smaller children, smaller courts), without including other criteria.

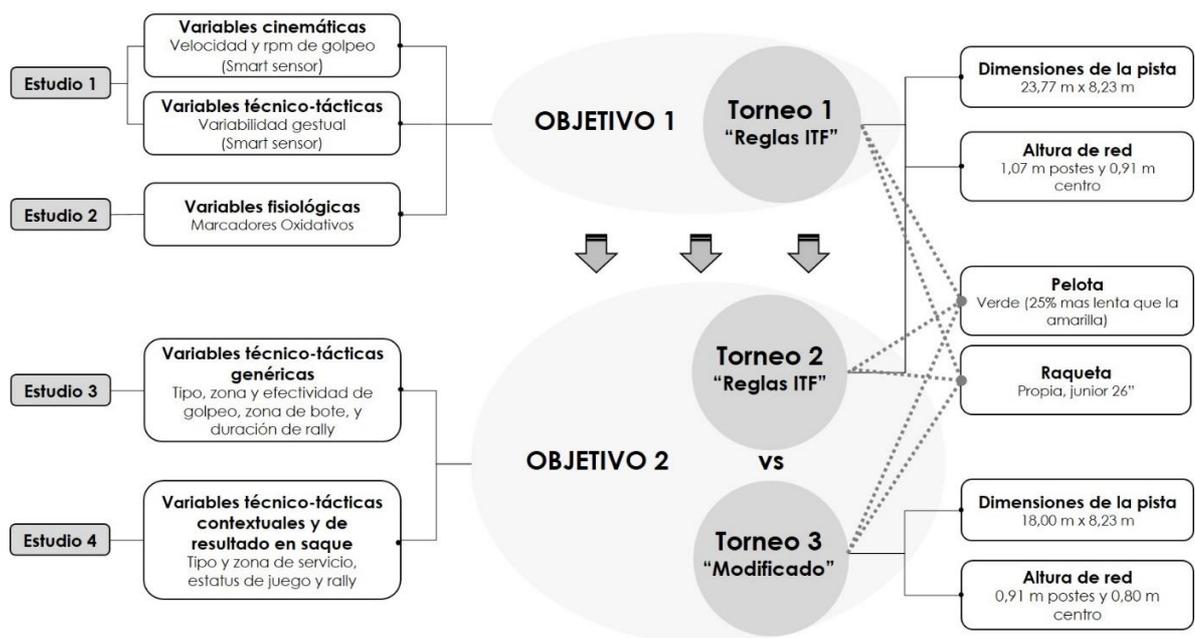
- Linear processes in the design of competitions, without taking into account, the sensitive phases of development and contextual individuality, largely based on chronological age.
- Primary theories from other fields of study, without scientific evidence in real contexts.

Does this mean that all competitive modifications carried out are invalid? Of course not, most of them were the first stone for the change of paradigm focusing the attention on the player in competition, looking for the best possible training process according to the above-mentioned criteria. A clear example on which the sporting structuring of competition has been sustained by modifying spaces of play, equipment and rules in development stages was in tennis. The International Tennis Federation (ITF) developed the Tennis 10s program, scaling the competition according to children's chronological age, so that children of these ages could obtain positive experiences playing tennis. Most national federations adopted this model with slight modifications, understanding that this structure improved the formative process of the child tennis players. However, the scientific literature shows that the effects generated by the practice are not equally beneficial at all stages. Specifically, several studies indicate that practicing in the green stage does not favor opportunities for behavioral and motor variability, as it does in the previous stage (red) or later (yellow stage). Previous studies link this lack of variability to the net height and court size acting as limiting factors for learning. Therefore, the present study sought to design an alternative competition in the U-10 tennis category, through the modification of the sports equipment and the playing space. The adaptation of the competition to the needs and preferences of the U-10 players was carried out in compliance with the pedagogical principles indicated by the cognitive-constructivist and ecological-dynamic teachings. In order to know the incidence of the regulation modification in competition, several aspects at a technical-tactical and physical-physiological level were assessed. Specifically, the objectives of the doctoral thesis were:

1. To know the impact of the adaptation of rules in U-10 players during competition at green stage developed by the ITF on tactical- technical and physical-physiological factors
2. To design and develop a competition adapted to the characteristics of the U-10 category in tennis according to the evidence found in training environments. In the purpose of carrying

out a competition that fits the needs and preferences of the U-10 players, and observe if the cognitive-constructivist and ecological-dynamic pedagogical principles are fulfilled.

For this purpose, three tournaments will be carried out, in which twenty U-10 players were divided into 4 groups of similar level, according to the information provided by the coaches and the technical manager of the Equelite Academy of Juan Carlos Ferrero. Each participant played four matches to a set of six games with golden point and in case of a tiebreak; they played a tiebreak to 7 points. The mean match duration during the three tournaments was less than 30 minutes, with a rest time between matches similar to the playing time (in any case, the duration of practice not was longer than a standard training session (90 minutes)). The separation between tournaments was one week. The matches were played under the ITF U-10 player regulations developed in the Tennis 10s program. Only the net height and court size were modified in one tournament (Figure 1). The main characteristics of the tournaments and their relation to the objectives of this doctoral thesis are presented below:



**Figure 1.** Experimental setup of the present doctoral thesis relating studies, variables, objectives and relevant characteristics.

To show evidence of the effect of playing in a green stage competition (GC) or a modified competition (MC), four studies were designed according to previous literature to achieve the two thesis aims:

- Objective 1. To know the impact of the adaptation of rules in competition of U-10 players in green stage developed by the ITF on technical-tactical and physical-physiological factors.

- Study 1. Using Smart Sensors to Monitor Physical Activity and Technical-Tactical Actions in Junior Tennis Players. A descriptive observational design of a green stage competition in U-10 tennis players was carried out to observe the quantity and variability of various technical-tactical aspects. The information was collected through intelligent sensors. The results show a clear lack of technical-tactical variability at this stage. Therefore, it is recommended to redesign the competition.
- Study 2. Changes in Markers of Oxidative Stress and  $\alpha$ -Amylase in Saliva of Children Associated with a Tennis Competition. In which a descriptive study was carried out on the evolution of oxidative markers with the aim of studying their tendency during the competition. The most important results indicate that there is an increase in these progressive indicators with slight fluctuations. These data will open future lines of research.

- Objective 2. To design and develop a competition adapted to the characteristics of the U-10 tennis stage according to the evidences found. Hold a competition scaled to the needs and preferences of the U-10 players, to observe if the pedagogical principles of cognitive-constructivist and ecological-dynamic are fulfilled.

- Study 3. Effect of modification rules in competition on technical-tactical action in young tennis players (under-10). The study design was cross-sectional A-B type. The objective was to compare different technical-tactical actions between MC and GC tournaments and their degree of compliance with current pedagogical principles. The results show a greater variability in the MC tournament. These data show the need to modify the U-10 tennis competition.
- Study 4. Effect of scaling equipment on U-10 tennis players serve during match-play: A nonlinear pedagogical approach. The study design was A-B cross-sectional. The objective was to study in depth the serve, to know which elements are key, so that the court size and net height are not a limiting factor for learning. The results indicate that playing in the MC competition improves variability, when ahead in scoring. The MC

competition favors positive learning experiences, while the CG does so to a lesser extent.

It can be concluded that the effect of competition on physical-physiological indicators linked to physical and cognitive stress, should be further investigated to improve the well-being of U-10 players in competition. In addition, the current competition rules do not favor motor and behavioral variability, to invite U-10 players to explore new creative solutions.

**Keywords:** tennis, young players, children, formative stage, Non-linear pedagogy, Game-centered approach, positive experiences, integral perspective, smart sensors, oxidative markers, variability, technical-tactical actions.



## SECCIÓN I

# **INTRODUCCIÓN GENERAL, OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN E HIPÓTESIS**



# 1

## INTRODUCCIÓN GENERAL

### 1.1 Teorías subyacentes a los modelos deportivos actuales

La creación de modelos pedagógicos que optimicen el rendimiento a través de la formación en contextos formales en etapas tempranas, es una cuestión que se lleva abordando desde los inicios del deporte reglado (Smith & Smoll, 1990; Wormhoudt et al., 2017). Las instituciones deportivas, centros formativos, entrenadores, profesores e investigadores apoyándose en diversas fuentes de información han ido evolucionando, creando y refinando estos modelos conforme la sociedad y el conocimiento científico avanzaba (Button et al., 2020; Chesterfield et al., 2010; Ortega-Toro, Gimenez-Egido, et al., 2020; Wormhoudt et al., 2017). A grandes rasgos los modelos que sustentaban la formación de jóvenes jugadores fueron evolucionando desde teorías de aprendizaje conductistas, social cognitivas, constructivistas, hasta la actual coexistencia de enfoques cognitivo-constructivista, cognitivo-ecológicos y ecológico dinámicos (Chow et al., 2006; Renshaw et al., 2012; Renshaw & Chow, 2019; Tan et al., 2012).

Previamente a los años 50 las teorías predominantes en la formación de jugadores eran de tipo conductista tradicional o mecanicista, centrandose su atención en la dicotomía causa-efecto (Ertmer & Newby, 1993; Watson, 1913). El aprendizaje se basa en modelos de estímulo-respuesta donde el individuo aprende por asociación, al interactuar con el ambiente en ausencia de estructuras mentales organizativas (Jones, 2006; Schunk, 2012). La memoria juega un papel secundario debido a que la adquisición de habilidades se produce través de los hábitos, prestándose poca atención a como esos hábitos son almacenados y luego movilizados para un futuro uso (Ertmer & Newby, 1993). Estas

teorías centran su atención en la instrucción directa, donde el educador tenía un papel protagonista, al dar pautas sobre la respuesta adecuada ante determinadas situaciones (Ertmer & Newby, 1993; Roberts & Potrac, 2014; Schunk, 2012). La repetición periódica y el uso de refuerzos mantendrá la respuesta del aprendiz manteniendo un rendimiento óptimo (Ertmer & Newby, 1993; Roberts & Potrac, 2014; Skinner, 1968). El fallo o éxito de una acción dependen de la ejecución técnica, por ello se focaliza la atención en la repetición de modelos técnicos exitosos (Roberts & Potrac, 2014). El aprendizaje se basa en descontextualizar la tarea, fragmentando la adquisición técnica orientándola de lo sencillo a lo complejo en términos biomecánicos (Gottsmann & Delignières, 2016). Este tipo de modelos se orientan hacia la especialización temprana estableciendo programas deportivos en el que los jugadores en etapas de formación eran considerados mini-adultos (Wormhoudt et al., 2017).

Sin embargo, a finales de los años 50 y principios de los 60 hubo un cambio de paradigma sobre el aprendizaje (Schunk, 2012). Una de las ideas precursoras de este cambio fue, que el aprendizaje de nuevas acciones se puede producir simplemente observando sin necesidad de que exista instrucción alguna (Bandura, 2005; Schunk, 2012). Además, se observó que la instrucción tenía un efecto no solo en la realización de la acción sino en el propio sujeto, al modificar constructos motivacionales que median en el rendimiento (Bandura, 2005; Schunk, 2012). Estos modelos abordan las interacciones recíprocas entre factores personales, conductas y entornos (Bandura, 1986). El aprendizaje se produce por dos vías: el procesamiento de la información tras la realización de conductas previas en determinados contextos y se transforma en representaciones simbólicas que guían la acción (aprender de las consecuencias de las acciones) (Bandura, 1986, 2005; McMorris, 1999; Piaget & Cook, 1952; Pulaski, 1971; Schunk, 2012); y a través de la experiencia vicaria al observar modelos de ejecución de referencia (Bandura, 1986, 2005; Schunk, 2012). Se empieza a referenciar la complejidad del aprendizaje como consecuencia de una combinación entre observación y rendimiento (Bandura, 1986, 2005; Schunk, 2012). Por otro lado, se diferencia entre nuevo aprendizaje el cual debe pasar por una fase de observación (fase de reflexión sobre cómo hacer) para realizar (saber hacer) y conectar el aprendizaje con experiencias previas, el cual directamente se relaciona con saber

porque se hace tras un periodo de cuestionamiento (Schunk, 2012). Los programas de desarrollo de la pericia deportiva se sustentan en el énfasis de la comprensión (enseñar a pensar y aprender a aprender), promueve el aprendizaje significativo y el desarrollo holístico del individuo (Ertmer & Newby, 1993; Mcmorris, 1999; Roberts & Potrac, 2014). El rol del sujeto es como procesador activo de información el cual ya posee una serie de esquemas, estrategias y planes previos para aprender a solucionar problemas (Pulaski, 1971; Schunk, 2012; Stephanou et al., 2020). El profesor actúa como guía afectivo para mejorar la adquisición de conocimientos, habilidades cognitivas y meta-cognitivas y auto-reguladoras durante el aprendizaje (Chatzipanteli et al., 2015; Ertmer & Newby, 1993; Stephanou et al., 2020). En un primer momento la metodología empleada se centraba más en la secuenciación de las fases de aprendizaje con connotaciones instruccionales para tender finalmente hacia perspectivas constructivistas y ecológicas (Ertmer & Newby, 1993; Jonassen, 1991; Roberts & Potrac, 2014).

Previamente es importante matizar que el constructivismo se basa en multitud de teorías de aprendizaje, pero principalmente se basa en dos perspectivas predominantemente, la cognitiva-psicológica desarrollada principalmente por Piaget (Piaget & Cook, 1952) y la social-constructivista por Vygotsky (Davis & Sumara, 2003; Phillips, 1997). El constructivismo-cognitivo se basa en los trabajos de Piaget, en el cual el aprendizaje es entendido como la construcción activa de formas de conocimiento, recurriendo a las experiencias y a conocimientos anteriores para restablecer el equilibrio de su mundo interior ante una perturbación adaptándose a ella (Cobb, 1996; Glasersfeld, 1996). Este constructivismo radical focaliza su atención en la calidad de la interpretación que el individuo experimenta con el entorno y su adquisición de conocimientos. Sin embargo, el constructivismo-social destaca la influencia que los contextos tienen sobre la experiencia personal del individuo y la adquisición de conocimientos (Arcila et al., 2010; Vygotsky, 1979). El aprendizaje está incluido dentro de un macro-sistema social donde la participación activa en las dinámicas sociales construyen el pensamiento interno del individuo (Cobb, 1996; Davis & Sumara, 2003; Light & Wallian, 2008). Su principal diferencia reside en si el pensamiento está más influido por el individuo o por el entorno social (Cobb, 1996).

El enfoque constructivista aunque se encuentra en el límite del cognitivismo al concebir el aprendizaje como una actividad mental, posee matices que lo diferencian lo suficiente de la perspectiva cognitiva radical (Ertmer & Newby, 1993; Jonassen, 1991). La principal diferencia reside en el tratamiento de la información que realiza la mente, al filtra la información del ambiente para producir su propia realidad (Ertmer & Newby, 1993; Greeno, 1989; Jonassen, 1991). Además, el constructivismo se sustenta en la interacción en el ambiente y el individuo, donde el conocimiento no es independiente a la mente y la imagen del mundo real proviene de nuestras interpretaciones y experiencias del mismo (González et al., 2008). Por lo tanto, no existe una realidad objetiva, el aprendizaje emerge en el contexto donde se produce y la representación mental que el sujeto realiza junto con las experiencias previas (Bredo, 2006; González et al., 2008; Light & Wallian, 2008). Por esta razón es importante que el aprendizaje suceda en entornos reales, y que las tareas sean relevantes para la vivencia de experiencias significativas, facilitando así la participación reflexiva (Ertmer & Newby, 1993; Fosnot, 2013). Por consiguiente, el rol del educador es el diseño de tareas y no tanto definir la estructura de modo objetivo para alcanzar éxito en la tarea, su rol pasa de instructor a facilitador del aprendizaje (Greeno, 1989; Light & Wallian, 2008). El educador debe crear tareas manipulando materiales o interacciones sociales que faciliten la participación activa del alumno en su aprendizaje, creando estructuras propias de pensamiento para aplicarlas en la resolución de problemas que se presentan durante la tarea (Bruning et al., 1999; González et al., 2008; Schunk, 2012). El proceso de enseñanza-aprendizaje, tiene que ofrecer oportunidades para la búsqueda y exploración auto-dirigida a través de la libertad de movimiento, juicio, selección y ejecución (Davis & Sumara, 2003). El constructivismo aboga por estos ideales, sin embargo algunos autores en etapas iniciales indican que; la adquisición de habilidades básicas a través de enfoques cognitivistas y conductistas en dominios de conocimiento relativamente estructurados puede ser más eficaz que a través estrategias constructivistas (Bednar et al., 1992; Jonassen, 1991). Pero estos autores matizan que cuando el individuo adquiera un dominio mínimo, se debe progresar a un enfoque constructivista, ya que la adquisición de conocimientos avanzados en dominios poco estructurados, dota al individuo del poder conceptual necesario para resolver problemas complejos en entornos reales (Ertmer & Newby, 1993; Jonassen, 1991; Vygotsky, 1979).

En definitiva la perspectiva constructivista enfatiza en la creación de aprendizajes donde el individuo lucha con los problemas generados en entornos reales experimentando, proponiendo y llevando a cabo soluciones creativas en un entorno social de confianza, a la vez que mejora su percepción de competencia sin miedo al error (Fosnot, 2013; Light & Wallian, 2008). Incluso ambientes cooperativos de debate pueden mejorar el proceso de aprendizaje, debido a que ofrecen al individuo múltiples perspectivas que ayudan a la construcción interna del pensamiento al poner en común sus vivencias ante el mismo problema (Ertmer & Newby, 1993; Vygotsky, 1979).

Varios autores han intentado aglutinar las diferentes perspectivas constructivistas generando principios básicos que unifiquen una serie de características de actuación (Davis & Sumara, 2003; Fosnot, 2013; Light & Wallian, 2008; Rovegno & Dolly, 2006). Estos principios se pueden resumir en los siguientes puntos:

- *El aprendizaje es desarrollo.* El educador debe permitir que el individuo se realice sus propias cuestiones, genere sus hipótesis y lleve a cabo la viabilidad de las mismas.
- *El desequilibrio facilita el aprendizaje.* Plantear tareas abiertas en contextos reales genera un desequilibrio cognitivo, activando el proceso de auto-organización de la experiencia personal, posibilitando al individuo explorar y genera multitud de soluciones que conllevan aprendizaje.
- *La abstracción reflexiva es la fuerza impulsora del aprendizaje.* Como creadores de significado los seres humanos buscan organizar y generalizar la experiencia, para ello es necesario promover estrategias de reflexión sobre la acción y conectar la experiencia con conceptos abstractos de la mente.
- *La cognición y el aprendizaje surgen con el dialogo dentro de una comunidad comprometida con la actividad.* La comprensión surge de la interacción y el dialogo defendiendo su posicionamiento ante su grupo proximal, siendo validadas sus ideas socialmente.

- *El aprendizaje evoluciona por el desarrollo de estructuras.* El individuo en la resolución de problemas produce cambios estructurales refinando ideas previas, para generalizar su uso a través de la experiencia. Generando así, la auto-organización de conceptos preexistentes.

Estos principios han regido multitud de modelos deportivos cognitivo-constructivistas, en los cuales se ha sustentado el cambio hacia un aprendizaje significativo, donde el individuo es el protagonista del aprendizaje. Algunos de estos modelos actualmente continua vigentes, sin embargo, el marco-teórico con una mayor repercusión tanto en deportes colectivos como individuales en la actualidad se conoce como el enfoque ecológico dinámico (Araújo et al., 2019).

La perspectiva ecológica dinámica se basa en el enfoque Gibsoniano de la psicología ecológica (Heft, 2020), aunque su mayor contribución proviene de la teoría de los sistemas dinámicos en el campo de las matemáticas, la cual modela como los sistemas continuamente varían en el tiempo (Button et al., 2020). Aunque la teoría de los sistemas dinámicos ha sido una gran contribución, por sí misma no puede ser interpretada al no ser una teoría del comportamiento y por ello se integra con la psicología ecológica, naciendo el término “ecología dinámica” (Araújo et al., 2020). El marco teórico de la ecología dinámica considera a los jugadores y/o equipos como sistemas complejos adaptativos, es decir una red de trabajo formada por subcomponentes altamente integrados capaces de auto-organizarse para crear sinergias funcionales, en función de las restricciones propias y del ambiente (Araújo et al., 2020; Button et al., 2020) Las características de la ecológica dinámica hacen que adquiera una especial relevancia en multitud de campos relacionados con el deporte los manuscritos desarrollados por Davids et al. (1994) y Araújo et al. (2006). Estos trabajos aportan una nueva visión sobre el aprendizaje motor, la pedagogía deportiva, la biomecánica, el análisis del rendimiento y la psicología. Como consecuencia existe un cambio respecto a las premisas constructivistas (Button et al., 2020). En primer lugar, el comportamiento se entiende tanto en función de las características ambiente como del sujeto, porque debido a su interacción se modelan continuamente (Araújo et al., 2019). Sin embargo, el sujeto no es entendido como el agente activo que en función de su estructura de conocimiento

interno es capaz de controlar la acción tras un estímulo ambiental, sino que cerebro, sujeto y ambiente se integran dinámicamente para regular una determinada acción (Araújo et al., 2006; Button et al., 2020; Correia et al., 2013). Por lo tanto, el ambiente contiene multitud de posibilidades de acción (affordances), que el individuo en función de sus posibilidades de acción propias es capaz de percibir regularidades en el ambiente para actuar (Araújo et al., 2020; Fajen et al., 2009; Richardson et al., 2008). La cognición emerge durante la interacción continua del sistema individuo-ambiente, y no como una representación interna de imágenes, símbolos o palabra almacenadas en el mundo interior de cada individuo, la percepción se produce directamente del mundo real y no indirectamente (Beek et al., 2003; Turvey, 1992). El sistema individuo-ambiente es la unidad relevante de análisis, debido a que el comportamiento se entiende como auto-organizado por los constreñimientos en un momento determinado, y en menor medida por el mundo externo (por ejemplo, la instrucción del entrenador) o interno (mente) (Araújo et al., 2019, 2020; Heft, 2020). Los constreñimientos ambientales e individuales generarán un abanico de posibilidades de acción, de las cuales solo algunas alcanzarán un determinado rendimiento para alcanzar el éxito del objetivo de la tarea (Button et al., 2020). La integración de intenciones, acciones y percepciones conllevará a la selección de comportamientos en un momento determinado ante un fuerte atractor (oportunidad de acción que atrae al sistema percepción-acción) acontecido en la dinámica del entorno (Araújo et al., 2020; Withagen et al., 2012). Sin embargo, esas invitaciones de acción son accesibles si los individuos tienen las habilidades necesarias para actuar sobre ellos, por ejemplo, a través de experiencias previas, ya que la experiencia aporta los grados de libertad de las posibilidades de acción (Araújo et al., 2019). Sin la destreza necesaria, esas oportunidades de acción no serían accesibles, ya que la destreza abre las posibilidades de acción del individuo (Araújo et al., 2019). En sujetos con baja habilidad o en proceso formativo la modificación del entorno puede facilitar el acceso hacia atractores que influyan positivamente en la dinámica del comportamiento de los individuos (Cordovil et al., 2009). En definitiva, los patrones perceptivos, acciones, sentimientos, ideas y pensamientos que conducen al aprendizaje de habilidades y conductas motoras óptimas, surgen al interaccionar los constreñimientos ambientales, individuales y propios (Seifert & Davids, 2012). Por lo tanto, cobra gran importancia el diseño de escenarios de

aprendizaje o rendimiento significativos, ricos en oportunidades de aprendizaje que los individuos puedan detectar, para que desarrollen acoplamientos funcionales y estables de percepción-acción (Araújo & Davids, 2015; O'Sullivan et al., 2020). Araújo y Davids, (2015) desarrollaron una serie de principios que deberían seguir los diseños representativos en la ecología dinámica:

- *Selección de oportunidades de aprendizaje relevantes.* Las invitaciones de acción deben ser guiadas por el educador (mediante el diseño de escenarios de aprendizaje) para que puedan ser percibidas, entonces el sujeto pueda actuar, y sí se desea, que comprenda (fase de cuestionamiento) y generalice el comportamiento.
- *Promover la fidelidad de la acción con el contexto real.* El diseño debe presentar affordances similares a las que puedan surgir durante la competición.
- *Diferenciar los grados de consecución del objetivo de la tarea.* El comportamiento es exitoso o funcional si se adapta a la estructura del entorno en el que se realiza, pero no como solución única debido a la ecología circundante que constriñe el mismo.

Como se puede observar el enfoque ecológico dinámico comparte con la perspectiva cognitivo-constructivista la creación de escenarios representativos deportivos (aunque la unidad de análisis es diferente). En ambas se busca crear oportunidades de aprendizaje significativas que en cierta manera guíen el comportamiento de los individuos, no estableciendo una solución única debido a los grados de libertad en la acción y los constreñimientos propios y ambientales (Button et al., 2020). Por los aspectos anteriormente mencionados las teorías cognitivo-constructivistas y ecológico-dinámicas son la base de los modelos deportivos actuales. Sin embargo, los modelos de carácter conductista están cayendo en desuso, debido a que cada vez se busca incidir más en el aprendizaje que aflora en entornos reales de juego, y menos en la instrucción analítica por parte del educador como sistema de aprendizaje. Esta afirmación está apoyada en evidencia científica de diferentes modelos deportivos, los cuales indican que las metodologías tradicionales basadas en la factorización de la adquisición de habilidades

mediante una dinámica lineal, en ambientes descontextualizados tienen escasa transferencia en contextos reales de juego (Renshaw et al., 2010; Tan et al., 2012).

## **1.2 Modelos pedagógico-deportivos basados en teorías cognitivo-constructivas y necesidades psicológicas básicas.**

Los modelos pedagógicos de corte cognitivo-constructivista con connotaciones positivistas, evolucionaron desde una perspectiva mecanicista-conductista basada en la repetición de modelos técnico exitosos, hacia modelos centrados en el desarrollo de la táctica mediante juegos (Alarcón et al., 2010; Bunker & Thorpe, 1982; Tan et al., 2012). El cambio de paradigma formalmente se produce a inicios de los 80, aunque la corriente americana data que en los años 50, ya se generan programas basados en el desarrollo de la conciencia táctica al implementar la cognición, percepción y motivación (American Sport Education Program, 2007, 2011, 2012). Estos modelos surgen debido a que se empiezan a observar una desconexión entre el método de enseñanza analítico y su aplicabilidad en entornos reales. En concreto Bunker y Thorpe (1982) y Thorpe et al. (1986), señalan una serie de problemas de estos modelos de aprendizaje tradicionales: a) énfasis en la técnica con escaso progreso de los jugadores; b) los jugadores tienen escaso conocimiento de los juegos deportivos; c) los jugadores más aptos tienen una técnica aplicable escasa, acompañada de una baja capacidad de toma de decisiones; d) los jugadores eran dependientes del entrenador; y d) no se creaban jugadores inteligentes tácticamente ni reflexivos basándose en la pregunta ¿saber porque se hace? Por lo tanto, el proceso de enseñanza-aprendizaje pasa por la idea de diseñar entornos de juego en el que el jugador sepa ¿qué hacer? ¿cómo hacer? ¿cuándo hacer? y ¿saber porque se hace? (Alarcón et al., 2010; Bunker & Thorpe, 1982). El educador busca a través del diseño de tareas la interacción entre el individuo y contexto de juego, y además este guía la exploración en la toma de decisiones del jugador en la resolución de problemas (Almond, 2015; Thorpe et al., 1986). El fin es, aumentar la capacidad reflexiva del jugador para construir o modificar conceptos y representaciones mentales individuales, generando una estructura mental mejorada que implemente el aprendizaje (Alarcón et al., 2010). La herramienta para conducir el comportamiento de los jugadores es la manipulación de reglas, espacios, equipamientos y roles de juego, creando juegos

modificados mediante dos técnicas: la representación y exageración las cuales generan tres tipos de juegos modificados (Mitchell et al., 2006; Thorpe et al., 1986): a) los juegos modificados por representación mantienen la lógica interna del juego y consiste en la versión reducida del juego adulto, como ocurre en los mini-deportes donde se modifica por ejemplo, el número de jugadores, espacios o los tiempos de juego; b) los juegos modificados por representación alteran la lógica interna del juego centrandolo en uno o varios aspectos del juego; y c) juegos modificados que aúnan la representación-exageración que habitualmente son empleados para la adaptación tanto en entrenamientos como en competición. Aun siendo el principal objetivo el desarrollo de la inteligencia táctica, el proceso de enseñanza-aprendizaje se entiende como la formación holística del individuo (Godbout & Gréhaigne, 2020). El entrenador debe aunar el impacto que puede tener la práctica deportiva a nivel técnico-táctico, físico, psicológico, emocional y social, prestando especial atención a aspectos cognitivo-motivacionales (Alarcón et al., 2010; Ortega-Toro, Gimenez-Egido, et al., 2020).

Estos estos ideales han conformado multitud de modelos de enseñanza aprendizaje semejantes a lo largo de todo el mundo como son: a) Teaching Games for Understanding (Bunker & Thorpe, 1982) ; b) Sport Education (Siedentop, 1994); c) Game Sense (Den Duyn, 1997); d) Play Practice (Lauder & Piltz, 2013); e) Tactical Games Approach (Mitchell et al., 2006); f) Enseñanzas Comprensivas (Castejón et al., 2010); y g) Tactical-Decision Learning Model (Godbout & Gréhaigne, 2020; Gréhaigne et al., 2005). Aunque existen más modelos deportivos en relación a esta perspectiva, probablemente estos sean los más representativos en la literatura científica (Almond, 2015). La principal diferencia reside en la adaptación realizada en función del contexto de aplicación (Almond, 2015; SueSee et al., 2016). La mayoría de modelos toman como referencia las ideas del modelo Teaching Games for Understanding (TGfU), aunque se enfocará a deportes de invasión, debido a que el proceso de enseñanza-aprendizaje es extrapolable otros a deportes (ej. muro y red) (Light, 2004, 2012). Incluso el modelo Game Sense desarrollado en Australia realiza una adaptación del modelo TGfU según el tipo de juego (invasión, red-muro, bateo y objetivo) (Light, 2012). A pesar de estas adaptaciones en todos ellos reside el aprendizaje a través de juegos modificados, por lo que se englobaron a en una corriente

educativo-deportiva denominada *Game-Centred Approaches* o *Game Based Approaches* (GCAs) (Harvey & Jarrett, 2014; Mitchell et al., 2006; Mitchell et al., 2013; SueSee et al., 2016). En líneas generales, la creación del GCAs surge tras aglutinar las características comunes de todos los modelos, para conseguir un enfoque común que rijan el proceso de enseñanza-aprendizaje bajo esta perspectiva. El fin de la creación de estos enfoques es aglutinar las ideas comunes de todos los modelos (Alarcón et al., 2010; Godbout & Gréhaigne, 2020; González-Víllora et al., 2020; Harvey & Jarrett, 2014; Light, 2012; Mitchell et al., 2006; Mitchell et al., 2013; SueSee et al., 2016). Por ello, se hace necesario describir minuciosamente cuáles son las ideas comunes de todos ellos:

- Colocar al alumno en el centro del aprendizaje. El proceso de enseñanza-aprendizaje debe tener en cuenta la naturaleza del jugador como sujeto activo y racional, el cual es responsable de sus actos. Para respetar la naturaleza del individuo, se deben crear escenarios de aprendizaje significativos adaptados a sus características y necesidades desde una perspectiva holística.
- El juego y en especial los juegos modificados como los “*small-sided conditioned games* o *small-sided games*” son el recurso para desarrollar la conciencia táctica del jugador, de ahí la necesidad de construir escenarios de aprendizaje significativos. Los juegos modificados deben ser semejantes a la situación real de juego, intentando no descontextualizar la práctica, y siguiendo una progresión táctica. Los principios pedagógicos son los siguientes: simplificar la tarea, modificación-exageración, modificación-representación, y la complejidad táctica. Pero sin lugar a dudas el poder de estos modelos, hace referencia al uso de los juegos modificados manipulando reglas de juego (ej. puntuación), espacios de juego, equipamientos deportivos, tiempos de juego y número de participantes, para abordar los principios citados.
- El rol del educador es el de facilitador del aprendizaje guiando el proceso de aprendizaje del jugador, diseñando juegos modificados (alejados del enfoque instruccional) que focalicen sobre uno o varios aspectos, que le permitan a cada jugador “individualmente”: a) explorar

nuevas posibilidades de acción en la resolución de problemas tomando decisiones, construir o modificar estructuras internas de pensamiento en un proceso de andamiaje en contextos reales de juego, para implementar su aprendizaje (aprendizaje significativo para el desarrollo cognitivo-motor); b) percibir éxito y desafío en las tareas, acorde a los criterios de Vigostky sobre la zona de desarrollo proximal (atención al desarrollo cognitivo-motivacional); c) experimentar sentimientos y constructos psicológicos positivos como el disfrute, el placer, la satisfacción etc., en el contexto deportivo y social teniendo en cuenta sus necesidades y características para repercutir positivamente en el bienestar emocional y físico (atención al desarrollo cognitivo-motivacional y emocional).

- El aprendizaje debe ser reflexivo para ello el sujeto debe ser consciente de su aprendizaje, contrastando sus ideas con el entorno deportivo y social más próximo. El objetivo es entender cómo se juega y contrastar sus hipótesis con el grupo como parte de un colectivo. El educador debe generar espacios para el debate y el cuestionamiento en y de la tarea, apoyándose principalmente en el feedback reflexivo.

Las características generales del proceso enseñanza aprendizaje en los GCAs es una estructura metodológica, donde la complejidad de los juegos y juegos modificados se incrementa con el desarrollo del individuo. La estructura metodológica de progresión en el modelo más conocido (TGfU) se basa en 6 pasos (Bunker & Thorpe, 1982): 1) propósito del juego; 2) la apreciación del juego; 3) la conciencia táctica; 4) la toma de decisiones adecuadas; 5) la ejecución de las habilidades; y 7) el rendimiento. En definitiva, los GCAs no son solo modelos educativos deportivos centrados en el juego, sino que desarrolla una estructura de aprendizaje para conseguir unos principios pedagógicos y así incidir en la formación integral de jóvenes jugadores. Así que la elaboración de juegos modificados comprende una labor de arquitectura, para diseñar tareas y competiciones que cumplan esta estructura y principios.

### **1.3 Modelo pedagógico-deportivo basados en teorías ecológico dinámicas.**

Las investigaciones en las últimas décadas respecto a control motor y aprendizaje en las ciencias relacionadas con el movimiento humano, evidencian que los principios pedagógicos de los modelos de corte cognitivo-constructivista podrían estar limitados por las siguientes causas: a) se sustentan en experiencias prácticas y la observación de entornos formales para la elaboración del diseño de tareas; b) la teoría de metas y logro por sí misma, no puede explicar cómo se produce la adquisición de movimientos y las habilidades funcionales debido a que no es una teoría de aprendizaje motor (Chow et al., 2007; Renshaw et al., 2016); c) los trabajos empíricos sobre esta metodología se han elaborado bajo el enfoque del procesamiento de la información y no en teorías ecológicas (French et al., 1996; Turner & Martinek, 1999); y ) aunque han aportado ideas relevantes sobre la adquisición de conocimientos, se perciben limitaciones sobre cómo suceden y se desarrolla las habilidades en relación a la toma de decisiones, porque solo se analiza el conocimiento interno del individuo y no la influencia de las dinámicas del ambiente, acontecidas en estos programas deportivos (Chow et al., 2007; Kelso, 1995); y e) se establece una relación entre individuo y ambiente, pero existe una falta de información sobre como el aprendizaje o el comportamiento dirigido a un objetivo puede emerger de tales interacciones (Chow et al., 2007; Renshaw et al., 2016).

La ecología dinámica aporta una base teórica consistente aportando los conocimientos y la comprensión necesaria en el diseño del aprendizaje deportivo mediante el sistema ambiente-individuo (Button et al., 2020; Chow & Atencio, 2014; Tan et al., 2012) Dentro de este marco teórico, se muestra como la perspectiva basada en los constreñimientos puede ayudar a entender la adquisición de habilidades y el juego dentro de la pedagogía no lineal (NL) (Button et al., 2020; Chow et al., 2006; Chow & Atencio, 2014; Tan et al., 2012). El individuo es el ejemplo de un sistema dinámico no lineal al mostrar características de estabilidad e inestabilidad comportamental, la capacidad para auto-organizarse y aprender superando constreñimientos propios, ambientales y de la tarea (Renshaw et al., 2010). La modificación de estos constreñimientos tiene un papel clave en la pedagogía no lineal, ya que el aprendizaje de nuevos patrones coordinativos y conductas motoras, emerge cuando el individuo supera constreñimientos ambientales,

individuales o de la tarea, aprendiendo a detectar fuentes de información clave en entornos de rendimiento (Chow, 2013; Renshaw et al., 2016; Tan et al., 2012). El rol del entrenador o educador en la modificación y manipulación de constreñimientos clave, es esencial para facilitar la emergencia de estos patrones motores funcionales, y los procesos en la toma de decisiones (Renshaw et al., 2010). La creación de ambientes de aprendizaje, manipulando constreñimientos clave por parte de los educadores deportivos, requiere seguir una serie de principios Chow et al. (2007). La NL elabora cinco principios que sirven como guía, para encauzar las indicaciones y el modelado de la práctica y constreñimientos relevantes (Chow, 2013; Correia et al., 2019; Renshaw et al., 2010, 2016)

- *Diseño de aprendizajes significativos.* El aprendizaje debe ser situado en un contexto real de juego, rico en numerosas oportunidades de aprendizaje (*affordances*), donde el jugador puede construir tomas de decisiones inteligentes al interaccionar el sistema individuo-entorno (no solo el entorno o el individuo), adquiriendo conocimiento a través del sistema individuo-ambiente.
- *Desarrollar acomplamientos relevantes de información-movimiento.* La relación circular existente entre la percepción y la acción en un contexto representativo de juego, debe estimular la aparición de conductas dirigidas a la consecución de un objetivo.
- *La manipulación de constreñimientos.* La exploración y adquisición de habilidades y conductas motoras funcionales, se puede producir al manipular constreñimientos clave, al activarse los procesos auto-organizativos inherente a los sistemas de movimiento humanos para restablecer la estabilidad tras un desajuste. El modelo teórico de Newell sobre la interacción recíproca de los constreñimientos, categoriza tres tipos de constreñimientos (Davids et al., 2005; Newell, 1986). El primer grupo hace referencia a los constreñimientos del *organismo*, los cuales hacen referencia a atributos físicos, cognitivos y emocionales tales como: peso, estatura, composición corporal motivación, sentimientos, etc. El

segundo grupo son constreñimientos *ambientales* a los cuales son de naturaleza física (luz, temperatura, viento, etc.) o social (compañeros, padres, entrenadores, etc.). Por último, los constreñimientos relacionados con la *tarea* son los espacios de juego, reglas de juego, equipamiento deportivo, número de jugadores y fuentes de información específicas de cada contexto.

- *El aprendizaje exploratorio debe apoyarse en la variabilidad funcional.* La adquisición de movimientos funcionales pasa por fomentar la variabilidad de acciones, promoviendo la actividad exploratoria del individuo en la resolución de problemas en un contexto real de juego (Ranganathan & Newell, 2013). Las respuestas y formas para la resolución de la tarea para alcanzar un objetivo pueden y deben ser variadas. Según la perspectiva Gibsoniana se debe fomentar la *degenerancia* (adaptación) del individuo en un entorno rico de affordances (oportunidades de aprendizaje), percibiendo atractores variados (Araújo et al. 2009).
- *Reducción del control consciente del movimiento.* Las instrucciones se tienen que centrar en el foco externo del individuo, dirigiendo la atención hacia el resultado/efecto de la acción más que focalizando en la acción en sí misma. Los entrenadores no deben proporcionar instrucciones verbales continuamente, para promover que el aprendizaje surja de la dinámica percepción-acción, al interactuar con los constreñimientos presentes en el escenario deportivo (Tan et al., 2012).

Estos principios poseen similitudes y diferencias en relación a los GCAs, pero sin lugar a dudas dotan a los educadores de una guía clara, para diseñar escenarios de aprendizaje bajo la manipulación de constreñimientos clave. El diseño de entornos de aprendizaje también se basa en una progresión metodológica, pero no entendida como una estructura secuencial, sino como un modelo de aprendizaje para tratar los diferentes ritmos de aprendizaje perceptivo-motriz, donde concurren la exploración y el refuerzo (Araújo et al., 2006; Button et al., 2020; Chow et al., 2007) Las etapas de aprendizaje son las siguientes (Renshaw et al., 2016):

1. *Exploración de los grados de libertad del sistema para alcanzar el objetivo de la tarea.* Manipular constreñimientos relacionados con la intención, con el objetivo de educar las intenciones de los jugadores ayudándoles a percibir que variables informativas necesitan percibir y cuando. La intención dirige la atención del ejecutante motivando conductas exploratorias que limitan la percepción-acción del individuo con el fin de alinearse con el objetivo de la tarea acoplando el movimiento a affordances clave.
2. *Explorar las soluciones de la tarea y afianzarlas.* El entorno de aprendizaje se encuentra lleno de affordances, las cuales el sujeto debe aprender a discriminar perceptivamente para regular sus acciones según la situación. En esta fase se produce la consolidación de las soluciones motoras descubiertas explorando los límites de esta solución buscando nuevos acoplamientos de percepción acción.
3. *Aprovechar o explotar los grados de libertad perceptivo-motores.* El individuo debe sintonizar con la mayor gama de variables espacio-temporales posibles. Esta sintonía mejorará el sistema de *degenerancia*, que hace referencia a la capacidad de realizar funciones o resultados similares de diferentes modos, mejorando la flexibilidad de los deportistas. Además, se ajustará el sistema perceptivo-motor a la información, actualizando el mapeo entre los componentes que perciben el mundo real y los que realizan la acción.

Hasta el momento la NL parece solo centrar su atención en el proceso de enseñanza-aprendizaje perceptivo-motor. Sin embargo, el trabajo desarrollado por Renshaw et al. (2012), vincula la NL con el desarrollo de la motivación intrínseca de forma similar a los GCAs. Renshaw et al. (2012) vincula el diseño de entornos de aprendizaje bajo constricciones con el cumplimiento de las necesidades psicológicas, básicas según la teoría de determinación (Deci & Ryan, 2008). La NL indica que la propia dinámica de interacción entre los organismos fomenta las relaciones interpersonales (entrenador, padres, compañeros, jueces, etc.). El individuo debe percibir un ambiente estimulante donde se pueda alcanzar éxito, desarrollándose inherentemente la percepción de

competencia que corresponde a la necesidad psicológica relacionada con la competencia. Por último, la autonomía está vinculada al hecho de encontrar soluciones individuales personales, mejorando su capacidad adaptativa en diferentes entornos. Diseñar entornos y formar a los entrenadores sobre su rol en la satisfacción de las necesidades psicológicas básicas de los individuos, es un aspecto importante, al poder actuar como activador de constreñimientos internos que fomenta constructos psicológicos deseables como el esfuerzo, la persistencia, la satisfacción y la resolución de problemas en relación al objetivo de la tarea (Renshaw et al., 2012). Así la NL fomenta la motivación intrínseca al alinearse con la teoría de determinación elaborada por Deci y Ryan (2008) para un desarrollo personal óptimo. A pesar de ello, faltan estudios que arrojen evidencias científicas sobre el efecto que genera la creación de escenarios de aprendizaje según los constreñimientos acontecidos bajo el prisma de la NL sobre constructos cognitivo-motivacionales.

Como se puede observar para el aprendizaje de patrones y conductas motores funcionales que fomenten la motivación intrínseca, se puede generar con la manipulación apropiada de los constreñimientos de la tarea y el entorno social (Oppici et al., 2017; Renshaw et al., 2010). Algunos autores señalan que la manipulación de constreñimientos es el elemento clave en la pedagogía no lineal, al influenciar al resto de principios (Chow, 2013; Chow et al., 2007; Correia et al., 2019; Renshaw et al., 2010). Por lo tanto, diseñar escenarios deportivos en entrenamientos y competiciones analizando la repercusión de manipular constreñimientos clave (reglas de juego, número de jugadores, equipamientos deportivos, tiempos de juego etc.) en el sistema organismo-entorno, guiados por los principios de la NL y el enfoque “Constraints-led approach” evidencia varios beneficios en los jugadores en etapa de formación.

#### **1.4 Creación de escenarios deportivos bajo el enfoque Constraints-led Approach.**

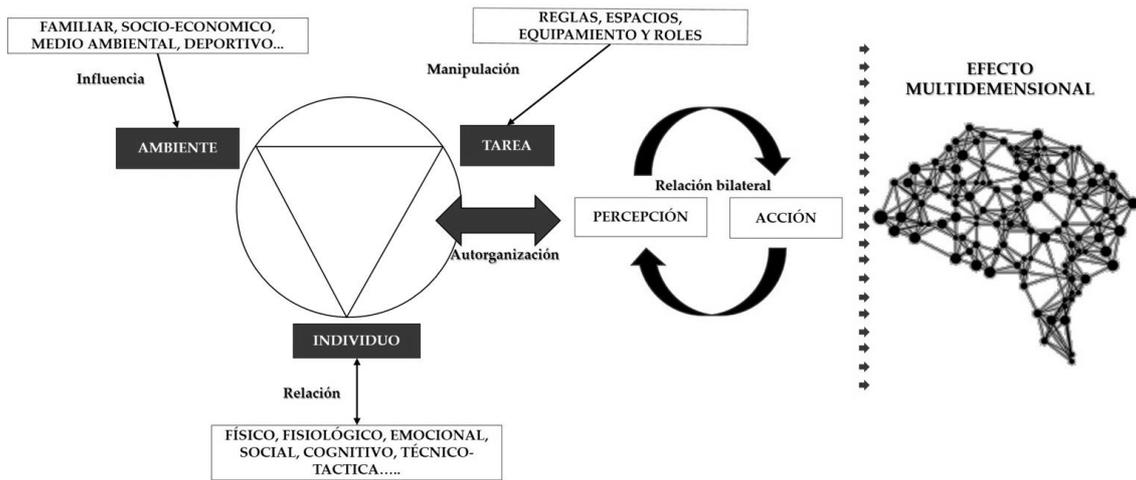
El diseño de escenarios deportivos en categorías de formación que mejoren los procesos de enseñanza-aprendizaje ha sido una cuestión de estudio desde los años 50 (American Sport Education Program, 2012; Araujo et al., 2006; Davids et al., 2012). Entrenadores y

académicos ya intuían que las reglas de juego, espacios de juego, el reglamento de competición, el equipamiento deportivo y los roles de los jugadores, debían ser manipulados para optimizar la formación de los jugadores en diferentes ámbitos deportivos (Ortega et al., 2012). Sin embargo, los propios elementos estructurales y reglamentarios del deporte parecían actuar como factores limitantes del aprendizaje, incluso ser un elemento que favorece el abandono deportivo en etapas tempranas. En primera instancia entrenadores, académicos y organismos deportivos apoyándose en resultados de situaciones controladas en laboratorio, experiencias propias y modelos deportivos sin teorías motoras sólidas que los respalden (aunque han sido fundamentales para el conocimiento actual), realizaron modificaciones sin conocer el impacto real de las mismas (Memmert et al., 2015).

En las últimas décadas se desarrolla el enfoque Constraints-led approach (CLA) que conforma los pilares la NP, con el fin de aportar un marco teórico sólido sobre el que sustentar principalmente el ajuste, adaptación, regulación de constreñimientos relacionados con la tarea y el ambientales en entornos reales (Renshaw et al., 2019). ¿Pero que es un constreñimiento? El termino constreñimiento en habla inglesa tiene connotaciones negativas como factor limitante, sin embargo en ciencia es entendido como las características del entorno que actúan como información que modulan o guían la complejidad adaptativa, a lo largo del tiempo de un sistema complejo como es el ser humano (Newell, 1986; Renshaw et al., 2019).

Varios son los trabajos y autores que apuestan por el enfoque CLA, pero sin duda el trabajo más influyente es el desarrollado por Newell (1986) y mejorado por Araújo et al. (2004) a posteriori, los cuales profundizan sobre el efecto que ejerce la alteración de constreñimientos en la relación ambiente-tarea-individuo en el desarrollo de la etapa infantil (Figura 2). Posteriormente fue implementado en otros campos para comprender que elementos coordinativos influyen el rendimiento (Davids et al., 1994) y la adquisición de habilidades (Handford et al., 1997).

## INTRODUCCIÓN GENERAL



**Figura 2.** Relación entre constreñimientos, repercusión multidimensional y capacidad de auto-organización del individuo (adaptado de Araújo et al., 2004).

La modificación de estos constreñimientos vinculados a la tarea y al ambiente activan procesos auto-organizativos en los sujetos, con el fin de reequilibrar la alteración sufrida con el propósito de autorregularse (Renshaw et al., 2019; Renshaw & Chow, 2019). Para tal fin, el sujeto debe adquirir conductas-patrones motores optimizados que mejoren el rendimiento para autorregularse, y que la modificación no resulte un factor estresante a nivel fisiológico, cognitivo, emocional y físico (García-González et al., 2011). Basándose en esta interacción los entrenadores y educadores bajo el enfoque CLA pueden manipular elementos de la tarea, para optimizar los procesos de enseñanza-aprendizaje. Según las experiencias previas y la capacidad adaptativa desarrollada (*degenerancia*) del jugador conformará o no estrategias óptimas de adaptación. El fin es de dotar al individuo de experiencias previas significativas y una implementada "*degenerancia*". El uso del enfoque CLA es fundamental, debido a la posibilidad de modificar la tarea o el ambiente tanto en entrenamiento y competiciones, que faciliten (no simplificar) la percepción de "*affordances*" en situaciones reales de juego. Los entrenadores bajo este enfoque pueden mejorar el proceso formativo del jugador, por ejemplo, bajar la altura de la canasta de 3,05 a 2,60 m facilita la aparición de conductas creativas, el éxito de lanzamiento y la satisfacción en jugadores de minibasket (Ortega-Toro et al., 2021; Ortega-Toro, Gimenez-Egido, et al., 2020). Así pues, se produce un aumento de la variabilidad y la capacidad exploratoria del sujeto, coincidiendo con los principios de la pedagogía no lineal, al modificar condicionantes relacionados con la tarea.

Con esta idea nacen los trabajos enfocados a la creación y revisión de los deportes modificados, con el fin de maximizar el potencial de los jóvenes jugadores en etapas formativas, manipulando material y espacios deportivos.

### **1.5 Modificación del deporte en etapa formativa a través de la manipulación de equipamientos y espacios con especial énfasis en tenis.**

La paradoja de la adaptación del deporte en etapa formativa basada en evidencia científica, se encuentra en pleno desarrollo, debido a que la adquisición de patrones motores funcionales a través de la variabilidad, no está clara aunque se haya adaptado el material y el espacio deportivo en algunos estadios de desarrollo (Buszard et al., 2016a; Buszard, Garofolini, et al., 2020). Es cierto que existen evidencias sobre los beneficios de adaptar el deporte a las características de jugadores en etapa formativa (Buszard, Farrow, et al., 2020), sin embargo los jóvenes jugadores en la práctica de algunos mini-deportes parecen no disfrutar de su práctica debido a que el equipamiento y el espacio actúa como factor limitante (Buszard, Farrow, et al., 2020). Los ejemplos más claros los podemos encontrar en: a) jugadores de tenis sub-10 los cuales tienen dificultades para sobrepasar la red sacando (Bayer et al., 2017); b) jugadores de cricket talentoso sub-12 que no logran batear la pelota a través del objetivo (Dancy & Murphy, 2020); c) jugadores de baloncesto sub-12 que lanzan menos a canasta desde la línea de 3 porque su maduración no les permite alcanzar el cesto (Ortega-Toro et al., 2021); o d) jugadores de bádminton sub-11 que casi no golpean remates ofensivos debido a la altura excesiva de la red (Ortega-Toro, Blanca-Torres, et al., 2020). Algunas de las adaptaciones realizadas en programas deportivos que hoy en día se siguen manteniendo, no son la mejor opción para la adquisición de habilidades motoras funcionales que conduzcan a una mejora formativa. La integración de los GCAs y NL es una realidad en la literatura científica, para la mejora formativa de jóvenes jugadores. Sin embargo, todavía existen pocos estudios que aporten evidencia científica sólida en el deporte en general y en tenis en etapas de formación en particular, sobre el efecto que posee la modificación de elementos estructurales de la competición, atendiendo primordialmente a criterios cronológicos o antropométricos. Solo algunos estudios, consiguen localizar que elementos actúan como

factores limitantes del aprendizaje y los modifican para generar experiencias positivas atendiendo a la complejidad humana (e.g. Ortega-Toro, Gimenez-Egido, et al., 2020)

### **1.5.1 Evidencia científica sobre la integración de la NL y los enfoques GCAs en la formación de jóvenes jugadores de tenis.**

La integración de los GCAs y la NL no se ha producido de igual modo en tenis. El predominio del enfoque NL hace centrar la mirada en este, por su peso en el desarrollo de estrategias y principios pedagógicos que ofrezcan oportunidades de aprendizaje óptimas, en contextos reales sobre la formación de jóvenes jugadores (Buszard et al., 2016a; Buszard, Farrow, et al., 2020). En concreto la mayoría de estudios han centrado su mirada en evaluar qué impacto tiene las modificaciones realizadas en categoría de formación por las federaciones de tenis más potentes a nivel internacional, las cuales están regidas en mayor o menor medida por la ITF. Algunos de los estudios más representativos se exponen a continuación:

- Fitzpatrick et al. (2018), compararon cuatro etapas progresivas en partidos simulados (sub-7 rojo, sub-9 naranja, sub-10 verde y sub-12 amarillo), y observaron que la tasa de éxito más baja en los primeros saques se daba en la etapa sub-10 verde.
- Bayer et al. (2017), analizaron el efecto de dos dimensiones diferentes de pista (pista sub-10 verde y pista lima sub-10 lima = reglas según el sistema de la Federación Austriaca de Tenis para jugadores sub-10 [altura de la red = 0,85 m y tamaño de la cancha = 20,77 m x 7,19 m]) en los jugadores sub-10 jugando en juego simulado en entrenamientos. Los resultados mostraron que los jugadores sub-10 verdes ganaron un porcentaje menor de puntos sacando que los sub-10 en etapa lima. Además, la estructura de juego de los sub-10 lima era más parecida a la de jugadores ATP que a la de los sub-10 en etapa verde.
- Timmerman et al. (2015), analizaron la influencia de adaptar el tamaño de la pista y la altura de la red durante el juego en jugadores sub-10 en cuatro condiciones diferentes (red y pista estándar, red estándar y pista adaptada, red adaptada y pista estándar, y red y pista adaptadas). Los jugadores con la red más baja

mejoraron su porcentaje de saques y jugaron de un modo más ofensivo, de forma similar a los adultos.

- Limpens et al. (2018), examinaron el efecto a corto plazo de reducir la altura de la red en jugadores sub-10 en una pista de tenis de tamaño normal. Los resultados mostraron más aces con alturas de red más bajas y el porcentaje de saques T fue más alto para la altura de red de 0,78 m. Además, la duración de los peloteos fue más corta y el juego más agresivo con las siguientes alturas de red: 0,65 m y 0,78 m.
- Schmidhofer et al. (2014), compararon la estructura de juego entre el tenis ATP y tres etapas de la guía Tennis 10s (U-9 naranja, U-10 verde y U-12 amarillo) en entrenamiento. Los resultados pusieron de manifiesto que el estilo de juego de los jugadores sub-10 verdes no era tan agresivo, dinámico y rápido. Además, el rendimiento en el saque de los jugadores sub-10 en etapa verde era el peor de todos.

Por tanto, parece que la actual altura de la red y el tamaño de la pista en la etapa verde sub-10 actúan como factores limitantes para el aprendizaje. Sin embargo, todavía existen pocos estudios que aporten evidencias científicas sobre la repercusión holística, que tiene la modificación de constreñimientos clave para la creación de escenarios de aprendizaje significativos, que se ajusten a las necesidades del joven jugador en competición (Memmert et al., 2015). Esta idea es especialmente importante si tenemos en cuenta la tasa de abandono deportivo infantil, debido a que no se generan experiencias positivas compitiendo en la mayoría de los casos (Buszard et al., 2016a; Buszard, Farrow, et al., 2020; Ortega-Toro, Gimenez-Egido, et al., 2020).

### **1.7 Líneas de actuación de la tesis**

Según las evidencias científicas encontradas, es necesario conocer el efecto que tiene sobre la formación de los jugadores la modificación de equipamientos en competición, con el fin, de diseñar competiciones formativas ajustadas a las características y necesidades de los tenistas sub-10 y como consecuencia generar experiencias positivas en un plano holístico. La literatura analizada ya muestra la existencia de problemas

formativos cuando los jugadores sub-10 practican con pistas y redes en formato adulto. Sin embargo, no existe estudios que analicen su efecto en competición, aun existiendo evidencia de ser la herramienta formativa por excelencia (Mesquita et al., 2012). Solo estudios primarios realizan pequeños esbozos, sobre diseños competitivos en tenis, pero su sustento teórico es escaso. Bajo el enfoque no lineal y matices de metodologías de índole comprensivo, se evalúa el grado de convergencia con diversos principios pedagógicos, que son los pilares de un proceso formativo óptimo. Esta investigación arroja nuevos datos que guían el cambio para una nueva estructura competitiva de tenis atendiendo no solo a la edad o características antropométricas, sino a la construcción de oportunidades de aprendizaje.



# 2

## OBJETIVOS DE ESTUDIO E HIPÓTESIS

### 2.1 Objetivos de la tesis

Los objetivos de la presente tesis doctoral fueron:

1. Conocer el impacto de la adaptación de reglas en competición de jugadores sub-10 en etapa verde desarrolladas por la ITF sobre factores técnico-tácticos y físico-fisiológicos.
2. Diseñar y desarrollar una competición adaptada a las características en la categoría sub-10 en tenis en función de la evidencia encontrada en tareas. Con el fin de llevar a cabo una competición que se adapte a las necesidades y preferencias de los jugadores sub-10, para así, observar si se cumplen los principios pedagógicos de corte cognitivo-constructivista y ecológico dinámico.

El primer objetivo se encuentra vinculado al estudio holístico que tiene el efecto de la actual competición modificada basada en el programa Tennis 10s desarrollado por la ITF en etapa verde, en la cual participan jugadores sub-10 habitualmente. Para ello, se utilizaron dos herramientas novedosas como son los sensores inteligentes para el análisis técnico-táctico y el análisis de biomarcadores oxidativos a través de la saliva. Siguiendo esta línea de actuación, el segundo objetivo se orientó a realizar una comparación entre dos competiciones modificadas y su efecto sobre el proceso formativo. La primera competición acorde a la reglamentación actual de la ITF para jugadores sub-10 en etapa verde (GC), y la segunda modificada (MC) reduciendo la altura de red y el tamaño de la pista.

Para cumplir estos objetivos de la presente tesis doctoral se realizaron cuatro estudios los cuales tuvieron los siguientes objetivos específicos:

- **Estudio 1.** Using Smart Sensors to Monitor Physical Activity and Technical–Tactical Actions in Junior Tennis Players.
  1. Utilizar un sensor inteligente, para conocer la cantidad y variabilidad de actividad física y acciones técnico-tácticas de los jugadores de tenis sub-10 en competición
  2. Conocer la variabilidad de las siguientes variables: (a) número de golpes, (b) porcentaje de impacto de la pelota en el punto dulce de la raqueta; (c) la velocidad de la pelota; y (d) el efecto de la pelota.
  3. Analizar la relación entre calorías quemadas; y tiempo de partido.
- **Estudio 2.** Changes in Markers of Oxidative Stress and  $\alpha$ -Amylase in Saliva of Children Associated with a Tennis Competition.
  4. Revelar posibles cambios en el perfil de 4 biomarcadores salivares de estrés antioxidantes; ácido úrico (AU), capacidad antioxidante equivalente de Trolox (TEAC), capacidad reductora férrica del plasma (FRAP), y capacidad antioxidante reductora cúprica (CUPRAC).
  5. Analizar cambio en el perfil del biomarcador  $\alpha$ -Amilasa, relacionado con el estrés psicológico en una competición de tenis sub-10.
- **Estudio 3.** Effect of modification rules in competition on technical-tactical action in young tennis players (under-10).
  6. Investigar el efecto de la reducción de la altura de la red en MC (de 0,91 m a 0,80 m) y de las dimensiones de la pista (de 23,77 x 8,23m a 18,00 x 8. 23m), y observar las diferencias con la actual competición de tenistas menores de 10 años (GC), en relación a los siguientes aspectos técnico-tácticos: a) tipos de golpes básicos, situacionales y técnico-tácticos especiales; b) área de golpeo de los jugadores; c) zona de saque; d) zona de bote en rally, e) eficacia de golpeo; y f) duración rally.
- **Estudio 4.** Effect of scaling equipment on U-10 players tennis serve during match-play: A nonlinear pedagogical approach
  7. Comparar dos formatos de competición adaptados a jugadores de tenis sub-10 (primer formato basado en la guía Tennis 10s en etapa verde = GC, y segundo formato, modificado en la altura de la red (de 0,91 m a 0,80 m) y el tamaño de

la pista (de 23,77 x 8,23 m, a 18,00 x 8,23 m = MC), analizando los siguientes aspectos: a) rendimiento del saque; b) rendimiento del saque en función de la zona del mismo; c) duración de rally; d) duración de rally en función de la zona de saque; e) rendimiento del saque en función del resultado de juego momentáneo.

La línea conductual de estos objetivos, tiene como fin analizar en primer lugar el actual sistema de competición sub-10 para así identificar factores clave a modificar, para poder diseñar una competición alternativa junto a la literatura existente. De este modo se podrán extraer conclusiones más solidas con una perspectiva más amplia, del efecto que tiene la modificación de reglas.

## 2.2 Hipótesis de investigación

Las hipótesis de investigación quedan vinculadas a los estudios que conforman la presente tesis doctoral de la siguiente forma:

- **Estudio 1.** Using Smart Sensors to Monitor Physical Activity and Technical–Tactical Actions in Junior Tennis Players.
  1. La utilización de sensores inteligentes válidos permitirá conocer la cantidad y variabilidad de actividad física y acciones técnico-tácticas realizadas. Además, acortará sustancialmente el tiempo de análisis siendo una herramienta muy útil para entrenadores.
  2. Se producirá un mayor número de golpes de índole liftada, denotando una clara falta de variabilidad.
  3. Existirá una relación fuerte entre calorías quemadas; y tiempo de partido, sin embargo, es difícil estimar si se mantendrá constante.
- **Estudio 2.** Changes in Markers of Oxidative Stress and  $\alpha$ -Amylase in Saliva of Children Associated with a Tennis Competition.
  4. Debido a la falta de literatura existente, es difícil estimar el comportamiento de estos biomarcadores relacionados con el estrés antioxidantes; ácido úrico (AU), capacidad antioxidante equivalente de Trolox (TEAC), capacidad reductora férrica del plasma (FRAP), y capacidad antioxidante reductora cúprica

(CUPRAC). Nuestra creencia radica en un crecimiento paulatino como en los deportes de equipo, pero carecemos de datos previos para establecer una hipótesis previa sólida.

5. El biomarcador  $\alpha$ -Amilasa relacionado con el estrés psicológico, suponemos que aumentara paulatinamente, pero creemos que existen otros mediadores que pueden hacerlo variar a lo largo del tiempo relacionados con el grado de oposición.

- **Estudio 3.** Effect of modification rules in competition on technical-tactical action in young tennis players (under-10).

6. La variabilidad será mayor en MC en el uso de las siguientes variables; a) tipos de golpes básicos, situacionales y técnico-tácticos especiales; b) área de golpeo de los jugadores; c) zona de saque; d) zona de bote después del saque; e) eficacia de golpeo tal y como enuncia estudios anteriores (Bayer et al., 2017; Schmidhofer et al., 2014; Timmerman et al., 2015). Sin embargo, la duración del rally será menor debido a que el saque tendrá un papel principal en el desarrollo del punto, favoreciendo al sacador, de modo semejante a la etapa adulta (Schmidhofer et al., 2014).

- **Estudio 4.** Effect of scaling equipment on U-10 players tennis serve during match-play: A nonlinear pedagogical approach

7. Al comparar ambos formatos de competición modificados, la competición MC ayudará a servir de un modo más ofensivo, sobre todo en primer saque, según indica algunos estudios (Schmidhofer et al., 2014). Por el contrario, la duración del peloteo en primer servicio será menor en MC que en GC, observándose un rally similar a la etapa adulta (Limpens et al., 2018). Además, los jugadores cometerán menos dobles faltas en MC cuando el marcador este igualado, percibiendo un menor riesgo de fallo, no centrándose en el movimiento técnico y pudiendo explorar nuevas posibilidades de saque.

SECCIÓN II

**ESTUDIOS PRINCIPALES**

**Tabla 1.** Resumen de las características de publicación, objetivos, metodología, resultados principales y conclusiones de los estudios que componen la tesis.

	<b>Estudio 1</b>	<b>Estudio 2</b>	<b>Estudio 3</b>	<b>Estudio 4</b>
<b>Diseño</b>	Transversal	Transversal	Transversal	Transversal
<b>Revista</b>	International Journal of Environmental Research and Public Health	International Journal of Environmental Research and Public Health	Frontiers in Psychology	Chaos Solitons and Fractals
<b>Año de Publicación</b>	2020	2020	2020	2020
<b>Factor de Impacto</b>	JCR = 3.390, Q1	JCR = 3.390, Q1	JCR = 2.990, Q2	JCR = 5.994, Q1
<b>Objetivos</b>	Utilizar sensores inteligentes para: - Conocer cantidad y variabilidad técnico-táctica. - Analizar la relación entre tiempo de partido y consumo de calorías mediante dispositivo inteligente.	- Analizar cambios en el perfil de biomarcadores oxidativos. - Detectar cambios en el perfil de biomarcadores oxidativos.	Comparar número y variabilidad de acciones entre la competición GC y MC recogiendo: tipos de golpes, zona de golpeo; c) zona de saque; d) zona de bote después del saque; e) eficacia de golpeo; y f) duración de rally.	Investigar el efecto que tiene sobre la acción de saque, el juego en dos competiciones modificadas (GC y MC), analizando las siguientes variables; rendimiento del saque, rendimiento del saque en función de zona de saque, duración de rally, duración de rally en función de la zona de saque, y rendimiento del saque en función del resultado de juego

Metodología	<p>Participaron 20 jugadores sub-10, disputando 4 partidos en round robin bajo la reglamentación de la ITF en etapa verde. Se recogieron acciones técnico-tácticas, cinemáticas, calorías quemadas y tiempo de práctica mediante el sensor inteligente Zepp Tennis 2 (validado). Se realizó una ANOVA y se calculó el post hoc mediante MBI con un intervalo de confianza al 90%</p>	<p>Jugaron 4 partidos 20 jugadores sub-10, mediante el sistema round robin bajo la reglamentación de la ITF en etapa verde. Se recogieron biomarcadores oxidativos y psicológicos mediante 6 tomas de saliva (basal, precompetitiva y cuatro tomas postpartido). Se realizó una curva de crecimiento a través de modelos multinivel para recoger posibles cambios de pendiente entre tomas y la covariación entre jugadores del intercepto.</p>	<p>El diseño de estudio fue A-B. El torneo A se jugó con la reglamentación actual sub-10 en etapa verde de la ITF y el torneo B se redujo la altura de la red (de 0,91 m a 0,80 m) y el tamaño de la pista (de 23,77 m x 8,23 m a 18,00 m x 8,23 m). En cada torneo 20 jugadores jugaron un total de 40 partidos, cada jugador disputó 4 partidos a un set de 6 juego, con tiebreak a 7 puntos en caso de empate. Se realizó una prueba t para muestras pareadas con cálculo del tamaño del efecto y su intervalo de confianza. Se midieron variables de tipo técnico-táctico.</p>	<p>El diseño fue A-B. El torneo A se jugó con la reglamentación actual sub-10 en etapa verde y el torneo B se redujo la altura de la red (de 0,91 m a 0,80 m) y el tamaño de la pista (de 23,77 m x 8,23 m a 18,00 m x 8,23 m). En cada torneo 20 jugadores jugaron un total de 40 partidos, cada jugador disputó 4 partidos a un set de 6 juego con tiebreak a 7 puntos. Se realizó una prueba t para muestras pareadas mediante MBI con un intervalo de confianza al 90%. Se analizaron variables específicas del servicio, incluyendo variables de resultados y técnico-tácticas.</p>
Resultados	<p>-El ANOVA (<math>p &lt; 0.001</math>; <math>F = 24.681</math>; <math>df1 = 5</math>; <math>df2 = 840</math>; <math>\eta^2 = .128</math>) muestra diferencias significativas en el uso de golpeo. El post hoc muestra diferencias significativas a favor del uso de la derecha plana (<math>49.30 \pm 34.43</math>), seguido del efecto cortadao de derecha (<math>25,60 \pm 17,88</math>)</p> <p>- El 73 % de la variabilidad en las calorías quemadas es dependiente del tiempo de práctica en tenis. El factor tiempo es determinante en este tipo de deportes.</p>	<p>- El test de efectos fijos y la estimación de parámetros indica que se produce un efecto lineal positivo entre la toma basal y la precompetitiva (<math>B = 49.024</math>, <math>F_{1,342.03} = 20.19</math>, <math>p &lt; 0.001</math>) para posteriormente tender a aplanarse <math>B = -5.164</math>, <math>F_{1,338.14} = 11.35</math>, <math>p &lt; .001</math>), en el biomarcador sAA.</p> <p>- La tendencia lineal de los biomarcadores oxidativos es incrementarse paulatinamente conforme avanza la competición. Quizá el ejemplo más significativo sería para el biomarcador CUPRA (<math>B = .065</math>, <math>F_{1,329.77} = 10.47</math>, <math>p &lt; .001</math>)</p>	<p>La prueba t de student muestra un aumento en el número de golpes creativo en MC que en GC. Un ejemplo sería en el número de passing ejecutados (<math>t_{19} = 2.179</math>, <math>p &lt; .05</math>, <math>d = .591</math>).</p> <p>- Los jugadores tiende a realizar un reparto más equitativo hacia las zonas donde envían la pelota y donde golpean</p>	<p>- Con el primer servicio se producen más ace en MC que en GC (<math>t=7.000</math>, <math>p &lt; 0.05</math>; MBI: diferencia media <math>\pm 90\%</math> CL; 1.48, 0.62 to 2.34).</p> <p>- Mas doble faltas en GC cuando se va perdiendo (<math>t=3.614</math>, <math>p &lt; 0.01</math>; MBI: -0.73, -1.22 to -0.24).</p> <p>- Mas aces de primer servicio en MC cuando va ganando el juego (NHST: <math>t = -2.392</math>, <math>p &lt; 0.05</math>; MBI: 3.90, 2.34 to 0.77). Más servicios no restados dentro de pista en MC ((NHST: <math>t=2.410</math>, <math>p &lt; 0.05</math>; MBI: 0.76, 0.10 to 1.20)</p>

<p>Conclusiones</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Existe falta de variabilidad en el uso de efectos y tipos de golpe, limitando el acceso a la exploración motora y conductual.</li> <li>- El sistema de competición round robin alcanza el tiempo mínimo de práctica de actividad física recomendado por la OMS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Este estudio debe considerarse un estudio piloto, por la escasa literatura científica encontrada, y el tamaño muestral pequeño. No pudiendo establecer puntos de corte.</li> <li>- El estrés oxidativo aumenta conforme aumenta el número de partidos.</li> <li>- El estrés psicológico aumenta previamente a la competición alterando el biomarcador sAA, por lo que el test de saliva es sensible a este biomarcador.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jugar en la competición MC modifica el estilo de juego respecto a la competición MC.</li> <li>- La competición MC invita a los jugadores a explorar y ejecutar golpes vinculados con la creatividad de juego.</li> <li>- La competición MC mejora la variabilidad en la trayectoria de golpeo, debido a que los jugadores deben resolver el condicionante de la reducción del espacio de juego, aumentando su variabilidad.</li> <li>- Si atendemos a la falta de variabilidad y creatividad en GC, esta debe ser rediseñada y una opción podría ser MC.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Una red demasiado alta y un campo demasiado grande limita la posibilidad de utilizar el saque como herramienta ofensiva.</li> <li>- La competición MC invita a la variabilidad y la reducción del control consciente del movimiento, debido a que los jugadores varían más la zona de saque, pero exclusivamente cuando tienen una amplia ventaja.</li> <li>- Los jugadores pueden percibir que el saque no es una acción que limite su rendimiento, sino todo lo contrario. Por lo tanto, la competición GC debe ser rediseñada para mejorar este aspecto.</li> </ul>
---------------------	--	---	--	---

JCR = journal citation reports, Q = cuartil,

# 3

## ESTUDIO 1. USING SMART SENSORS TO MONITOR PHYSICAL ACTIVITY AND TECHNICAL-TACTICAL ACTIONS IN JUNIOR TENNIS PLAYERS

### 3.1 Información inicial del estudio 1

#### Using Smart Sensors to Monitor Physical Activity and Technical-Tactical Actions in Junior Tennis Players.

José María Giménez-Egido <sup>1</sup>, Enrique Ortega <sup>1,\*</sup>, Isidro Verdu-Conesa <sup>2</sup>, Antonio Cejudo <sup>1</sup>, and Gema Torres-Luque <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Physical Activity and Sport, University of Murcia, Regional Campus of International Excellence "Campus Mare Nostrum". Faculty of Sport Science, 30720, Murcia, Spain; josemaria.gimenez@um.es (J.M.G.-E.); [eortega@um.es](mailto:eortega@um.es) (E.O.); antonio.cejudo@um.es (A.C.)

<sup>2</sup> Department of Languages and Computer Systems, University of Murcia, Regional Campus of International Excellence "Campus Mare Nostrum". Faculty of Informatics, 30100, Murcia, Spain; iverdu@um.es (I.V.-C.)

<sup>3</sup> Faculty of Humanities and Education Sciences, University of Jaen, 23071, Jaen, Spain; [glluque@ujaen.es](mailto:glluque@ujaen.es) (G.T.-L.)

\* Correspondence: [eortega@um.es](mailto:eortega@um.es) ; Tel.: +34-868888826

Received: 31 December 2019; Accepted: 5 February 2020; Published: date

**Abstract:** The use of smart devices to obtain real-time data has notably increased in the context of training. These technological tools provide data which monitor the external load and technical-tactical actions related to psychological and physical health in junior tennis players. The purpose of this paper is to monitor technical-tactical actions and physical activity during a current tennis competition in the Green stage using a Zepp Tennis Smart Sensor 2. The participants were 20 junior tennis players (under 10 years of age), with an average age of 9.46 years. The total number of strokes (n= 21,477) during 75 matches was analyzed. The study variables were the following aspects: (a) number of strokes, (b) ball impact in the sweet spot; (c) racket speed; (d) ball spin; (e) calories burned; and (f) match time. The current system of competition, based on knockout, does not meet the World Health Organization's recommendations for daily physical activity time. Players mainly used flat forehands with a lack of variability in technical-tactical actions, which did not meet the current learning opportunity criteria of

comprehensive methodologies. The competition system in under-11 tennis should be adapted to the players' characteristics by improving the variability and quantity of practice.

**URL:** <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/3/1068/htm>

**DOI:** 10.3389/fpsyg.2019.02789

### **3.2 Aportación del doctorando en el estudio 1:**

1. Primer Autor.
2. Conceptualización del estudio.
3. Participación en el montaje experimental.
4. Toma de datos.
5. Conservación y organización de los datos.
6. Análisis estadístico.
7. Interpretación de los datos.
8. Escritura y preparación del manuscrito.
9. Participación prioritaria en el proceso de revisión por pares.

### **3.3 Comentario del estudio 1:**

El uso de dispositivos inteligentes para obtener datos en tiempo real o con menor tiempo de análisis, se ha incrementado notablemente en el contexto del entrenamiento para aumentar el rendimiento de los jugadores. Las herramientas tecnológicas proporcionan datos que monitorizan la carga externa y las acciones técnico-tácticas, relacionadas con la salud psicológica y física en tenistas. Esta información es de gran relevancia si se quiere controlar en qué medida el proceso de enseñanza-aprendizaje está ayudando al crecimiento integral de los jóvenes tenistas. Por consiguiente, el objetivo de este trabajo es monitorizar las acciones técnico-tácticas y la actividad física durante una competición de tenis, según la reglamentación actual en etapa verde utilizando el sensor inteligente "*Zepp Tennis Smart Sensor 2*". El diseño de estudio fue observacional para conocer cantidad y variabilidad en las variables estudiadas. Los participantes fueron 20 tenistas junior sub-10, con una edad media de 9,46 años. Se analizó el número total de golpes ( $n= 21.477$ ) durante 75 partidos. Las variables de estudio fueron las siguientes: (a) número de golpes, (b) porcentaje del impacto de la pelota en el punto dulce; (c)

velocidad de la raqueta atendiendo al tipo de golpeo; (d) efecto en el golpeo por tipo de golpeo contabilizado en revoluciones por minuto; (e) calorías quemadas; y (f) tiempo de juego. El análisis estadístico llevado a cabo fue un análisis de la varianza mediante la prueba estadística ANOVA de una vía para las variables a, b, c y d, además se llevó a cabo un análisis adicional utilizando MBI par el posthoc, en la comparación, con diferencias de medias estandarizadas y cálculo de intervalos de confianza al 90%, con el fin de corregir el sesgo del análisis frecuentista. Finalmente se realizó una regresión lineal para establecer causalidad entre las variables e y f. Los resultados muestran que el sistema actual de competición, basado en cuadros eliminatorios, no cumple las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud sobre el tiempo de actividad física diaria. Por otro lado, los jugadores utilizaban principalmente derechas planas, vislumbrándose una clara falta de variabilidad en las acciones técnico-tácticas, no ajustándose la competición a los criterios pedagógico actuales, que buscan crear contextos deportivos que favorezcan oportunidades de aprendizaje significativas. El sistema de competición en el tenis sub-11 debería adaptarse a las características de los jugadores mejorando la variabilidad y la cantidad de práctica.

### 3.4 Evidencia gráfica de la existencia del estudio 1:



International Journal of  
*Environmental Research  
and Public Health*



*Article*

## Using Smart Sensors to Monitor Physical Activity and Technical–Tactical Actions in Junior Tennis Players

**José María Giménez-Egido <sup>1</sup>, Enrique Ortega <sup>1,\*</sup>, Isidro Verdu-Conesa <sup>2</sup>, Antonio Cejudo <sup>1</sup>  
and Gema Torres-Luque <sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Department of Physical Activity and Sport, University of Murcia, Regional Campus of International Excellence “Campus Mare Nostrum”, Faculty of Sport Science, 30720 Murcia, Spain; josemaria.gimenez@um.es (J.M.G.-E.); antonio.cejudo@um.es (A.C.)

<sup>2</sup> Department of Languages and Computer Systems, University of Murcia, Regional Campus of International Excellence “Campus Mare Nostrum”, Faculty of Informatics, 30100 Murcia, Spain; iverdu@um.es

<sup>3</sup> Faculty of Humanities and Education Sciences, University of Jaen, 23071 Jaen, Spain; gtluque@ujaen.es

\* Correspondence: eortega@um.es; Tel.: +34-86888826

Received: 31 December 2019; Accepted: 5 February 2020; Published: 7 February 2020 check for updates

***Por motivos relacionados con copyright el presente artículo no puede ser presentado en esta versión de tesis***



# 4

## ESTUDIO 2. CHANGES IN MARKERS OXIDATIVE STRESS AND - AMYLASE IN SALIVA OF CHILDREN ASSOCIATED WITH A TENNIS COMPETITION

### 4.1 Información inicial del estudio 2

#### Changes in Markers of Oxidative Stress and $\alpha$ -Amylase in Saliva of Children Associated with a Tennis Competition

José María Giménez-Egido <sup>1,2</sup>, Raquel Hernández-García <sup>1,2,\*</sup>, Damián Escribano <sup>3,\*</sup>, Silvia Martínez-Subiela <sup>3</sup>, Gema Torres-Luque <sup>2,4</sup>, Enrique Ortega-Toro <sup>1,2</sup> and José Joaquín Cerón <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Physical Activity and Sport, Faculty of Sport Science, Regional Campus of International Excellence "Campus Mare Nostrum", University of Murcia, 30720 Murcia, Spain; josemaria.gimenez@um.es (J.M.G.-E.); eortega@um.es (E.O.-T.)

<sup>2</sup> Sport Performance Analysis Association; gtluque@ujaen.es

<sup>3</sup> Interdisciplinary Laboratory of Clinical Analysis of the University of Murcia (Interlab-UMU), Regional Campus of International Excellence 'Campus Mare Nostrum', University of Murcia, Campus de Espinardo s/n, 30100 Espinardo, Spain; silviam@um.es (S.M.-S.); jjceron@um.es (J.J.C.)

<sup>4</sup> Faculty of Humanities and Education Sciences, University of Jaen, 23071 Jaen, Spain

\* Correspondence: rhernandezgarcia@um.es (R.H.-G.); det20165@um.es (D.E.); Tel.: +34-868888826

Received: 2 June 2020; Accepted: 25 August 2020; Published: date

**Abstract:** The purpose of this paper was to analyze the changes caused by a one-day tennis tournament in biomarkers of oxidative stress and  $\alpha$ -amylase in saliva in children. The sample was 20 male active children with the following characteristics: (a) age of players =  $9.46 \pm 0.66$  years; (b) weight =  $34.8 \pm 6.5$  kg; (c) height =  $136.0 \pm 7.9$  cm; (d) mean weekly training tennis =  $2.9 \pm 1.0$  h. The tennis competition ran for one day, with four matches for each player. Data were taken from the average duration per match and the rating of perceived exertion (RPE). Four biomarkers of antioxidant status: uric acid (AU), Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC), ferric reducing ability of plasma (FRAP), cupric reducing antioxidant capacity

(CUPRAC) and salivary alpha-amylase (sAA) as a biomarker of psychological stress were measured in saliva. The time points were baseline (at home before the match), pre-competition and post-match (after each match) measurements. The four biomarkers of antioxidant status showed a similar dynamic with lower values at baseline and a progressive increase during the four matches. This report provides evidence that four competitive tennis matches in a day cause a progressive increase in biomarkers of oxidative stress in children. Further studies about the possible physiological implications of these findings should be performed in the future.

**URL:** <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/17/6269/htm>

**DOI:** 10.3390/ijerph17176269

#### **4.2 Aportación del doctorando en el estudio 2:**

1. Primer Autor.
2. Elaboración conceptual del estudio.
3. Participación en el montaje experimental.
4. Toma de datos.
5. Conservación y organización de los datos.
6. Análisis estadístico.
7. Participación prioritaria en la redacción de todas las secciones del artículo.
8. Participación en el proceso de revisión por pares.

#### **4.3 Comentario del estudio 2:**

El impacto que genera la competición en parámetros fisiológicos que inciden sobre el bienestar del niño, para que la formación deportiva en ámbitos de competición sea lo más positiva posible, es una cuestión de gran relevancia en la actualidad. Por ende, el objetivo de este trabajo fue analizar los cambios provocados por el efecto acumulado de una jornada de

tenis en los biomarcadores de estrés oxidativo y  $\alpha$ -amilasa en la saliva de niños. La muestra fue de 20 niños activos con las siguientes características (a) edad de los jugadores =  $9,46 \pm 0,66$  años; (b) peso =  $34,8 \pm 6,5$  kg; (c) altura =  $136,0 \pm 7,9$  cm; (d) media de entrenamiento de tenis semanal =  $2,9 \pm 1,0$  h. La competición de tenis se realizó durante una jornada en la que el niño jugaba cuatro partidos a un set de seis juegos contra 4 oponentes diferentes de nivel de juego similar. Por lo tanto, se realizaron cuatro grupos de juego de nivel similar (los grupos se realizaron atendiendo a la experiencia de los entrenadores). Se midieron a través de la saliva cuatro biomarcadores del estado antioxidante: ácido úrico (AU), capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC), capacidad reductora férrica del plasma (FRAP), capacidad antioxidante reductora cúprica (CUPRAC), y alfa-amilasa salival (sAA) como biomarcador del estrés psicológico. Los puntos temporales donde se realizaron las tomas fueron en casa previamente al desayuno (toma basal para obtener valores de referencia), otra previa a la competición tras el calentamiento y 4 más tras cada partido. Además, se tomaron datos de la duración media por partido y del esfuerzo percibido mediante la escala de Borg modificada (RPE de 0 a 10). Los cuatro biomarcadores relacionados con el estado antioxidante mostraron una dinámica similar con valores más bajos en la toma basal y un aumento progresivo durante los cuatro partidos. Este informe aporta pruebas de que cuatro partidos de tenis que el acumulo de cuatro sets de seis juegos en competición provocan un aumento progresivo de los biomarcadores de estrés oxidativo en los niños. Al no precisar de estudios en población similar en tenis, en el futuro se deben realizar nuevos estudios transversales y longitudinales sobre las posibles implicaciones fisiológicas de estos hallazgos y su repercusión en parámetros de bienestar.

#### 4.4 Evidencia gráfica de la existencia del estudio 2:



***Por motivos relacionados con copyright el presente artículo no puede ser presentado en esta versión de tesis***

## **ESTUDIO 3. EFFECT OF MODIFICATION RULES IN COMPETITION ON TECHNICAL-TACTICAL ACTION IN YOUNG TENNIS PLAYERS (UNDER-10)**

### **5.1 Información Inicial del estudio 3**

#### **EFFECT OF MODIFICATION RULES IN COMPETITION ON TECHNICAL-TACTICAL ACTION IN YOUNG TENNIS PLAYERS (UNDER-10)**

**José María Gimenez-Egido<sup>1</sup>, Enrique Ortega-Toro<sup>1</sup>, José M Palao<sup>2</sup>, Isidro Verdú-Conesa<sup>3</sup> and Gema Torres-Luque<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Department of Physical Activity and Sport, University of Murcia, Regional Campus of International Excellence "Campus Mare Nostrum". Faculty of Sport Science, Murcia, Spain.

<sup>2</sup> Hlth, Exercise Sci and Sport Mgt, University of Wisconsin–Parkside, United States

<sup>3</sup> Department of Computing and Systems, Faculty of Computer Science, Regional Campus of International Excellence "Campus Mare Nostrum", University of Murcia, Spain.

<sup>4</sup> Faculty of Education, University of Jaen, Jaen, Spain

**\* Correspondence:**

Enrique Ortega-Toro

eortega@um.es

### **Abstract**

Adapting competitions to young players' characteristics is an important pillar in the optimal teaching-learning process. The objective of the present study is to analyze the effect of modifying net height (from 0.91 m to 0.80 m) and court dimensions (from 23.77 x 8.23 m to 18 x 8.23 m) for under-10 (U-10) tennis players on the following: a) kinds of technical and tactical basic, situational, and special strokes; b) tennis players' hitting area; c) landing location of

serve; d) ball landing location after the serve; d) stroke effectiveness; and e) rally length. The study design was quasi-experimental in nature, observing the fluctuation/change in technical-tactical variables of the tennis players when playing a “Tennis 10s Green Competition” (GC) with the current federative rules, and a redesigned competition “Modified Competition” (MC) including altered net height and court dimensions based on small-sided games (SSGs) and equipment scaling. Twenty U-10 tennis players were studied (age of players =  $9.46 \pm 0.66$  years, average weekly training in tennis =  $2.90 \pm 1.07$  hours, years of experience =  $3.65 \pm 1.53$  years). The results showed that in MC, there was a greater technical-tactical variability compared to the GC in terms of the following: a) greater service effectiveness; b) more situational and special strokes; and c) a more equitable change in the distribution of hitting and ball landing locations. The values of MC showed that the current adaptation rules and equipment in federated U-10 competitions might not be enough to improve the teaching-learning process under the comprehensive approach. The current competition for U-10 tennis players (stage green) should be redesigned, in order to build an optimal process of affordances to develop a multidimensional positive impact during this training stage.

**URL:** <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2019.02789/full?report=reader>

**DOI:** 10.3389/fpsyg.2019.02789

## **5.2 Aportación del doctorando en el estudio 3:**

1. Primer Autor.
2. Diseño del estudio.
3. Observación del estudio
4. Participación en el montaje experimental.
5. Toma de datos.
6. Conservación y organización de los datos.
7. Análisis estadístico.

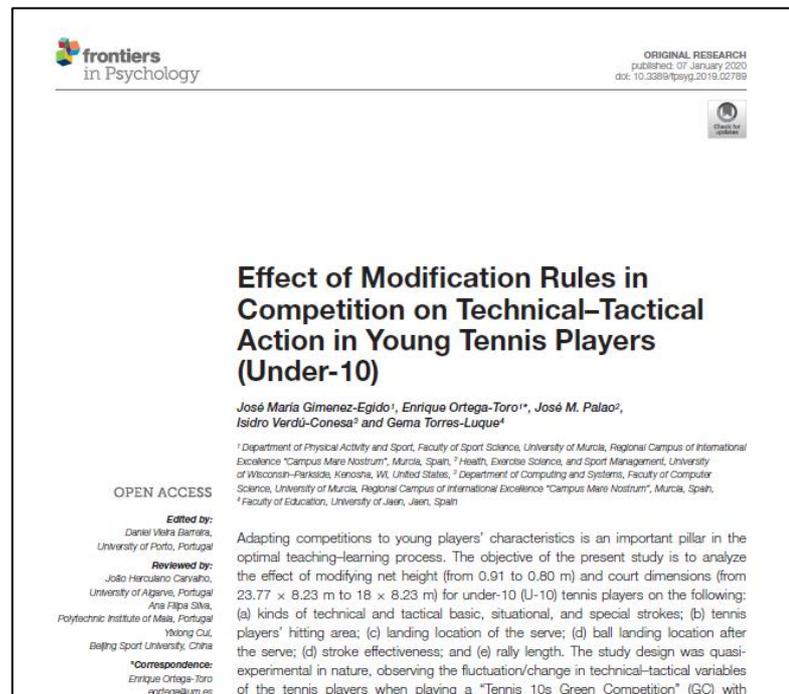
8. Interpretación de los datos.
9. Escritura y preparación del manuscrito.
10. Participación prioritaria en el proceso de revisión por pares.

### 5.3 Comentario del estudio 3:

Diseñar competiciones acordes a las características de los jóvenes jugadores es un aspecto relevante a considerar para asegurar un proceso óptimo de enseñanza-aprendizaje. La competición en etapas formativas es una poderosa herramienta, siempre y cuando se enfoque al trabajo de principios pedagógicos de enfoques de enseñanza-aprendizaje actuales. De ahí la necesidad de evaluar en qué grado los actuales minideportes cumplen estos principios. Por estos motivos, el objetivo del presente estudio es analizar el efecto de la modificación de la altura de la red (de 0,91 m a 0,80 m) y de las dimensiones de la pista (de 23,77 x 8,23 m a 18 x 8,23 m) para jugadores de tenis menores de 10 años (sub-10) sobre los siguientes aspectos: a) tipos de golpes técnicos y tácticos básicos, situacionales y especiales; b) zona de golpeo de los tenistas; c) zona de aterrizaje del saque; d) lugar de aterrizaje de la pelota después del saque; d) eficacia del golpe; y e) duración del intercambio. El diseño del estudio fue de naturaleza cuasi-experimental de tipo A-B, observando la fluctuación/cambio en las variables técnico-tácticas de los tenistas al jugar una "Competición en etapa Verde según el programa desarrollado por la Federación de Tenis Internacional a través del programa Tenis 10s" (GC), y una competición rediseñada "Competición Modificada" (MC), reduciendo la altura de la red alterada y las dimensiones de la cancha basadas en los ideales de los juegos reducidos (SSGs) y el ajuste del equipamiento deportivo acorde al enfoque "Constraint-led Approach". Participaron en el estudio 20 tenistas sub-10 (edad de los jugadores =  $9,46 \pm 0,66$  años, media de entrenamiento semanal en tenis =  $2,90 \pm 1,07$  horas, años de experiencia =  $3,65 \pm 1,53$  años), escogidos de forma intencional para la elaboración de los grupos de juego atendiendo a criterios de accesibilidad. La comparación entre las variables analizadas en ambas competiciones se realizó mediante la prueba t de student para muestras emparejadas y se calculó el tamaño del efecto y su intervalo de confianza. Los resultados mostraron que en la MC hubo una mayor variabilidad técnico-táctica en comparación con la GC en cuanto a lo siguiente: a) mayor eficacia en el servicio; b) más golpes situacionales y especiales; y c) una

mayor variabilidad en la distribución de los lugares de golpeo y bote de la pelota. Los valores del MC mostraron que las adaptaciones realizadas a nivel reglamentario por la ITF (Federación Internacional de Tenis) en la etapa verde para jugadores sub-10, podrían no ser suficientes para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje si atendemos al principio de variabilidad y la exploración de habilidades motoras. La actual competición para tenistas sub-10 (etapa verde) debería ser rediseñada, con el fin de construir oportunidades de aprendizaje óptimas que conduzcan a un impacto multidimensional positivo en los jugadores durante esta etapa de formación.

#### 5.4 Evidencia gráfica de la existencia del estudio 3:



*Por motivos relacionados con copyright el presente artículo no puede ser presentado  
en esta versión de tesis*

**ESTUDIO 4. EFFECT OF SCALING EQUIPMENT ON U-10 PALYERS  
TENNIS SERVING DURING MATCH-PLAY: A NONLINEAR PEDAGOGY  
APPROACH**

**6.1 Información inicial del estudio 4**

**Effect of scaling equipment on U-10 players tennis serve during match-play: A nonlinear pedagogical approach**

**José María Gimenez-Egido<sup>a</sup>, Enrique Ortega-Toro<sup>\*a</sup>, José M Palao<sup>b</sup> and Gema Torres-Luque<sup>c</sup>**

<sup>a</sup> Department of Physical Activity and Sport, University of Murcia, Regional Campus of International Excellence "Campus Mare Nostrum". Faculty of Sport Science, Murcia, Spain; josemaria.gimenez@um.es; [eortega@um.es](mailto:eortega@um.es)

<sup>b</sup> Hlth, Exercise Sci and Sport Mgt, University of Wisconsin–Parkside, United States; [palaoj@uwp.edu](mailto:palaoj@uwp.edu)

<sup>c</sup> Faculty of Humanities and Education Sciences, University of Jaen, 23071, Jaen, Spain; [gtluque@ujaen.es](mailto:gtluque@ujaen.es)

*\*Corresponding author:* Enrique Ortega-Toro, [eortega@um.es](mailto:eortega@um.es)

**Abstract**

The aim of this study was to compare two scaled competition formats for under 10 years of age (U-10) tennis players analyzing: serve performance; serve performance according to the serve placement; rally length; rally length in function of the serve placement; serve performance according to the game status. Twenty U-10 players (age

= 9.46±0.66 years) played eighty single tennis matches. Forty matches were played according to the International Tennis Federation's Tennis 10s guide for U-10 players in the stage green (GC) and the remaining half in a modified competition (MC) decreasing net height (from 0.91 m to 0.80 m) and court size (from 23.77-m x 8.23-m to 18.00-m x 8.23-m) with green ball (lower compression ball). The study variables were collected using the "Observational Instrument for the Technical-Tactical Actions in Singles Tennis". Results showed an increase in first serve success, hitting more aces (mean difference, ±90% CL= 1.48, 0.62-2.34) and unreturned serves (±90% CL= 0.74, 0.27 to 1.28) in Mc than GC. However, the players in GC hitting more first serves inside the net (CL= -1.14, -1.63 to -0.65). Therefore, reducing net height and court-size improves the serve performance, thus creating a meaningful learning environment for U-10 tennis players.

URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960077920304094>

DOI: 10.1016/j.chaos.2020.110011

## 6.2 Aportación del doctorando en el estudio 4:

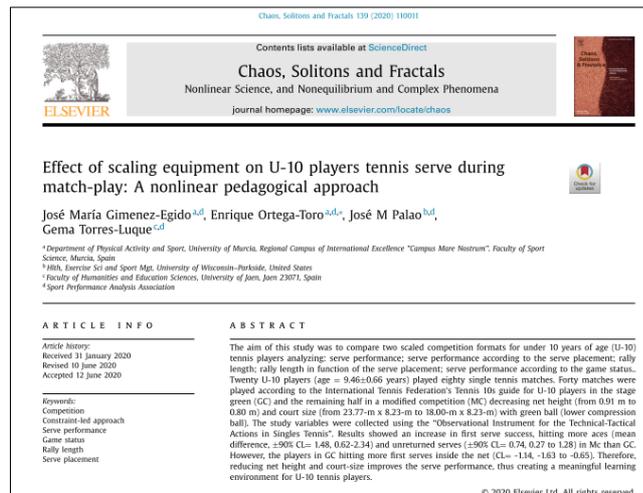
1. Primer Autor.
2. Diseño del estudio.
3. Participación en el montaje experimental.
4. Toma de datos.
5. Conservación y organización de los datos.
6. Análisis estadístico.
7. Interpretación de los datos.
8. Escritura y preparación del manuscrito.

9. Participación prioritaria en el proceso de revisión por pares.

**6.3 Comentario del estudio 4.**

La pedagogía no lineal es un marco teórico firme sobre el que sustentar los criterios pedagógicos, que mejor se ajusten a un modelo de competición con fines formativos. El objetivo de este estudio fue comparar dos formatos de competición adaptados para jugadores de tenis menores de 10 años (sub-10), analizando: el rendimiento del servicio; el rendimiento del servicio en función de la zona de servicio; la duración del rally; la duración del rally en función de la zona de servicio; y el rendimiento del servicio en función del resultado en el juego. El diseño de estudio fue de tipo A-B transversal, registrando los datos mediante metodología observacional. Veinte jugadores sub-10 (edad = 9,46  $\pm$  0,66 años) jugaron ochenta partidos de tenis individual. Cuarenta partidos se jugaron según la guía Tennis 10s de la Federación Internacional de Tenis para jugadores sub-10 en etapa verde (GC) y la mitad restante en una competición modificada (MC) disminuyendo la altura de la red (de 0,91 m a 0,80 m) y el tamaño de la pista (de 23,77 m x 8,23 m a 18,00 m x 8,23 m) con bola verde ambas competiciones (bola de menor compresión y un 25% menos de velocidad respecto a la de etapa adulta). Las variables del estudio se recogieron mediante el "Instrumento de observación de las acciones técnico-tácticas en el tenis individual" diseñado por Torres-Luque et al. (2018). Se realizó una prueba t para muestras pareadas mediante la significación de hipótesis nulas, el nivel alfa para la significación estadística se fijó en  $p < 0,05$ . Además, se utilizó la inferencia "Non-clinical Magnitude Based Inference" por pares con diferencia de medias estandarizadas e intervalos de confianza al 90%, con el fin de detectar posibles diferencias entre las variables analizadas en ambas competiciones. Los resultados mostraron un aumento en el éxito del primer saque, consiguiendo más aces (diferencia media,  $\pm 90\%$  CL = 1,48, 0,62 a 2,34) y saques no restados dentro de pista ( $\pm 90\%$  CL = 0,74, 0,27 a 1,28) en MC que en GC. Sin embargo, los jugadores en GC estrellaron más primeros servicios en la red (CL = -1,14, -1,63 a -0,65). Por lo tanto, la reducción de la altura de la red y del tamaño de la pista mejora el rendimiento del saque, creando así un entorno de oportunidades de aprendizaje para los tenistas sub-10 en la competición MC.

## 6.4 Evidencia gráfica de la existencia del estudio 4.



*Por motivos relacionados con copyright el presente artículo no puede ser presentado  
en esta versión de tesis*

### SECCIÓN III

## **DISCUSIÓN, CONCLUSIONES (CONCLUSIONS), LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN (LIMITATIONS AND FUTURE RESEARCH LINES)**



# 7

## DISCUSIÓN

Los objetivos de la presente tesis doctoral estuvieron encaminados a la consecución de dos propósitos. El primero fue conocer el impacto de la adaptación de reglas en competición de jugadores sub-10 en etapa verde desarrolladas por la ITF sobre factores técnico-tácticos y físico-fisiológicos. Mientras que el segundo fue diseñar y desarrollar una competición adaptada a las características de los jugadores la categoría sub-10 en tenis en función a de la evidencia encontrada en tareas. Con el fin de llevar a cabo una competición que se adapte a las necesidades y características de los jugadores sub-10, y observar si se cumplen los principios pedagógicos de corte cognitivo-constructivista y ecológico dinámico.

La discusión de la presente tesis doctoral, está obviamente vinculada a estos dos objetivos y a los consecuentes objetivos vinculados a los cuatros estudios que la conforman. Pero desde una perspectiva global en la cual se vincule los resultados de cada uno de los estudios de la tesis con los resultados encontrados en otras investigaciones, recomendaciones y modelos pedagógicos, es interesante dividir esta sección en cuatro sub-apartados.

1. El primer sub-apartado irá vinculado al grado de concordancia de los resultados encontrados con los principios pedagógicos a seguir en etapa formativa, asegurando que la competición sea un medio formativo.
2. El segundo sub-apartado irá encaminado comparar los principales resultados con estudios de corte similar, que estudien variables técnico tácticas.
3. El tercer subapartado estará vinculado a aspectos físico-fisológicos vinculados al bienestar de los jóvenes jugadores.
4. Reflexión general

## 7.1 Discusión vinculada a principios pedagógicos

Probablemente la NL sustentada en los pilares del CLA sea el modelo que ofrezca la guía más clarividente sobre que principios son clave, para diseñar entornos de aprendizaje significativos (Chow et al., 2007). El diseño de competiciones en etapa formativa debería ajustarse a estos principios, para ser considerada como medio formativo en el cual se mejora y aprende. En concreto, la NL desarrolla 5 principios que son de utilidad en el deporte de formación

El primero de ellos es el diseño de un aprendizaje representativo. El aprendizaje se tiene que ubicar en un contexto de juego real rico en numerosas oportunidades de aprendizaje, donde los niños pequeños pueden construir una toma de decisiones inteligente y funcional, adquiriendo conocimientos al interactuar con el contexto que le rodea (Chow, 2013; Renshaw et al., 2010). Atendiendo a este principio los resultados encontrados muestran que el actual sistema de competición del programa Tennis 10s en etapa sub-10, es un entorno real de juego, sin embargo, parece no ofrecer un entorno rico en oportunidades de aprendizaje, debido a que las dimensiones de red y pista limitan el desempeño de la misma como sucede en la acción de saque.

El segundo principio es desarrollar acoplamientos relevantes de información-movimiento. La relación bidireccional entre percepción y acción en un escenario de aprendizaje representativo, debe invitar a los participantes a realizar conductas orientadas a la consecución de objetivos salvando los posibles obstáculos que se encuentre (Chow, 2013; Correia et al., 2019; Renshaw et al., 2010). La reducción del tamaño de la pista y la altura de red en la competición MC, desarrolla conductas que le permiten alcanzar éxito no actuando como un factor limitante del aprendizaje. Por ejemplo, se reduce el fallo de pelotas estrelladas contra la red, de este modo el niño puede focalizar sobre información realmente relevante para generar estrategias que le permitan obtener éxito. Estudios anteriores como el de Schmidhofer et al. (2014), ya muestra como la competición en etapa verde, no promueve acoplamientos relevantes de información-acción debido al aumento en la tasa de fallo, mientras que en la categoría anterior (naranja) si lo hace.

El tercer principio hace referencia a la manipulación de constreñimientos. La manipulación de los condicionantes apropiada puede invitar a la exploración y adquisición de diferentes patrones de movimiento, debido al proceso de auto-organización para retornar al estado de

homeostasis (Chow, 2013; Newell, 1986; Passos et al., 2008; Renshaw et al., 2010). El diseño de entornos aprendizaje en general y de competición en particular, debe tener en cuenta que cualquier modificación que se produzca en el ambiente (condiciones climáticas, familia, entorno de juego, etc.) y en los elementos de la tarea (reglas, espacios de juego, equipamientos y roles de juego), tiene una repercusión sobre el individuo holísticamente (Tan et al., 2012). Por ello, no se puede estructurar una competición, excluyendo el efecto multidimensional y sin aval de la ciencia (Buszard, Farrow, et al., 2020). El actual sistema de competición GC debe ser rediseñado manipulando los constreñimientos llevados a cabo en esta tesis (altura de red y dimensión de la pista), y aportar futuras investigaciones que continúen con la línea de pensamiento abordada en este documento.

El cuarto principio se vincula al siguiente aspecto, el aprendizaje exploratorio debe potenciar la variabilidad funcional. La adquisición de movimientos que funcionen en el entorno de práctica se tiene que producir a través de la variabilidad de acciones, impulsando la actividad exploratoria para la resolución de problemas y toma de decisiones en un contexto real de juego (Chow, 2013; Ranganathan & Newell, 2013). En términos de fomento de variabilidad motora y conductual la competición MC, muestra una mejora en la capacidad de exploración de los sujetos al aumentar el repertorio técnico-táctico de ejecución para solventar nuevos problemas. El cambio en el estilo de juego y el uso de una mayor diversidad de golpes concuerda con este principio y los resultados emanados en otros estudios (Bayer et al., 2017; Farrow & Reid, 2010; Krause, 2019; Krause et al., 2019)

Por último, el quinto principio está fundamentado en la reducción del control consciente del movimiento. El entorno debe favorecer que el jugador focalice la atención en el efecto de la acción en lugar de centrarse en la propia acción (Chow, 2013; Chow et al., 2007; Renshaw et al., 2010, 2016). La competición modificada ofrece la posibilidad a los jugadores de atenuar el fuerte componente técnico de este deporte, y de este modo el jugador sea capaz de procesar que conductas generan rendimiento, desarrollando así su inteligencia táctica.

## **7.2 Discusión vinculada a aspectos específicos en tenis sub-10.**

Los resultados encontrados en los estudios llevados a cabo, en los cuales se analizan variables técnico-tácticas globalmente, muestran que los jugadores sub-10 en GC muestran una clara

predisposición a usar en mayor medida golpes de derecha. Estos resultados coinciden con los encontrados en otros estudios, debido a que los jugadores en etapa formativa sienten una mayor seguridad, sensación de control y efectividad al golpear con su mano dominante (Fitzpatrick et al., 2016; Reid et al., 2016). Esta situación no es muy recomendable, debido a que no invita a la variabilidad, evitar golpear en algunos casos por su lado no dominante. Blanca-Torres et al. (2019), indican la necesidad de mejorar los ratios de revés, ya que los jugadores que utilizan su revés cuando juegan, tienen más probabilidades de realizar secuencias de golpeo exitosas para ganar puntos.

Siguiendo con la línea de posibles problemas formativos relacionados con la competición GC, es la falta de intencionalidad táctica cuando se sirve. Los jugadores no varían las zonas de saque cuando sirven. Estos resultados también se han encontrado en otros estudios (Bayer et al., 2017; Limpens et al., 2018). Estudios previos señalan que el saque es el gesto técnico de mayor complejidad técnica y con un mayor tiempo de aprendizaje, pudiendo ser uno de los motivos de esta carencia. (Bayer et al., 2017; Fitzpatrick et al., 2016; Schmidhofer et al., 2014; Timmerman et al., 2015). Con el fin de mitigar esta carencia, y evitar la percepción por parte de los jugadores de que el saque en esta etapa solo tiene la utilidad de ser el golpeo con el que se comienza el punto, se decidió reducir la altura de la red y las dimensiones de la pista. Sin embargo, solo se produjo un aumento de la variabilidad cuando el jugador iba por encima en el marcador durante el juego. El jugador posiblemente percibió que las condiciones de juego ya no son un obstáculo y pudo utilizar el saque como elemento ofensivo, tal y como indican otros estudios que debería ser en esta etapa (Bayer et al., 2017; Schmidhofer et al., 2014), para una transferencia satisfactoria a etapas posteriores (Fortes et al., 2019; Martin et al., 2018; Torres-Luque et al., 2019).

Por otro lado, es importante remarcar que existió un mayor número de golpes creativos y situacionales en la competición MC. Estos resultados concuerdan con la teoría de repetición sin repetición en contextos educativos, promoviendo un aumento de la creatividad (Farias et al., 2019; Hastie et al., 2017). Estos datos son remarcables, ya que no existieron experiencias previas bajo estas condiciones de juego, y sin embargo, surgieron estilos de juego y golpes vinculados con un estilo de juego ofensivo como se recomienda en la literatura científica (Bayer et al., 2017; McCarthy et al., 2016; Timmerman et al., 2015).

En esta línea, los resultados encontrados en MC muestran que se redujo el número de intercambios en rally en comparación con GC, estableciendo duraciones de intercambios similares a la etapa profesional. Algunos autores indican que un rally excesivo puede aumentar la probabilidad de lesión en codo y hombro (Buszard, Farrow, et al., 2020) y otros lo vinculan con un estilo de juego defensivo que solo se basa en el error del oponente (Schmidhofer et al., 2014).

### **7.3 Discusión vinculada a aspectos del bienestar del jugador**

En relación con el bienestar de los niños, la Organización Mundial de la Salud recomienda realizar una actividad física moderada o vigorosa de al menos 60 minutos al día para niños y jóvenes (World Health Organization, 2019), sin embargo, más del 60% de los partidos no llegan a durar ni 25 minutos. El actual sistema de competición, basado en la eliminatoria, no cumple los valores mínimos diarios de actividad física establecidos por la Organización Mundial de la Salud. Por lo tanto, un sistema de competición por rondas parece más eficaz para alcanzar este criterio de bienestar.

En este sentido y para favorecer esta línea conductual centrada en el bienestar del niño desde una perspectiva integral, se analizaron biomarcadores oxidativos asociados a la carga de trabajo, además de un biomarcadores relacionado con el estrés psicológico en competición, intentando describir su fluctuación

Los cuatro biomarcadores del estado antioxidante mostraron una dinámica similar durante el transcurso del estudio. Tuvieron valores más bajos al inicio y mostraron un aumento progresivo durante los cuatro partidos. Resultados similares se encontraron en algunos estudios previos en niños y adolescentes que indican un aumento de los antioxidantes inmediatamente después del ejercicio agudo, (Benitez-Sillero et al., 2011; Zalavras et al., 2015), concretada en una respuesta general antioxidante elevada tras la práctica de diferentes deportes como la natación, carrera, fútbol y atletismo (Avloniti et al., 2017). En esta línea, no se han encontrado estudios sobre la respuesta antioxidante en niños asociada a tenis. Teniendo en cuenta que, la capacidad antioxidante tras el esfuerzo físico en niños depende principalmente del tipo de actividad física (intensidad y duración) (Benitez-Sillero et al., 2011; Zalavras et al., 2015), podemos postular que la respuesta sería similar a la de otros deportes de equipo como fútbol y baloncesto, si se mejora el tiempo de participación activa.

La  $\alpha$ -amilasa (asociada al estrés psicológico) tuvo un comportamiento diferente, produciéndose un estrés anticipatorio, el cual puede estar relacionado a otras situaciones en las que las personas se enfrentan a una situación estresante (Tecles et al., 2014), como puede ser el inicio de la competición en tenis. Estos resultados concuerdan con otros estudios realizados en niños de entre 10 y 11 años, los cuales tuvieron un aumento significativo de la sAA justo antes de la competición de karate y patinaje en línea (Capranica et al., 2012; Dehghan et al., 2019). Esto indicaría que el hecho de enfrentarse a la competición produce un estrés psicológico y aumenta la actividad simpática conduciendo a incrementos en la sAA.

#### **7.4 Reflexión final**

Una reflexión final que otorga sentido a la presente tesis es que al modificar adecuadamente la competición (reglas, espacios de juego, equipamiento deportivo, etc.), se puede mejorar las oportunidades de aprendizaje ofrecidas en competición promoviendo la variabilidad del movimiento, la creatividad y el bienestar (Brocken et al., 2020; Correia et al., 2019; Ranganathan & Newell, 2013). Organizaciones, entrenadores y familiares deben ser conscientes de los beneficios que conllevan el diseño de una adecuada competición formativa basada en la evidencia científica para tomar decisiones con el mayor número de datos posible (Buszard et al., 2016b; Buszard, Farrow, et al., 2020; Memmert et al., 2015). La información de aportada en esta tesis debe divulgarse en diversos foros para generar un sentimiento colectivo que impulse el cambio, sino nada de lo estudiado tendrá sentido.

# 8

## CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

### 8.1 Conclusiones

Los cuatro estudios que componen la presente tesis proporcionan una conclusión general clara. La actual competición en etapa verde para jugadores sub-10, diseñada en el programa Tennis 10s por la ITF, no es la mejor opción para la formación de jóvenes jugadores. La competición en esta etapa parece romper la tendencia positiva en cuanto a variabilidad técnico-táctica y capacidad exploratoria encontradas en la etapa anterior (etapa naranja). Por lo tanto, esta etapa no parece crear una experiencia positiva global, y competiciones como la MC ayudan a que se ubique a la competición como la mejor herramienta formativa posible, para que el niño aprenda en contextos reales de juego.

Por otro lado, existe una tendencia a aumentar el estrés oxidativo y psicológico a medida que avanza la competición. Esta primera exploración podría ser el inicio para establecer qué nivel óptimo de estrés, deben soportar o alcanzar los jugadores en esta etapa formativa.

Específicamente, se muestran las conclusiones halladas en los cuatro estudios que componen el presente documento:

- **Estudio 1.** Using Smart Sensors to Monitor Physical Activity and Technical–Tactical Actions in Junior Tennis Players.
  1. Los jugadores cuando compiten en etapa verde basan su juego en el golpeo plano de derecha. Aunque es aconsejable usar un juego ofensivo, desde un punto de vista formativo es necesario mejorar la variabilidad en el efecto de golpeo.

2. La falta de variabilidad en juego limita el aprendizaje, al no proporcionar experiencias diferentes que fomenten los procesos de creatividad en la resolución de problemas en esta etapa formativa.
3. El sistema de juego round robin, permitió alcanzar el tiempo de actividad física recomendado por la OMS.
4. El sensor inteligente Zepp Tennis 2 permite a los entrenadores acceder a información en tiempo real y sin esfuerzo para conocer el desempeño técnico-táctico de sus jugadores, y adaptar los procesos de enseñanza-aprendizaje a sus necesidades.
5. El presente estudio confirma los hallazgos anteriores y aporta pruebas adicionales, que sugieren rediseñar la competición en etapa verde para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de los tenistas sub-10.
  - **Estudio 2.** Changes in Markers of Oxidative Stress and  $\alpha$ -Amylase in Saliva of Children Associated with a Tennis Competition.
    1. La competición de tenis en formato round robin en jugadores sub-10 mostró una tendencia a aumentar los biomarcadores antioxidantes en la saliva.
    2. Hubo un aumento de la sAA antes de la competición, posiblemente asociado al estrés psicológico.
    3. Deberían realizarse más estudios para evaluar las posibles aplicaciones de estos biomarcadores para evaluar el rendimiento o el riesgo de lesión en esta disciplina.
    4. Estos resultados a nivel primario pueden ayudar a los entrenadores planificar el entrenamiento y gestionar el volumen de competición de los jugadores sub-10.
  - **Estudio 3.** Effect of modification rules in competition on technical-tactical action in young tennis players (under-10).
    1. La disminución de la altura de la red y de las dimensiones de la pista genera un patrón de juego diferente al del GC, promoviendo mayores oportunidades de aprendizaje en cantidad y variabilidad de práctica en competición.
    2. En cuanto al comportamiento técnico-táctico, la MC parece desarrollar un mayor número de golpes creativos, y con una mayor direccionalidad de la pelota en rally, sin menoscabar el repertorio de golpeo.
  - **Estudio 4.** Effect of scaling equipment on U-10 players tennis serve during match-play: A nonlinear pedagogical approach.

1. Una red demasiado alta y una pista demasiado grande, influyen negativamente en el rendimiento del saque.
2. Rediseñar el formato de competición sub-10 es esencial, para que los niños adquieran patrones y comportamientos de saque exitosos, reduciendo el control consciente del movimiento para que puedan explorar diferentes opciones de resolver de problemas en el contexto más real posible "la competición"
3. Entrenadores y las organizaciones deportivas, basándose en las evidencias científicas, deberían rediseñar el juego real de los jugadores sub-10, adaptando la práctica a las necesidades y características de los jugadores sub-10 de forma holística, y no adaptando la competición basándose únicamente en su madurez física.

## **8.2 Limitaciones de estudio y futuras líneas de investigación**

La presente tesis doctoral no está libre de limitaciones de estudio de diversa índole. La toma de datos en contextos reales de juego, siempre va a estar limitada por variables contextuales y propias que se escapan del control de los investigadores. Esta realidad investigadora se ha intentado atenuar, pero hay que ser conscientes de las mismas y saber que un control demasiado exhaustivo puede alejar la toma de datos del contexto real. A continuación, se exponen los limitantes encontrados y futuras líneas de actuación.

- El tamaño muestral debe ser incrementado para futuras investigaciones para reducir el efecto de posibles variables contaminantes, inherentes a cada individuo y contexto.
- Solo fueron estudiados jugadores de nivel intermedio. Sería interesante en futuros estudios, escoger jugadores con otros niveles de juego y género.
- La selección de la muestra tuvo que hacerse atendiendo a criterios de accesibilidad. En futuros estudios sería recomendable utilizar muestreos aleatorios.
- No se balanceo el estudio, debido a que fue imposible la división en dos grupos (A-B y B-A). En consecuencia, existe la posibilidad de que los jugadores pueden implementar su aprendizaje, al enfrentarse a los mismos jugadores.
- La detección de cambios en el patrón y estilo de juego es difícil, debido a que los jugadores no poseen experiencias previas compitiendo bajo las reglas de la

competición MC. Futuros estudios deben corregir este sesgo, incluyendo periodos de aprendizaje en las nuevas condiciones.

- El diseño de los estudios es de corte transversal, lo ideal sería realizar estudios longitudinales, para observar la evolución en el proceso formativo de los jugadores sub-10 compitiendo en MC y GC. De este modo, existiría una evidencia más sólida sobre los efectos que tiene participar en una u otra competición.
- El estudio de los biomarcadores oxidativos y psicológicos se puede considerar como un estudio piloto, debido a que es imposible establecer puntos de corte para conocer el efecto que tienen en el bienestar de los jugadores. Aumentando el tamaño muestral en futuros estudios se podrá elevar el grado de evidencia científica.
- Futuros estudios deben llevarse a cabo modificando otros condicionantes de la tarea, para dilucidar cuál sería la ideal en esta etapa formativa-
- Estos estudios también son extrapolables a otras categorías formativas, por ejemplo, los jugadores de 11 años juegan en condiciones adultas, y la literatura científica muestra que puede limitar el acceso a oportunidades de aprendizaje significativas.
- Existe una doble perspectiva sobre que ratios serían los ideales para un óptimo proceso formativo, es decir, ¿la competición debería crear un patrón técnico-táctico similar al de los jugadores de la ATP/WTA (Torres-Luque et al., 2011; Schmidhofer et al., 2014; Timmerman et al., 2015); o desarrollar ratios técnico-tácticos específicos para jóvenes tenistas (Timmerman et al., 2015; Gonçalves et al., 2016)? Todavía este dilema está sin resolver, y en consecuencia está será la línea principal sobre la que se va a trabajar en el futuro, junto con la medición de otros parámetros vinculados al aprendizaje y diversos constructos psicológicos.

# 9

## CONCLUSIONS LIMITATIONS AND FUTURE RESEARCH LINES

### 9.1 Conclusions

The four studies that make up this thesis provide a clear overall conclusion. The current green competition for U-10 players, designed in the Tennis 10s program by the ITF, may not be the best option for young players. The competition at this stage seems to break the positive trend in terms of technical-tactical variability and exploratory ability found in the previous stage (orange stage). This stage does not seem to create a positive global experience, and the MC promotes the competition as the best possible formative tool for children to learn in real game contexts.

On the other hand, there is a tendency for oxidative and psychological stress levels increase as the competition progresses. This first exploration could be the beginning to establish the optimal level of stress that the players should endure or reach at this formative stage. Specifically, the conclusions found in the four studies that make up this document are shown below:

- **Study 1.** Using Smart Sensors to Monitor Physical Activity and Technical-Tactical Actions in Junior Tennis Players.
  1. Players when competing in green stage base their game on the flat forehand. Although it is advisable to use an offensive game, from a formative viewpoint it is necessary to improve the variability in tennis shots.
  2. The lack of variability in the game limits learning by not providing different experiences that encourage creative processes in problem solving at this formative stage.
  3. The round-robin system complied with the WHO recommended physical activity time.

4. The Zepp Tennis 2 smart sensor allows coaches to access information in real time and effortlessly, to know the technical-tactical performance of their players and adapt teaching-learning processes to their needs.
5. The present study confirms the above findings and provides additional evidence that redesigning the green stage competition to improve the teaching-learning process of U-10 tennis players, is necessary.

**Study 2.** Changes in Markers of Oxidative Stress and  $\alpha$ -Amylase in Saliva of Children Associated with a Tennis Competition.

1. Tennis competition in round-robin format for U-10 players showed a tendency to increase antioxidant biomarkers in saliva.
2. There was an increase in sAA before the competition, possibly associated with psychological stress.
3. Further studies should be conducted to evaluate the potential applications of these biomarkers to assess performance or injury risk in this discipline.
4. These results at the primary level may help coaches plan training and manage the competition volume of U10 players.

**Study 3.** Effect of modification rules in competition on technical-tactical action in young tennis players (under-10).

1. The decreasing net height court-size creates a different playing pattern to the CG, promoting greater learning opportunities in quantity and variability of practice in competition.
2. In terms of technical-tactical behavior, the CM seems to develop a greater number of creative strokes and greater variability in direction during the rally without diminishing the rest of shots.

**Study 4.** Effect of scaling equipment on U-10 players tennis serve during match-play: A nonlinear pedagogical approach

1. A too high net and a too large court negatively influence the learning processes and serving performance.

2. Redesigning the U-10 competition format is essential for children to acquire successful serving patterns and behaviors, reducing conscious control of movement, so that they can explore different problem-solving options in the most realistic context possible "the competition".

3. Coaches and sport organizations, based on scientific evidence, should redesign the actual competition for U-10 players, modifying key aspects according to the needs and characteristics of U-10 players holistically, and not scaling the competition based solely on their physical maturity.

## **9.2 Limitations and future research lines**

This doctoral thesis is not free of study limitations of various kinds. Data collection in real game contexts will always be limited by contextual variables that are beyond the control of the researchers. We have tried to mitigate this issue, we must be aware of it, and know that they are inherent to data collection in real contexts. The following are the limitations found and future research studies:

- The sample size should be increased for future research to reduce the effect of possible contaminant bias, inherent to each individual.
- Only intermediate level players were studied. It would be interesting to analyze other development stages and a different gender in future studies.
- The sample selection had to be made according to accessibility criteria. In future studies it would be advisable to use at least stratified random sampling.
- The study was not balanced using a crossover technique, it was impossible to divide the participant into two groups (A-B and B-A). Consequently, there is the possibility that players can learn between tournaments, when facing the same players.
- Measuring changes in playing style is difficult because the players do not have previous experience competing under MC rules. Future studies should correct this bias by including learning periods in these new conditions.
- The design of the studies was cross-sectional. Ideally, longitudinal studies should be carried out to observe the evolution in the development of U-10 players competing in

MC and CG. This would provide more solid evidence on the effects of participating in both competitions.

- The study of oxidative and psychological biomarkers can be considered as a pilot study, because it is impossible to establish cut-off points to know the effect they have on the well-being of the players. Increasing the sample size in future studies may show a higher degree of evidence.
- Future studies should be carried out by modifying other task conditions, to elucidate which would be ideal at this stage.
- These studies are also extrapolable to other formative categories, for example, 11-year-old players play in adult conditions, and the scientific literature shows that this can limit access to meaningful learning opportunities.
- There is a dual perspective on what ratios would be ideal for an optimal educational process, i.e., should the competition of create a technical-tactical pattern similar to ATP/WTA players or develop specific technical-tactical ratios for young tennis players? This question is still unresolved. The main research line to be worked on Future lines of research will focus on the following question.

PART IV

**REFERENCIAS**



- Alarcón, F., Cárdenas, D., Miranda, M. T., & Piñar, M. I. (2010). La metodología de enseñanza en los deportes de equipo The methodology of teaching in team sports. *Revista de Investigación En Educación*, 7, 91–103. <http://webs.uvigo.es/reined/>
- Alfonso, M., Menayo, R., Práctica, L. A., Saque, D. E. L., Tenis, E. N., Alfonso, M., & Menayo, R. (2019). Induced Variability During the Tennis service Practice Affect the Performance of Every Tennis Player Individually and Specifically. *European Journal of Human Movement*, 43, 86–101.
- Almond, L. (2015). Rethinking Teaching Games for Understanding. *AGORA FOR PE AND SPORT*, 17(1), 15–25. [http://agora-revista.blogs.uva.es/files/2015/05/agora\\_17\\_1b\\_almond.pdf](http://agora-revista.blogs.uva.es/files/2015/05/agora_17_1b_almond.pdf)
- Altman, D. G. (1991). *Mathematics for Kappa. Practical Statistics for Medical Research*. Chapman & Hall.
- American Sport Education Program. (2007). *Coaching youth volleyball (4th edition)*. Human Kinetics.
- American Sport Education Program. (2011). *Coaching youth soccer (5th edition)*. Human Kinetics.
- American Sport Education Program. (2012). *Coaching youth basketball (5th edition)*. Human Kinetics.
- Ángel, M., Ruano, G., Liu, H., Cui, Y., Liu, H., Gómez, M.-Á., & Gonçalves, B. (n.d.). *Set-to-set Performance Variation in Tennis Grand Slams: Play with Consistency and Risks*. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0140>
- Anguera, M. Teresa, Blanco-Villaseñor, A., Losada, J. L., & Portell, M. (2018). Guidelines for designing and conducting a study that applies observational methodology. *Anuario de Psicología*, 48(1), 9–17. <https://doi.org/10.1016/j.anpsic.2018.02.001>
- Anguera, M.T., Villaseñor, A. B., Hernández, A., Luis, J., & López, L. (2011). *Diseños observacionales: ajuste y aplicación en psicología del deporte*. 11, 63–76. <https://revistas.um.es/cpd/article/view/133241/122911>
- Araújo, D., & Davids, K. (2015). Towards a theoretically-driven model of correspondence between behaviours in one context to another: implications for studying sport performance. *International Journal of Sport Psychology*, 47(1), 745–757.
- Araújo, D., Davids, K., Bennett, S. J., Button, C., & Chapman, G. (2004). Emergence of sport skills under constraints. In *Skill acquisition in sport* (pp. 433–458). Routledge.
- Araújo, D., Davids, K., & Hristovski, R. (2006). The ecological dynamics of decision making in sport. *Psychology of Sport and Exercise*, 7(6), 653–676. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2006.07.002>
- Araújo, D., Davids, K., & Renshaw, I. (2020). Cognition, Emotion and Action in Sport.

- Handbook of Sport Psychology*, 535–555. <https://doi.org/10.1002/9781119568124.ch25>
- Araujo, D., Davids, K. W., & Hristovski, R. (2006). Ecological Dynamics of Decision-Making. *Psychology of Sport and Exercise*, 7, 653–676. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2006.07.002>
- Araújo, D., Hristovski, R., Seifert, L., Carvalho, J., & Davids, K. (2019). Ecological cognition: expert decision-making behaviour in sport. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 12(1), 1–25. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2017.1349826>
- Arcila, P. A., Mendoza, Y. L., Jaramillo, J. M., & Cañón, O. E. (2010). Comprensión del significado desde Vigotsky, Bruner y Gergen. *Diversitas: Perspectivas En Psicología*, 6(1), 37–49. <https://www.redalyc.org/html/679/67916261004/%0Ahttp://www.redalyc.org/pdf/679/67916261004.pdf>
- Arias, J. L., Argudo, F. M., & I. Alonso, & J. I. (2016). *Effect of Ball Mass on Dribble , Pass , and Pass Reception*. 1367, 37–41. <https://doi.org/10.1080/02701367.2012.10599875>
- Arias, J. L., Argudo, F. M., & Alonso, J. I. (2012). Effect of ball mass on dribble, pass, and pass reception in 9–11-year-old boys' basketball. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 83(3), 407–412. <https://doi.org/10.1080/02701367.2012.10599875>
- Ato, M., López, J. J., & Benavente, A. (2013). Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología. *Anales de Psicología*, 29(3), 1038–1059. <https://doi.org/10.6018/analesps.29.3.178511>
- Avloniti, A., Chatzinikolaou, A., Deli, C. K., Vlachopoulos, D., Marco, L. G., Leontsini, D., Draganidis, D., Jamurtas, A. Z., Mastorakos, G., & Fatouros, I. G. (2017). Exercise-induced oxidative stress responses in the pediatric population. *Antioxidants*, 6(1), 1–16. <https://doi.org/10.3390/antiox6010006>
- Bagis, Y. E. (2020). Examining the Relation Between the Physical Features of 10–12 Year-Old Male Tennis Players and the Speeds of the Service Strikes. *Journal of Education and Learning*, 9(2), 134. <https://doi.org/10.5539/jel.v9n2p134>
- Bandura, A. (1986). Social foundations of thought and action: A social cognitive theory. In *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Prentice-Hall, Inc.
- Bandura, A. (2005). The Evolution of Social Cognitive Theory. In K. G. Smith & M. A. Hitt (Eds.), *Great Minds in Management* (pp. 9–35). Oxford University Press.
- Batterham, A. M., & Hopkins, W. G. (2006). Making Meaningful Inferences About Magnitudes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1(1), 50–57.
- Bayer, D., Ebert, M., & Leser, R. (2017). A comparison of the playing structure in elite kids tennis on two different scaled courts. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 17(1–2), 34–43. <https://doi.org/10.1080/24748668.2017.1303977>

- Bednar, A. K., Cunningham, D., Duffy, T. M., & Perry, J. D. (1992). Theory into practice: How do we link. *Constructivism and the Technology of Instruction: A Conversation*, 8(1), 17–34.
- Beek, P. J., Dessing, J. C., Peper, C. E., & Bullock, D. (2003). Modelling the control of interceptive actions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 358(1437), 1511–1523. <https://doi.org/10.1098/rstb.2003.1343>
- Benitez-Sillero, J. D., Perez-Navero, J. L., Tasset, I., Castillo, M. G.-D., Gil-Campos, M., & Tunez, I. (2011). Cardiorespiratory fitness and oxidative stress: Effect of acute maximal aerobic exercise in children and adolescents. *J. Sports Med. Phys. Fit*, 51, 204–202. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5129.4169>
- Bennett, K. J., Scott, B. R., Fransen, J., Elsworthy, N., Sanctuary, C. E., Gabbett, T. J., & Dascombe, B. J. (2016). Examining the skill involvements of under-16 rugby league players during a small-sided game and match-play. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 11(4), 532–537. <https://doi.org/10.1177/1747954116654780>
- Blanca-Torres, J. C., Fernández-García, Á. I., & Torres-Luque, G. (2019). Influencia de la categoría y el genero en variables temporales en el tenis individual de élite. *Journal of Sport and Health Research*, 11(1), 69–78. [http://www.journalshr.com/papers/Vol 11\\_N 1/JSHR V11\\_1\\_6.pdf](http://www.journalshr.com/papers/Vol 11_N 1/JSHR V11_1_6.pdf)
- Blanca-torres, J. C., & Torres-luque, G. (2019). *Análisis de las variables estadísticas relacionadas con el servicio en tenis masculino de alto rendimiento en categoría junior y absoluto*. 289–295.
- Bredo, E. (2006). Conceptual confusion and educational psychology. *Handbook of Educational Psychology*, 2, 43–57.
- Brocken, J., van der Kamp, J., Lenoir, M., & Savelsbergh, G. (2020). Equipment modification can enhance skill learning in young field hockey players. *International Journal of Sports Science and Coaching*. <https://doi.org/10.1177/1747954120918964>
- Bruning, R. H., Schraw, G. J., & Ronning, R. R. (1999). *Cognitive psychology and instruction*. ERIC.
- Bunker, D., & Thorpe, R. (1982). A model for the teaching of games in secondary schools. *Bulletin of Physical Education*, 18(1), 5–5.
- Buszard, T., Farrow, D., & Reid, M. (2020). Designing Junior Sport to Maximize Potential: The Knowns, Unknowns, and Paradoxes of Scaling Sport. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02878>
- Buszard, T., Garofolini, A., Reid, M., Farrow, D., Oppici, L., & Whiteside, D. (2020). Scaling sports equipment for children promotes functional movement variability. *Scientific Reports*, 10(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59475-5>
- Buszard, T., Reid, M., Masters, R., & Farrow, D. (2016a). Scaling the Equipment and Play Area in Children’s Sport to improve Motor Skill Acquisition: A Systematic Review.

- Sports Medicine*, 46(6), 829–843. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0452-2>
- Buszard, T., Reid, M., Masters, R. S. W., & Farrow, D. (2016b). Scaling Tennis Racquets During PE in Primary School to Enhance Motor Skill Acquisition. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 87(4), 414–420. <https://doi.org/10.1080/02701367.2016.1216653>
- Button, C., Seifert, L., Chow, J. Y., Davids, K., & Araujo, D. (2020). *Dynamics of skill acquisition: An ecological dynamics approach*. Human Kinetics Publishers.
- Capranica, L., Lupo, C., Cortis, C., Chiodo, S., Cibelli, G., & Tessitore, A. (2012). Salivary cortisol and alpha-amylase reactivity to taekwondo competition in children. *European Journal of Applied Physiology*, 112(2), 647–652. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2023-z>
- Castejón, F. J., Díaz, M., Giménez, F. J., Jimenez, F., López, V., & Vizcarra, M. T. (2010). *Deporte y enseñanza comprensiva*. Wanceulen Editorial.
- Chatzipanteli, A., Digelidis, N., Karatzoglidis, C., & Dean, R. (2015). Promoting Students' Metacognitive Behavior in Physical Education Through TGFU. *American Journal of Education Science*, 1(2), 28–36. <http://www.aiscience.org/journal/ajes>
- Chesterfield, G., Potrac, P., & Jones, R. (2010). “Studentship” and “impression management” in an advanced soccer coach education award. *Sport, Education and Society*, 15(3), 299–314. <https://doi.org/10.1080/13573322.2010.493311>
- Chow, J. Y. (2013). Nonlinear Learning Underpinning Pedagogy: Evidence, Challenges, and Implications. *Quest*, 65(4), 469–484. <https://doi.org/10.1080/00336297.2013.807746>
- Chow, J. Y., & Atencio, M. (2014). Complex and nonlinear pedagogy and the implications for physical education. *Sport, Education and Society*, 19(8), 1034–1054. <https://doi.org/10.1080/13573322.2012.728528>
- Chow, J. Y., Davids, K., Button, C., & Renshaw, I. (2016). Nonlinear Pedagogy in Skill Acquisition. In *Nonlinear Pedagogy in Skill Acquisition*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315813042>
- Chow, J. Y., Davids, K., Button, C., Shuttleworth, R., Renshaw, I., & Araújo, D. (2006). Nonlinear pedagogy: a constraints-led framework for understanding emergence of game play and movement skills. *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*, 10(1), 71–103. <https://doi.org/10.3102/003465430305615>
- Chow, J. Y., Davids, K., Button, C., Shuttleworth, R., Renshaw, I., & Araújo, D. (2007). The role of nonlinear pedagogy in physical education. *Review of Educational Research*, 77(3), 251–278. <https://doi.org/10.3102/003465430305615>
- Cobb, P. (1996). Where is the mind? A coordination of sociocultural and cognitive constructivist perspectives. *Constructivism Theory, Perspectives, and Practice*, 34–52.
- Cordovil, R., Araújo, D., Davids, K., Gouveia, L., Barreiros, J., Fernandes, O., & Serpa, S. (2009). The influence of instructions and body-scaling as constraints on decision-making

- processes in team sports. *European Journal of Sport Science*, 9(3), 169–179.  
<https://doi.org/10.1080/17461390902763417>
- Correia, V., Araújo, D., Vilar, L., & Davids, K. (2013). From recording discrete actions to studying continuous goal-directed behaviours in team sports. *Journal of Sports Sciences*, 31(5), 546–553. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.738926>
- Correia, V., Carvalho, J., Araújo, D., Pereira, E., & Davids, K. (2019). Principles of nonlinear pedagogy in sport practice. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 24(2), 117–132.  
<https://doi.org/10.1080/17408989.2018.1552673>
- Cui, Y., Liu, H., Liu, H., & Gómez, M. Á. (2019). Data-driven analysis of point-by-point performance for male tennis player in Grand Slams. *Motricidade*, 15(1), 49–61.  
<https://doi.org/10.6063/motricidade.16370>
- Dancy, P. A. J., & Murphy, C. P. (2020). The effect of equipment modification on the performance of novice junior cricket batters. *Journal of Sports Sciences*, 00(00), 1–8.  
<https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1786992>
- Davids, K., Araújo, D., Hristovski, R., Passos, P., & Chow, J. Y. (2012). Ecological dynamics and motor learning design in sport. In *Skill acquisition in sport: Research, theory and practice*, (pp. 112–130). Routledge. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2297.0089>
- Davids, K., Chow, J. Y., & Shuttleworth, R. (2005). A constraints-based framework for nonlinear pedagogy in physical education. *Journal of Physical Education*, 38(1), 17–30.  
<http://shura.shu.ac.uk/3308/>
- Davids, K., Handford, C., & Williams, M. (1994). The natural physical alternative to cognitive theories of motor behaviour: An invitation for interdisciplinary research in sports science? *Journal of Sports Sciences*, 12(6). <https://doi.org/10.1080/02640419408732202>
- Davis, B., & Sumara, D. (2003). Why Aren't They Getting This? Working through the regressive myths of constructivist pedagogy. *Teaching Education*, 14(2), 123–140.  
<https://doi.org/10.1080/1047621032000092922>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2008). Self-determination theory: A macrotheory of human motivation, development, and health. *Canadian Psychology*, 49(3), 182–185.  
<https://doi.org/10.1037/a0012801>
- Dehghan, F., Khodaei, F., Afshar, L., Shojaei, F. K., Poorhakimi, E., Soori, R., Fatolahi, H., & Azarbayjani, M. A. (2019). Effect of competition on stress salivary biomarkers in elite and amateur female adolescent inline skaters. *Science & Sports*, 34(1), e37–e44.
- Den Duyn, N. (1997). Coaching Children: Game Sense-It's Time to Play! *Sports Coach*, 19, 9–11.
- Ertmer, P. A., & Newby, T. J. (1993). Behaviorism, cognitivism, constructivism: Comparing critical features from an instructional design perspective. *Performance Improvement*

- Quarterly*, 6(4), 50–72. <https://doi.org/10.1002/piq>
- Fajen, B. R., Riley, M. A., & Michael, T. T. (2009). Information, affordances, and the control of action in sport. *International Journal of Sport Psychology*, 40(1), 79–107.
- Farias, C. F. G., Harvey, S., Hastie, P. A., & Mesquita, I. M. R. (2019). Effects of situational constraints on students' game-play development over three consecutive Sport Education seasons of invasion games. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 0(0), 1–20. <https://doi.org/10.1080/17408989.2019.1571184>
- Farrow, D., & Reid, M. (2010). The effect of equipment scaling on the skill acquisition of beginning tennis players. *Journal of Sports Sciences*, 28(7), 723–732. <https://doi.org/10.1080/02640411003770238>
- Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (J. Seaman, S. Turpie, N. Smith, & I. Antcliff (eds.)). SAGE Publications Ltd.
- Fitzpatrick, A., Davids, K., & Stone, J. A. (2016). Effects of Lawn Tennis Association mini tennis as task constraints on children's match-play characteristics. *Journal of Sports Sciences*, 35(22), 2204–2210. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1261179>
- Fitzpatrick, A., Davids, K., & Stone, J. A. (2018). Effects of scaling task constraints on emergent behaviours in children's racquet sports performance. *Human Movement Science*, 58(November 2017), 80–87. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.01.007>
- Fortes, L. S., Almeida, S. S., Nascimento, J. R. A., Fiorese, L., Lima, D., & Ferreira, M. E. C. (2019). Effect of motor imagery training on tennis service performance in young tennis athletes. *Revista de Psicologia Del Deporte*, 28(1), 157–167. <https://www.rpd-online.com/article/view/v28-n1-desousa-sousa-andrade-et-al>
- Fosnot, C. T. (2013). *Constructivism: Theory, perspectives, and practice*. Teachers College Press.
- French, K. E., Werner, P. H., Taylor, K., Hussey, K., & Jones, J. (1996). The Effects of a 6-Week Unit of Tactical, Skill, or Combined Tactical and Skill Instruction on Badminton Performance of Ninth-Grade Students. *Journal of Teaching in Physical Education*, 15, 418–438. <https://doi.org/10.1123/jtpe.15.4.439>
- Gamonales, J. M., Muñoz, J., León, K., & Ibáñez, S. J. (2018). Entrenamiento y confiabilidad entre observadores en el análisis del fútbol para ciegos. *Retos: Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte y Recreación*, 34, 155–161. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6736346>
- García-González, L., Araújo, D., & Fernando Del Villar, C. (2011). Panorámicas de las teorías y métodos de investigación en torno a la toma de decisiones en el tenis: (Revista de Psicología del Deporte 20:2). *Revista de Psicología Del Deporte*, 20(2), 645–666.
- García-angulo, A., Palao, J. M., Giménez-Egido, J. M., García-angulo, F. J., & Ortega-toro, E. (2020). Effect of the modification of the number of players, the size of the goal, and the

- size of the field in competition on the play actions in U-12 male football. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(2).  
<https://doi.org/10.3390/ijerph17020518>
- Jiménez, J. V., Leicht, A. S., & Gomez, M. A. (2019). Physical performance differences between starter and non-starter players during professional soccer friendly matches. *Journal of Human Kinetics*, 69(1), 283–291. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0018>
- Glaserfeld, E. von. (1996). Aspectos del constructivismo radical. In M. Pakman (Ed.), *Construcciones de la experiencia humana* (pp. 23–49). Gedisa Editorial.
- Godbout, P., & Gréhaigne, J. F. (2020). Revisiting the Tactical-Decision Learning Model. *Quest*, 00(00), 1–18. <https://doi.org/10.1080/00336297.2020.1792953>
- González-Víllora, S., Fernandez-Rio, J., Guijarro, E., & Sierra-Díaz, M. J. (2020). *The Game-centred Approach to Sport Literacy*. Routledge.
- González, S., Gil, P., & Pastor, J. (2008). Diseño y aplicación del modelo comprensivo de los deportes en el “floorball” como instrumento de formación del profesorado. *Pulso: Revista de Educación*, 31, 93–115.
- Gottsmann, L., & Delignières, D. (2016). À Propos Des Obstacles Épistémologiques À L'Émergence Du Concept De Compétence. *Movement and Sports Sciences - Science et Motricite*, 2016-Janua(94), 71–81. <https://doi.org/10.1051/sm/2015023>
- Greeno, J. G. (1989). A perspective on thinking. *A Perspective on Thinking. American Psychologist*, 4, 134–141.
- Gréhaigne, J. F., Wallian, N., & Godbout, P. (2005). Tactical-decision learning model and students' practices. *Physical Education & Sport Pedagogy*, 10(3), 255–269.  
<https://doi.org/10.1080/17408980500340869>
- Handford, C., Davids, K., Bennett, S., & Button, C. (1997). Skill acquisition in sport: Some applications of an evolving practice ecology. *Journal of Sports Sciences*, 15(6), 621–640.  
<https://doi.org/10.1080/026404197367056>
- Harvey, S., & Jarrett, K. (2014). A review of the game-centred approaches to teaching and coaching literature since 2006. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 19(3), 278–300.  
<https://doi.org/10.1080/17408989.2012.754005>
- Harwood, M. J., Yeadon, M. R., & King, M. A. (2018). Reducing the pitch length: Effects on junior cricket. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 13(6), 1031–1039.  
<https://doi.org/10.1177/1747954118772482>
- Hastie, P. A., Ward, J. K., & Brock, S. J. (2017). Effect of graded competition on student opportunities for participation and success rates during a season of Sport Education. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 22(3), 316–327.  
<https://doi.org/10.1080/17408989.2016.1203888>

- Hatzigeorgiadis, A., Zourbanos, N., Goltios, C., & Theodorakis, Y. (2008). Investigating the Functions of Self-Talk: The Effects of Motivational Self-Talk on Self-Efficacy and Performance in Young Tennis Players. In *The Sport Psychologist* (Vol. 22).  
<https://pdfs.semanticscholar.org/c09f/04d69ac3906b49408e252dcc73fa2872ec9e.pdf>
- Heft, H. (2020). Ecological psychology as social psychology? *Theory and Psychology, 30*(6), 813–826. <https://doi.org/10.1177/0959354320934545>
- Hizan, H., Whipp, P., & Reid, M. (2011). Comparison of serve and serve return statistics of high performance male and female tennis players from different age-groups. *International Journal of Performance Analysis in Sport, 11*(2), 365–375.  
<https://doi.org/10.1080/24748668.2011.11868556>
- Hopkins, W. G. (2007). A spreadsheet to compare means of two groups. *Sportscience, 11*, 22–24.
- Hopkins, William G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 41*(1), 3–12. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- International Tennis Federation. (2011). *Tennis 10s: The ITF guide to organising 10 and under competition* (England).
- Janák, O., Pačes, J., & Zháněl, J. (2019). Analysis of the game characteristics of a final juniors (male) match U14 at World Junior Tennis Finals in 2017 (case study). *Studia Sportiva, 12*(2), 46. <https://doi.org/10.5817/sts2018-2-5>
- Jonassen, D. H. (1991). Objectivism vs. constructivism: Do we need a new philosophical paradigm? *Educational Technology: Research and Development, 39*(3), 5–14.
- Jones, R. L. (2006). How can educational concepts inform sports coaching. In R. L. J. (Ed.) (Ed.), *The sports coach as educator: Re-conceptualising sports coaching* (pp. 3–13). Routledge.
- Kelso, J. A. S. (1995). *Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior*. MIT press.
- Klaassen, F. J. G. M., & Magnus, J. R. (2001). Are points in tennis independent and identically distributed? Evidence from a dynamic binary panel data model. *Journal of the American Statistical Association, 96*(454), 500–509. <https://doi.org/10.1198/016214501753168217>
- Klaus, A., Bradshaw, R., Young, W., O'Brien, B., Zois, J., O'Brien, B., & Zois, J. (2017). Success in national level junior tennis: Tactical perspectives. *International Journal of Sports Science and Coaching, 12*(5), 618–622. <https://doi.org/10.1177/1747954117727792>
- Krause, L. (2019). *Exploring the influence of practice design on the development of tennis players*. (Doctoral dissertation, Victoria University)
- Krause, L., Farrow, D., Pinder, R., Buszard, T., Kovalchik, S., & Reid, M. (2019). *Enhancing skill transfer in tennis using representative learning design*.  
<https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1647739>

- Krause, L. M., Buszard, T., Reid, M., Pinder, R., & Farrow, D. (2019). Assessment of elite junior tennis serve and return practice: A cross-sectional observation. *Journal of Sports Sciences*, 37(24), 2818–2825. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1665245>
- Lauder, A. G., & Piltz, W. (2013). *Play practice : engaging and developing skilled players from beginner to elite*. Human Kinetics.
- Lee, M., Chow, J. Y., Komar, J., Tan, C., & Button, C. (2014). Nonlinear Pedagogy: An Effective Approach to Cater for Individual Differences in Learning a Sports Skill. *PLoS ONE*, 9(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104744>
- Light, R. (2004). Coaches' experiences of Game Sense: opportunities and challenges. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 9(2), 115–131. <https://doi.org/10.1080/1740898042000294949>
- Light, R. (2012). *Game sense: Pedagogy for performance, participation and enjoyment*. Routledge.
- Light, R., & Wallian, N. (2008). A constructivist-informed approach to teaching swimming. *Quest*, 60(3), 387–404. <https://doi.org/10.1080/00336297.2008.10483588>
- Limpens, V., Buszard, T., Shoemaker, E., Savelsbergh, G. J. P., & Reid, M. (2018). Scaling Constraints in Junior Tennis: The Influence of Net Height on Skilled Players' Match-Play Performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 89(1), 1–10. <https://doi.org/10.1080/02701367.2017.1413230>
- Martin, C., Bideau, B., Touzard, P., & Kulpa, R. (2018). Identification of serve pacing strategies during five-set tennis matches. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 0(0), 174795411880668. <https://doi.org/10.1177/1747954118806682>
- McCarthy, J., Bergholz, L., & Bartlett, M. (2016). *Re-designing Youth Sport: Change the Game*. Routledge.
- Mcmorris, T. (1999). Cognitive development and the acquisition of decision-making skills. *International Journal of Sport Psychology*.
- Memmert, D., Hillmann, W., Huttermann, S., Klein-Soetebier, T., König, S., Nopp, S., Rathschlag, M., Schul, K., Schwab, S., Thorpe, R., Furley, P., Almond, L., Bunker, D., Butler, J., Fasold, F., & Griffin, L. (2015). Top 10 research questions related to teaching games for understanding. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 86(4), 347–359. <https://doi.org/10.1080/02701367.2015.1087294>
- Mesquita, I., Farias, C., & Hastie, P. (2012). The impact of a hybrid Sport Education-Invasion Games Competence Model soccer unit on students' decision making, skill execution and overall game performance. *European Physical Education Review*, 18(2), 205–219. <https://doi.org/10.1177/1356336X12440027>
- Mitchell, S., Oslin, J., & Griffin, L. (2006). *Teaching sport concepts and skills: A tactical games approach (2a ed.)*. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=aEXH-OC-zCIC&oi=fnd&pg=PR1&dq=Mitchell,+S.+A.,+J.+L.+Oslin,+and+L.+L.+Griffin.+2013.+Teac>

- hing+Sport+Concepts+and+Skills:+A+Tactical+Games+Approach+for+Ages+7+to+18.+Ch  
ampaign,+IL:+Human+Kinetics.&ots=GHtpzJ6Gxe&s
- Mitchell, Stephen, Mitchell, S. A., Oslin, J., & Griffin, L. L. (2013). *Teaching sport concepts and skills: A tactical games approach (3rd ed)*. Human Kinetics Publishers.
- Morley, D., Ogilvie, P., Till, K., Rothwell, M., Cotton, W., O'Connor, D., & McKenna, J. (2016). Does modifying competition affect the frequency of technical skills in junior rugby league? *International Journal of Sports Science and Coaching*, 11(6), 810–818. <https://doi.org/10.1177/1747954116676107>
- Newell, K. M. (1986). Constraints on the development of coordination. In Wade, M. G. & H. T. A. Whiting (Eds.), *Motor development in children: Aspects of coordination and control* (Martinus N, pp. 341–360).
- O'Donoghue, P., & Ingram, B. (2001). A notational analysis of elite tennis strategy. *Journal of Sports Sciences*, 19(2), 107–115. <https://doi.org/10.1080/026404101300036299>
- O'Sullivan, M., Davids, K., Woods, C. T., Rothwell, M., & Rudd, J. (2020). Conceptualizing Physical Literacy within an Ecological Dynamics Framework. *Quest*, 00(00), 1–15. <https://doi.org/10.1080/00336297.2020.1799828>
- Oppici, L., Panchuk, D., Serpiello, F. R., & Farrow, D. (2017). Long-term practice with domain-specific task constraints influences perceptual skills. *Frontiers in Psychology*, 8(AUG), 10–12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01387>
- Ortega-Toro, E., Blanca-Torres, J. C., Giménez-Egido, J. M., & Torres-Luque, G. (2020). Effect of Scaling Task Constraints on the Learning Processes of Under-11 Badminton Players during Match-Play. *Children*, 7(10), 164. <https://doi.org/10.3390/children7100164>
- Ortega-Toro, E., García-Angulo, A., Giménez-Egido, J.-M., García-Angulo, F. J., & Palao, J. (2018). Effect of modifications in rules in competition on participation of male youth goalkeepers in soccer. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 13(6), 1040–1047. <https://doi.org/10.1177/1747954118769423>
- Ortega-Toro, E., García-Angulo, F. J., Giménez-Egido, J. M., & Palao, J. M. (2021). Effect of scaling basket height for young basketball players during the competition: seeking out positive sport experiences. *Journal of Sports Sciences*, 1–9. <https://doi.org/10.1080/02640414.2021.1957584>
- Ortega-Toro, E., Gimenez-Egido, J. M., Verdu-Conesa, I., & Palao, J. M. (2020). Effect of Basket Height Adaptation on Technical–Tactical Skills, Self-Efficacy, Cooperation, and Students' Perception in a Basketball Unit. *Sustainability*, 12(23), 10180. <https://doi.org/10.3390/su122310180>
- Ortega, T., Piñar, I., Salado, J., Palau, J. M., & Gómez, M. Á. (2012). Opinión de expertos y entrenadores sobre el reglamento de la competición infantil en baloncesto. *RICYDE*:

- Revista Internacional de Ciencias Del Deporte*, 8(28), 142–150.  
<https://doi.org/10.5232/ricyde2012.02803>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio  
 Sampling Techniques on a Population Study. *Int. J. Morphol*, 35(1), 227–232.  
<https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- Passos, P., Araújo, D., Davids, K., & Shuttleworth, R. (2008). Manipulating Constraints to  
 Train Decision Making in Rugby Union. *International Journal of Sports Science & Coaching*,  
 3(1), 125–140. <https://doi.org/10.1260/174795408784089432>
- Phillips, D. C. (1997). Corning ro Grips with Radical Social Constructivisms. In *Science and  
 Education* (Vol. 6, Issues 1–2, pp. 85–104). <https://doi.org/10.1023/a:1008658528097>
- Piaget, J., & Cook, M. T. (1952). *The origins of intelligence in children*.
- Pulaski, M. A. S. (1971). *Understanding Piaget: An introduction to children's cognitive  
 development*.
- Ranganathan, R., & Newell, K. M. (2013). Changing up the routine: Intervention-induced  
 variability in motor learning. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 41(1), 64–70.  
<https://doi.org/10.1097/JES.0b013e318259beb5>
- Reid, M., Elliott, B., & Whiteside, D. (2010). Task Decomposition and the High Performance  
 Junior Tennis Serve. *ISBS-Conference*. [http://w4.ub.uni-  
 konstanz.de/cpa/article/view/4447](http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/4447)
- Reid, M., Morgan, S., & Whiteside, D. (2016). Matchplay characteristics of Grand Slam tennis:  
 implications for training and conditioning. *Journal of Sports Sciences*, 34(19), 1791–1798.  
<https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1139161>
- Renshaw, I., Araújo, D., Button, C., Chow, J. Y., Davids, K., & Moy, B. (2016). Why the  
 Constraints-Led Approach is not Teaching Games for Understanding: a clarification.  
*Physical Education and Sport Pedagogy*, 21(5), 459–480.  
<https://doi.org/10.1080/17408989.2015.1095870>
- Renshaw, I., & Chow, J. Y. (2019). A constraint-led approach to sport and physical education  
 pedagogy. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 24(2), 103–116.  
<https://doi.org/10.1080/17408989.2018.1552676>
- Renshaw, I., Chow, J. Y., Davids, K., & Hammond, J. (2010). A constraints-led perspective to  
 understanding skill acquisition and game play: a basis for integration of motor learning  
 theory and physical education praxis? *Physical Education & Sport Pedagogy*, 15(2), 117–  
 137. <https://doi.org/10.1080/17408980902791586>
- Renshaw, I., Davids, K., Newcombe, D., & Roberts, W. (2019). *The constraints-led approach:  
 Principles for sports coaching and practice design*. Routledge.
- Renshaw, I., Oldham, A. R., & Bawden, M. (2012). Nonlinear Pedagogy Underpins Intrinsic

- Motivation in Sports Coaching. *The Open Sports Sciences Journal*, 5((Suppl 1-M10)), 88–99. [http://eprints.qut.edu.au/55406/1/Renshaw\\_Oldham\\_%26\\_Bawden\\_%282012%29.pdf](http://eprints.qut.edu.au/55406/1/Renshaw_Oldham_%26_Bawden_%282012%29.pdf)
- Richardson, M. J., Shockley, K., Fajen, B. R., Riley, M. A., & Turvey, M. T. (2008). Ecological Psychology: Six Principles for an Embodied–Embedded Approach to Behavior. In *In Handbook of cognitive science* (pp. 159–187). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375000-6.00142-7>
- Roberts, S., & Potrac, P. (2014). Behaviourism, Constructivism and Sports Coaching Pedagogy: A Conversational Narrative in the Facilitation of Player Learning. *International Sport Coaching Journal*, 1(3), 180–187. <https://doi.org/10.1123/iscj.2014-0097>
- Robinson, G., & O'Donoghue, P. (2007). A weighted kappa statistic for reliability testing in performance analysis of sport. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 7(1), 12–19. <https://doi.org/10.1080/24748668.2007.11868383>
- Rovegno, I., & Dolly, J. P. (2006). Constructivist perspectives on learning. In D. Kirk, D. Mac Donald, & M. O'Sullivan (Eds.), *Handbook of physical education* (pp. 242–261). Sage.
- Schmidhofer, S., Leser, R., & Ebert, M. (2014). A comparison between the structure in elite tennis and kids tennis on scaled courts (Tennis 10s). *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14(3), 829–840. <https://doi.org/10.1080/24748668.2014.11868761>
- Schunk, D. L. (2012). Behaviorism. In *Learning Theories an Educational Perspective. Sixth edition* (pp. 71–117). Pearson. <https://doi.org/10.1007/BF00751323>
- Seifert, L., & Davids, K. (2012). Intentions, Perceptions and Actions Constrain Functional Intra- and Inter-Individual Variability in the Acquisition of Expertise in Individual Sports. *The Open Sports Sciences Journal*, 5(1), 68–75. <https://doi.org/10.2174/1875399x01205010068>
- Siedentop, D. (1994). *Sport education: Quality PE through positive sport experiences*. Human Kinetics Publishers.
- Skinner, B. F. (1968). The Technology of Teaching. In *The Technology of Teaching*. Appleton-Century-Crofts. <https://doi.org/10.2307/1420451>
- Smith, R. E., & Smoll, F. L. (1990). Self-Esteem and Children's Reactions to Youth Sport Coaching Behaviors: A Field Study of Self-Enhancement Processes. *Developmental Psychology*, 26(6), 987–993. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.26.6.987>
- Stephanou, G., Stephanou, G., & Karamountzos, D. (2020). Enhancing Students' Metacognitive Knowledge, Metacognitive Regulation and Performance in Physical Education via TGFU. *Research in Psychology and Behavioral Sciences*, 8(1), 1–10. <https://doi.org/10.12691/rpbs-8-1-1>
- SueSee, B., Pill, S., & Edwards, K. (2016). Reconciling Approaches – A Game Centred Approach To Sport Teaching And Mosston'S Spectrum Of Teaching Styles. *European*

- Journal of Physical Education and Sport Science I*, 2(4), 69–96.  
<https://doi.org/10.5281/ZENODO.163966>
- Tan, C. W. K., Chow, J. Y., & Davids, K. (2012). “How does TGfU work?”: Examining the relationship between learning design in TGfU and a nonlinear pedagogy. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 17(4), 331–348.  
<https://doi.org/10.1080/17408989.2011.582486>
- Tecles, F., Fuentes-Rubio, M., Tvarijonaviciute, A., Martínez-Subiela, S., Fatjó, J., & Cerón, J. J. (2014). Assessment of stress associated with an oral public speech in veterinary students by salivary biomarkers. *Journal of Veterinary Medical Education*, 41(1), 37–43.  
<https://doi.org/10.3138/jvme.0513-073R1>
- Thorpe, R., Bunker, D., & Almond, L. (1986). *Rethinking games teaching*. Department of Physical Education and Sports Science, University of Technology.
- Timmerman, E., De Water, J., Kachel, K., Reid, M., Farrow, D., & Savelsbergh, G. (2015). The effect of equipment scaling on children’s sport performance: the case for tennis. *Journal of Sports Sciences*, 33(10), 1093–1100. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.986498>
- Torres-Luque, G., Blanca-Torres, J. C., Cabello-Manrique, D., & Fernández-García, A. I. (2019). Serve profile of male and female professional tennis players at the 2015 Roland Garros Grand Slam tournament. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 1(6).  
<https://doi.org/10.1007/s12662-019-00615-z>
- Torres-Luque, Gema, Fernández-García, Á. I., Cabello-Manrique, D., Giménez-Egido, J. M., & Ortega-Toro, E. (2018). Design and Validation of an Observational Instrument for the Technical-Tactical Actions in Singles Tennis. *Frontiers in Psychology*.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02418>
- Turner, A. P., & Martinek, T. J. (1999). An investigation into teaching games for understanding: Effects on skill, knowledge, and game play. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 70(3), 286–296. <https://doi.org/10.1080/02701367.1999.10608047>
- Turvey, M. T. (1992). Affordances and Prospective Control: An Outline of the Ontology. *Ecological Psychology*, 4(3), 173–187. [https://doi.org/10.1207/s15326969eco0403\\_3](https://doi.org/10.1207/s15326969eco0403_3)
- Vygotsky, L. S. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores Barcelona: Crítica Grijalbo*.
- Watson, J. B. (1913). Psychology as the behaviourist views it. *Psychological Review*, 20(2), 158–177. <https://doi.org/10.1037/h0074428>
- Withagen, R., de Poel, H. J., Araújo, D., & Pepping, G. J. (2012). Affordances can invite behavior: Reconsidering the relationship between affordances and agency. *New Ideas in Psychology*, 30(2), 250–258. <https://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2011.12.003>
- World Health Organization. (2019). *Global action plan on physical activity 2018-2030: more active*

*people for a healthier world.* (World Heal).

Wormhoudt, R., Savelsbergh, G. J. P., Teunissen, J. W., & Davids, K. (2017). *The athletic skills model: optimizing talent development through movement education.* Routledge.

Zalavras, A., Fatouros, I. G., Deli, C. K., Draganidis, D., Theodorou, A. A., Soulas, D., Koutsioras, Y., Koutedakis, Y., & Jamurtas, A. Z. (2015). Age-related responses in circulating markers of redox status in healthy adolescents and adults during the course of a training macrocycle. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/283921>