



LA MALDICIÓN DEL COMENTARISTA EN EL PÁDEL: ESTUDIO DE CASO SOBRE LOS ATRACTORES Y LAS CADENAS DE MARKOV

THE COMMENTATOR'S CURSE IN PADEL, ATTRACTORS AND MARKOV CHAINS. A CASE STUDY

MARCOS GONZÁLEZ FERNÁNDEZ
Departamento de preparación física
C.A. Osasuna

MARTÍ CAÑELLAS TRÍAS
Fosbury Flop; Sección de Pádel
- CT Andrés Gimeno.
Orcid: 000-0005-2329-5328

ENRIQUE LACASA CLAVER
INEFC-UdL; Complex System in Sports.
Orcid: 0000-0002-4171-9113

Autor de correspondencia: Martí Cañellas Trías. Sección de Pádel - CT Andrés Gimeno.
Avenida Castelldefels, 58-62, 08860, Castelldefels (Barcelona). martict99@gmail.com

Recibido: 03/11/2024

Aceptado: 17/12/2024

RESUMEN

Este estudio presenta un enfoque sobre el análisis del comportamiento del jugador de pádel desde la perspectiva de los sistemas complejos y la teoría de los sistemas dinámicos. Utilizando el modelo de cambio de Markov, se identifican los atractores o estados estables de comportamiento que influyen en el rendimiento del jugador en un contexto competitivo, proporcionando información valiosa para diseñar estrategias y entrenamientos más efectivos. A partir de datos obtenidos en la competición *World Padel Tour* y con el modelo de cambio de Markov, cuantificamos los patrones de comportamiento de un jugador del top cinco del ránking mundial analizando los golpes realizados y sus posiciones en la pista. Un deporte de cooperación y oposición en espacio y tiempo alternativo, implemento, cristales y vallas o juego exterior, como el que caracteriza el pádel, supone una alta exigencia de adaptación continua del jugador a un contexto variable. Con el modelo de cambio de Markov se pueden conocer los estados atractores del comportamiento de dicho jugador en el servicio, resto, en cada zona de la pista y después de que el rival realice un globo. Como conclusión, frente la imposibilidad de predecir con exactitud el comportamiento de los jugadores, el modelo de cambio de Markov puede ser una herramienta útil para conocer la dinámica de los comportamientos de los jugadores y si existen contextos competitivos que fomentan determinados estados estables.

Palabras clave: Deportes de raqueta. Sistemas Complejos Adaptativos. Estabilidad. Patrones de juego. Potencial de diversidad.

ABSTRACT

This study presents an approach to analyzing padel player behavior from the perspective of complex systems and dynamical systems theory. Using the Markov model of change, we identify the attractors or stable states of behavior that influence player performance in a competitive context, providing valuable information to design more effective strategies and training. Using data obtained from the World Padel Tour competition and the Markov change model, we quantify the behavioral patterns of a top five in the world ranking player by analyzing his strokes and his positions on the court. A sport of cooperation and opposition in alternative space and time implements, glass and fences, or outdoor play, such as the one that characterizes padel, involves a high demand for continuous player adaptation to a variable context. With the Markov model, we were able to identify the behavioral attractor states of the player in serving, returning, in each area of the court, and after the opponent hit a lob. As a conclusion, despite the impossibility of predicting the players' behavior with accuracy, the Markov model can help us understand the dynamics of player behaviors and whether there are competitive contexts that foster certain stable states.

Keywords: Racket Sports. Complex Adaptive Systems. Stability. Game Patterns. Diversity Potential.

Introducción

Sin duda alguna, la mayor parte de la afición estaría de acuerdo con el hecho de que contamos con un fantástico elenco de narradores/as y comentaristas que están haciendo un extraordinario trabajo en la promoción, difusión y comprensión de este maravilloso deporte que es el pádel. A pesar del ingente trabajo en la preparación de los partidos, la experiencia y el conocimiento de jugadores/as, así como del propio deporte que sin lugar a dudas atesoran, no es extraño escucharlos reconocer en las propias narraciones que les persigue “la maldición del comentarista”¹.

“La saca Ramiro Moyano por 3. Pegada de Ramiro Moyano que lleva una semana pegando a la bola bien, pero que muy bien”

“Sí! Prácticamente desde que nació lleva pegando la bola así...y es un arma súper peligrosa”

“Ahí vuelve!... (Se vende y contragolpea Yanguas) ¡La maldición del comentarista! ¡Lo quemamos!

Esa “maldición” suele explicar, de una forma simpática, la imposibilidad de que el narrador anticipe el comportamiento motor de los jugadores con exactitud. Tampoco jugadores, entrenadores o analistas son capaces de predecirlo, con certeza deseable, en situaciones de entrenamiento o competición. De hecho, ¿no es ese nivel de impredecibilidad uno de los factores que genera tanta emoción alrededor de la práctica deportiva?

Algunos planteamientos tradicionales del entrenamiento deportivo tratan de comprender el comportamiento del jugador desde una perspectiva reduccionista, descontextualizada o de relación proporcional causa-efecto (Balagué y Torrents, 2011). La realidad -tozuda a menudo- se encarga de demostrarnos lo contrario en cada exhibición que nos regalan nuestras jugadoras y jugadores de pádel. Tratar de ayudarles, tanto en la iniciación como en el rendimiento, pasa por reconocer que el enorme abanico de variables que interactúan y provocan que la estabilidad y reproducibilidad de las situaciones de juego se vuelvan altamente inciertas (Pol et al., 2020).

El pádel es un deporte de implemento (pala), de cooperación-oposición en espacio y tiempo alternativo (García-Mas et al., 2006) en el que compiten cuatro oponentes en una pista de 20x10 metros rodeada por cristales/muros

¹ Una de las innumerables referencias la podemos hallar en la narración del FIP Platinum Sardegna Cagliari 2-8/10/2023 02:10:37 hasta 02:11:05.
<https://www.youtube.com/watch?v=6lzFepJLojQ&t=7812s>

y rejas. El hecho que la pelota pueda rebotar en las paredes después de haber botado en la moqueta rival proporciona una segunda oportunidad de golpear la pelota una vez esta ha superado la línea del cuerpo. Además de un compañero y adversarios, debatiéndose entre cristales y rejas, solemos competir indistintamente: en pistas de exterior o interior; en moquetas en multitud de estados; clima variable que condiciona el comportamiento de la bola; e influenciado, a su vez por multitud de aspectos personales (estructurales o funcionales) que van a emerger en cada situación de juego; por citar tan sólo algunos ejemplos de los tipos de constreñimientos que condicionan el comportamiento de los jugadores (Lacasa et al., 2021). Estos breves apuntes pueden dar una idea, al recién llegado a nuestro deporte, de la demanda y gestión de la incertidumbre que exige esta adictiva modalidad.

A pesar de la existencia de esta incertidumbre en el juego, la tendencia es que cuando se producen sinergias que son ventajosas, tienden a la estabilización sinérgica (Pol et al., 2020). En otras palabras, el jugador tiende a repetir aquello que les ha dado buen resultado, coordinaciones que generan más confianza, o condicionadas por diversas limitaciones físicas.

Aunque el sistema tienda a esta estabilización, es deseable como entrenadores ayudar a los deportistas a gozar de un amplio repertorio motriz. A ser lo suficiente impredecibles para los oponentes, pero a su vez ser suficientemente predecible para entenderse (sinergias interpersonales) con su compañero (Hristovski y Balagué, 2020). Y, por qué no, también podemos ayudar a nuestros jugadores detectando (y educando su mirada para que lo hagan durante el juego) las rigideces o atractores que puedan caracterizar a sus rivales.

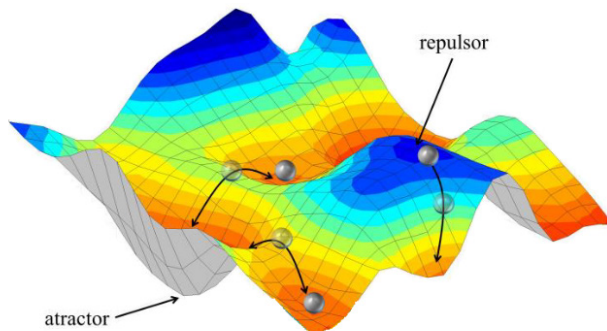
¿Qué entendemos, pues, por atractor?

Retomando el aspecto de estabilización sinérgica, ésta hace referencia a la rigidez o estabilidad dentro del comportamiento dinámico que adopta el jugador/a en su patrón de comportamiento ante una situación, es decir, nos da la definición de atractor (Ric, 2017). Podríamos decir que los sistemas dinámicos también tienen formas preferidas de comportarse en función de las interacciones entre sus componentes internos y la sensibilidad a las condiciones externas (Balagué y Torrents, 2011). Un claro ejemplo es aquel jugador/a de tenis que empieza a jugar a pádel, y que por las demandas de su deporte suele utilizar en exceso el golpeo liftado. Dicho jugador/a, a menudo, no es capaz de analizar el contexto y adaptarse para realizar el cambio de un liftado a un golpeo plano o cortado. En un contexto de iniciación, ese rebote alto de cristal no va a facilitar la devolución de un rival con buena lectura del juego tomando la iniciativa del juego. Esta situación nos indica que, ante esta rigidez, es

necesario un gran cambio en la interacción dinámica del jugador/a con un contexto que ahora tiene paredes. Su entrenador/a podrá facilitar su aprendizaje poniendo constreñimientos de la tarea en una situación de entrenamiento que favorezcan la emergencia de nuevas coordinaciones o patrones de golpeo. Tratará, con sus diseños, de proponer perturbaciones o variaciones adecuadas a los inciertos requerimientos que le propongan los adversarios, su propia confianza, condición física, etc. (Balagué y Torrents, 2011; Courel-Ibáñez y Sánchez-Alcaraz, 2018).

Los atractores se pueden representar gráficamente como un valle o una cuenca. Su profundidad nos da muestra de la dificultad o energía necesaria para salir de él, y por lo tanto lo grande que es la rigidez o estabilización de un determinado comportamiento en nuestro jugador.

Figura 1. Representación gráfica de atractores y repulsos en los comportamientos de un jugador.



Nota. Adaptada de Ric, 2017 (<http://hdl.handle.net/10803/404150>). CC BY-NC-ND 4.0

Ser capaces de detectar estos atractores supone identificar patrones de juego o tendencias en las secuencias de golpes utilizadas por los jugadores. Estudios previos en bádminton (Galeano et al., 2022) mostraron cierta capacidad de predicción en los resultados de los *rallies*, proporcionando valiosa información sobre las estrategias más efectivas y las debilidades de las jugadoras en diferentes fases del juego.

Por otro lado, detectar estos atractores también nos pueden servir como método de prevención de lesiones (Pol et al., 2020), ya que estos pueden llegar a generar un mecanismo lesional por la repetición excesiva de dicho

patrón o la combinación de esta con movimiento anormal, provocando factor lesional en la musculatura implicada (Adamuz y Nerín, 2006). El análisis de los atractores cobra una importancia relevante en el ámbito del scouting deportivo. Detectar los atractores de los jugadores/as de la pareja rival a enfrentar va a constituir un conocimiento estratégico que puede ser de utilidad (un constreñimiento más) para el jugador o jugadora, y así poder optimizar más a nuestra pareja para el próximo encuentro (Botello, 2018).

Por último, y no menos importante, estudiar estos atractores, permitirá obtener un análisis de la situación real del juego e información con una gran posibilidad de transferencia al campo del entrenamiento (Sánchez-Alcaraz et al., 2021). Permitted, con ello, planificar de forma más específica y eficaz, diseñar estrategias para un mejor rendimiento, y una mejora de la toma de decisiones y el feedback según sus comportamientos (Garganta, 2009; Hughes y Bartlett, 2002). El modelo de cambio de Markov (Bedoya y Barrera, 2006) permite estudiar procesos estocásticos (aleatorios) a través de la teoría de la probabilidad, pudiendo llegar a estimar el siguiente estado únicamente teniendo en cuenta los antecedentes propios de esa situación. En otras palabras, permite generar unas probabilidades de que ocurran unos estados, u otros, ante situación dinámicas y no lineales.

Dicho modelo de Markov, por ende, nos permite conocer, cuantificar, el estilo de juego (estados atractores) al que tiende cada jugador, así como sus debilidades y sus fortalezas. A partir de aquí, esta información, relevante, puede ser utilizada no para ordenar linealmente “en esta situación X, haremos Y” sino, como hemos comentado anteriormente, para plantear entornos en el entrenamiento que obliguen al propio equipo a explorar sinergias eficientes en situaciones que no se es funcional y para fomentar la emergencia en la competición de entornos favorables para el propio equipo y no-deseados, perturbantes, para la pareja rival. De esta forma, el equipo puede cumplir el principal objetivo del entrenamiento: satisfacer el Potencial de Diversidad/Impredecibilidad (Pol et al., 2020).

El presente trabajo pretende familiarizar al entrenador/a con conceptos como la causalidad circular, la metaestabilidad, los atractores o los diagnósticos probabilísticos de rendimiento estocástico. Pretende, para ello, (i) reflexionar sobre la comprensión de la emergencia del comportamiento en el pádel; (ii) aplicar el modelo de las cadenas de Markov en el pádel para conocer los estados atractores de un jugador; y (iii) proponer estrategias pedagógicas para la optimización de los estados atractores funcionales del jugador de cara la competición.

Material y métodos

Participantes

El criterio de elegibilidad fue el de un jugador profesional masculino en el ámbito del deporte del pádel inscrito en un torneo oficial del -extinto- circuito profesional *World Padel Tour*. Se eligió para el análisis un jugador del top cinco del ránking mundial que jugaba en la zona del revés.

Instrumento de recogida de datos

Se obtuvieron datos atendiendo a criterios de metodología observacional (Anguera y Hernández, 2013) utilizando el software Lince Plus (Soto et al., 2019). Para analizar el comportamiento del jugador, como hicieron Galeano et al., (2022), las observaciones se centraron en la zona del campo desde la que los jugadores golpeaban la pelota para generar la secuencia posterior de golpes. La pista (espacios interiores y exteriores) fue dividida en 11 zonas con el fin de describir numérica y objetivamente la zona del campo en la que se encontraban los jugadores involucrados en cada secuencia, y la posición de golpeo (ver FIGURA 3). También fueron recogidas otras variables como el número de rally, la cantidad de golpes de cada rally, el tipo de golpeo, su altura y dirección, la contextualización de la ejecución (mantenimiento, iniciativa o finalización) y el bote y sus posibles rebotes. La fiabilidad de estos fue probada con un primer análisis de 81 golpes, dos juegos de un partido, mediante el índice Kappa (Cohen, 1960) en el que resultó un valor del 0.962.

Procedimiento

Se analizaron, con un diseño observacional, analítico de estudio de caso, idiográfico y multidimensional (Anguera, 2013), dos partidos provenientes del repositorio canal de retransmisión de *World Padel Tour* alojado en la plataforma de YouTube. Concretamente se descargaron para la observación, obtención y análisis de datos dos partidos del Estrella Damm Las Rozas Open y el Cervezas Victoria Marbella Master en la temporada 2021. Una vez concretados los criterios y categorías definidos se extrajeron un total de 379 registros.

Estos registros se realizaron mediante la herramienta Lince-Plus (ver figura 2). De forma cuantitativa se recogieron los datos del jugador analizado en las siguientes situaciones:

1. la tipología de golpes realizados por el jugador analizado desde cada zona del campo en cada golpeo,
2. el golpeo que ejecutaba tras globo rival,

3. el golpeo (y la zona del campo dirigida) de juego en el servicio y en el resto del servicio rival.

Figura 2. Ejemplo del formato de registro de golpes mediante la herramienta Lince-Plus.

The screenshot displays the Lince-Plus software interface. On the left, there is a video player showing a tennis match. Below the video is a table of recorded strokes. On the right, there is a 'Criteria & categories' panel with a tree view of categories.

Action	T (sec)	Frame	RA	GO	JAP	JSPET	JSPR
[Action]	01:45:00	192300	CAT0-1	CAT10-11	CAT30-32	CAT20-28	CAT20-210
[Action]	01:45:13	192576	CAT0-2	CAT10-11	CAT30-32	CAT20-27	CAT20-230
[Action]	01:45:33	192996	CAT0-3	CAT10-11	CAT30-32	CAT20-28	CAT20-210
[Action]	01:45:35	193037	CAT0-3	CAT10-13	CAT30-39	CAT20-28	CAT20-210
[Action]	01:45:37	193067	CAT0-3	CAT10-15	CAT30-39	CAT20-27	CAT20-230
[Action]	01:45:49	193323	CAT0-4	CAT10-11	CAT30-32	CAT20-27	CAT20-230
[Action]	01:46:11	193784	CAT0-5	CAT10-11	CAT30-32	CAT20-28	CAT20-210
[Action]	01:46:13	193836	CAT0-5	CAT10-13	CAT30-36	CAT20-28	CAT20-210

The 'Criteria & categories' panel on the right shows a tree structure:

- RALLY
 - CAT0-1
 - CAT0-2
 - CAT0-3
 - CAT0-4
 - CAT0-5
 - CAT0-6
 - CAT0-7
 - TIEB
- GOLPE
- JUGADOR QUE TIENE LA PELOTA
- JUGADOR SIN PELOTA DEL EQUIPO QUE TIENE LA PELOTA
- JUGADOR SIN PELOTA QUE LA RECIBE
- JUGADOR SIN PELOTA QUE NO LA RECIBE
- TIPO DE GOLPEO
 - ALTURA
 - FASE
 - BOTE
 - REBOTE 1
 - REBOTE 2

Análisis estadístico

El modelo de cambio de Markov es una herramienta que permite conocer el comportamiento dinámico de un sistema complejo (en nuestro caso un jugador de pádel), durante una escala temporal determinada (partido, en el caso del presente estudio). A través de este modelo, se puede analizar la probabilidad de ocurrencia de ciertos comportamientos y situaciones competitivas. Con el análisis descriptivo se obtienen unos datos en forma de porcentajes que están relacionados con la probabilidad de ocurrencia de ciertas conductas o patrones. Con la aplicación del modelo de cambio de Markov, se obtienen los porcentajes que describen la probabilidad de que el jugador estudiado realice un golpeo concreto en función de la zona del campo en la que se encuentra. A partir de ahí podemos determinar los estados atractores de comportamiento del sistema y, en función de su tipología, anticipar sus transiciones; en otras palabras, se pueden prever los cambios que se producen entre un comportamiento y la “elección” siguiente. Este modelo proporciona una probabilidad de transición entre los estados atractores de comportamiento, lo que resulta en la posibilidad de analizar las interacciones durante la escala temporal elegida (de Oliveira et al., 2021), capturando la variabilidad en el rendimiento y los patrones comunes, tanto ventajosos como perjudiciales, además de facilitar la comprensión de las dinámicas del comportamiento del

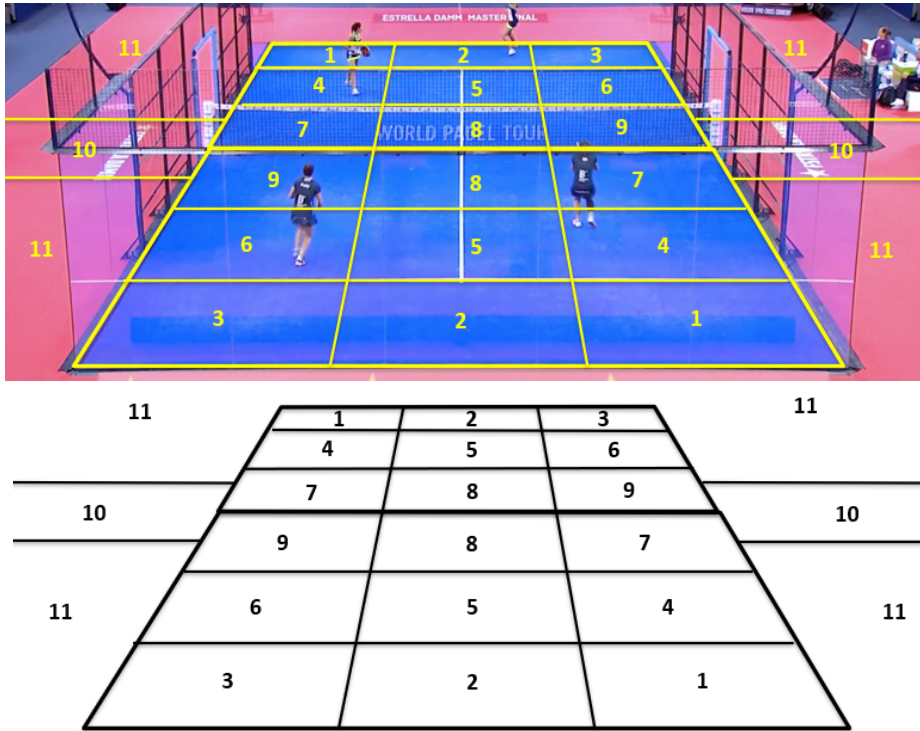
jugador o equipo (Sandri et al., 2020). En el presente estudio se analizó el comportamiento del jugador profesional mencionado anteriormente en el servicio y su devolución; después de recibir un globo por parte del rival; y la tipología de golpes en cada zona del campo.

Por ejemplo, en el estudio del comportamiento posterior a la recepción de un globo rival, se anotaron todos los comportamientos (golpes) que el jugador estudiado realizó. A partir de ahí, se obtuvieron los porcentajes de las posibles transiciones entre estados (comportamiento del jugador posterior al globo). En el caso del servicio y del resto se siguió el mismo proceso. Los datos permiten observar el orden y cantidad de veces de los golpes del jugador estudiado.

Tabla 1. *Categorización de los golpes.*

Tipos de ejecuciones	Acrónimos
Saque	SAQ
Derecha	DER
Revés	REV
Passing	PAS
Chiquita	CHI
Contra-pared	CONTRA
Willy	WILLY
Globo bajo	GLB
Globo alto	GLA
Volea de revés	VOR
Volea de derecha	VOD
Dejada	DEJ
Bajada de pared derecha	BPD
Bajada de pared revés	BPR
Bandeja	BAN
Víbora	VIB
Rulo a la reja	RUR
Remate rápido	RER
Remate por 3	RX3
Remate por 4	RX4
Remate que vuelve al campo propio	RVCP
Devolución remate por 3 por la puerta	DRX3P
Devolución remate por 3 por la pared lateral	DRX3PL
Devolución remate por 4	DRX4
Devolución del remate que vuelve al campo propio	DRVCP
Bloqueo de derecha	BLD
Bloqueo de revés	BLR

Figura 3. División de los espacios de la pista para categorizar cada golpeo.



Resultados

La tabla 2 y 3 muestran los diferentes resultados de la investigación: el análisis del comportamiento del jugador analizado en el saque y el resto, tras el globo del rival y el tipo de golpes ejecutados en cada zona del campo.

En el servicio desde el lado derecho de la pista podemos observar que, en la mayoría de las ocasiones (50.48%), dicho jugador realizaba el servicio hacia el cuerpo del jugador restador o su pared lateral (zona 4) y en caso de segundo servicio, incluso repetía la dirección y zona. En una medida inferior (40.53%), realizaba el primer servicio a la parte central de la pista (zona 5) y, posteriormente, cambiaba la orientación hacia la parte lateral (zona 4). La probabilidad de que, desde el lado derecho, realizara dos servicios consecutivos al medio, a la T fue menor (9.19%).

El comportamiento en el servicio desde el lado izquierdo de la pista resultó distinto. El comportamiento más probable obtenido (44.63%) fue el que

en el lado derecho resultó menos probable: dos servicios consecutivos a la T. En segundo lugar, en una cantidad menor de ocasiones (34.93%) el jugador ejecutó los dos servicios consecutivos en dirección a la pared lateral de la pista o cuerpo del rival. Finalmente, el comportamiento menos probable desde el lado izquierdo de la pista (20.43%) resultó ser la secuencia de servicio al centro de la pista y el posterior a la parte lateral.

El comportamiento en el resto del jugador destacó por usar la mayoría de las veces la dirección hacia la zona 5 (33.30%). Por el contrario, las direcciones de devolución del servicio que usó en menor frecuencia fueron las de las zonas 6 y 10 (1.73%) y 11 (1.86%). Las direcciones hacia las zonas 4, 9, 13, 14 y 15 también fueron usadas residualmente (de un 3 a un 10%). Las otras dos zonas en las que el jugador dirigió la devolución del servicio fueron la 8 (18.59%) y la zona 7 (12.41%).

En relación con el comportamiento del jugador en cuestión tras una ejecución de globo rival observamos que el comportamiento más probable fue la ejecución del remate que la pelota vuelve a campo propio (64.20%). Las dos ejecuciones que durante ese partido tuvieron menos probabilidad fueron la bandeja y el remate que sale por la pared de 4 metros (5.6%). El remate que sale por encima de la reja de 3 metros y el remate rápido también tuvieron una probabilidad menor de ejecución tras globo rival (12.7% el primero y 11.9% el segundo).

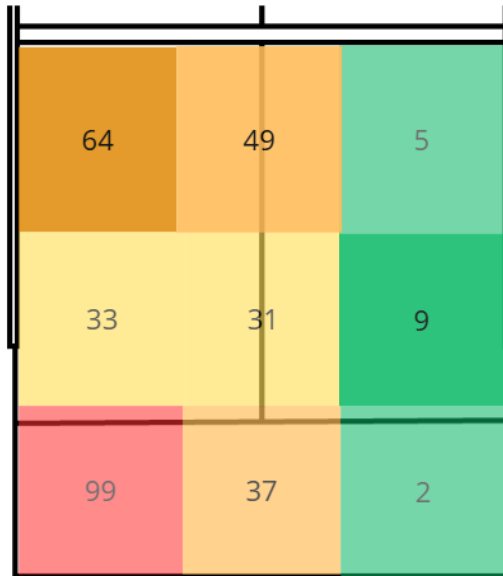
Tabla 2. Resultados de los estados estables en los saques, restos y golpes tras globo.

Situaciones	Estados de transición y porcentajes											
Saque desde la derecha	5 5	5 4	4 4 - 6	4	4	6						
	9,19%	40,33%	50,48%									
Saque desde la izquierda	5 5	5 6	6 6 - 4	3								
	44,63%	20,43%	34,93%									
Dirección del resto	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	
	4,85%	33,30%	1,73%	12,41%	18,59%	10,23%	1,73%	1,86%	6,78%	3,03%	7,38%	
Ejecuciones tras globo rival	RVCP	BAN	RX3	RX4	RER							
	64,20%	5,60%	12,70%	5,60%	11,90%							

Tabla 3. Resultados de los estados estables en los golpes por zona del campo.

Situaciones	Estados de transición y porcentajes													
Tipo de golpes en zona 10	DRX3P 100,00%													
Tipo de golpes en zona 9	VOR	VOD	BPD	BLR	DEJ	BLD	DER	DRVCP	REV	RX4	BPR	GLB		
	57,48%	10,07%	2,77%	9,84%	5,91%	3,40%	1,28%	0,00%	3,83%	1,92%	1,92%	0,00%		
Tipo de golpes en zona 8	VOD	VOR	BLD	RER	DEJ	DER	DRVCP	RX3	REV					
	33,15%	32,48%	8,17%	4,88%	9,31%	2,32%	1,61%	2,32%	5,40%					
Tipo de golpes en zona 7	CHI	VOR	VOD	RER	DRVCP									
	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%									
Tipo de golpes en zona 6	VOD	BAN	DER	BPR	VOR	REV	PAS	BPD	BLD	BLR	GLB	RER	GLA	RVCP
	10,38%	3,43%	8,23%	4,09%	22,39%	9,64%	1,63%	1,63%	4,77%	4,77%	12,53%	0,00%	4,09%	12,40%
Tipo de golpes en zona 5	VOD	GLB	RVCP	BLR	RER	BLD	DER	BAN	RX3	REV	VOR			
	46,53%	3,61%	17,64%	3,53%	3,53%	3,53%	3,61%	3,61%	3,61%	7,21%	3,61%			
Tipo de golpes en zona 4	RVCP	VOD												
	87,69%	12,31%												
Tipo de golpes en zona 3	GLB	REV	DER	VOR	GLA	CONTRA	BLD	PAS	CHI	RVCP	BPD			
	8,92%	46,45%	11,39%	0,91%	16,15%	4,06%	2,15%	1,97%	4,52%	0,91%	1,12%			
Tipo de golpes en zona 2	GLA	DER	BPD	REV	CONTRA	RVCP	GLB	CHI						
	9,55%	47,98%	4,81%	7,90%	4,81%	9,62%	14,37%	0,00%						
Tipo de golpes en zona 1	RVCP													
	100%													

Por último, en la figura 4 se presenta un mapa de calor con la zona de influencia del jugador analizado, atendiendo a las diferentes zonas establecidas en la figura 3. Tal y como se puede observar, la zona izquierda y central es su zona de mayor influencia, destacando además que sus golpes suelen realizarse preferentemente cerca de la red o en zonas de fondo, siendo menor la frecuencia de golpes en zonas de transición.

Figura 4. Mapa de calor global de cada acción del jugador analizado.

Discusión

Los objetivos del presente estudio fueron, (i) reflexionar sobre la comprensión de la emergencia del comportamiento en el pádel; (ii) aplicar el modelo de las cadenas de Markov en el pádel para conocer los estados atractores de un jugador; y (iii) proponer estrategias pedagógicas para la optimización de los estados atractores funcionales del jugador de cara la competición.

Así, una vez obtenidos los resultados, al igual que ocurriría en el seno de un equipo, se iniciaría un análisis acerca de si el porcentaje obtenido en los diferentes estados de transición de los eventos es lo suficiente elevado como para poder ser considerado un atractor y establecer, en base a los datos, las respectivas estrategias.

Es ampliamente reconocido en los juegos de implemento y cancha dividida el valor, que, en la toma de la iniciativa del juego, se otorga al servicio. Conjuntamente con el resto y el “tercer golpe” se han venido considerando indicadores de rendimiento importantes (Gillet et al., 2009).

En este breve análisis de los servicios, los saques que se realizaron desde la parte izquierda del campo se reparten entre los 20% y 45%, no dejando atractor claro. En cambio, si examinamos los saques desde la derecha, sí que

se puede observar que hay una tendencia mucho mayor en sacar a la pared lateral y al centro (50.48% y 40.33% respectivamente), dejando más bien un repulsor en el saque a la T, que apenas llega a un 10% de probabilidad entre tres opciones. A pesar de no poder identificar con claridad un atractor se podría considerar que habría una mayor probabilidad de realizar los saques derechos a la pared lateral del rival. Esta observación está completamente aliñada con los hallazgos de Bueno et al. (2024) en que señalaban que, en pádel masculino, el cristal lateral es la dirección predominante especialmente en puntos clave. La dirección y el posicionamiento determina el tipo de devolución y los golpes siguientes (Escudero-Tena et al., 2023). Al mismo tiempo, las parejas ganadoras generan más puntos ganadores y fuerzan errores rivales en el saque (Conde-Ripoll et al., 2024). Por ende, se asumiría que la comunicación entre jugadores previa al servicio puede devenir una ventaja competitiva al mismo tiempo que las situaciones de servicio deben ser entrenadas eficazmente.

En relación con los restos que realiza el jugador, en lo que respecta a la dirección de estos, sí que se puede observar que hay cierto atractor a dirigirlos hacia las zonas centrales. Nos referimos a las zonas 5 y 8 llegando a ocupar más del 50% total, mientras que en el resto de zonas ninguna pasa del 12.5% y se reparten el porcentaje restante entre otras 9 opciones. Así pues, se puede determinar que hay un cierto atractor a realizar restos planos hacia la zona central por encima de la red, sin llegar a ser golpes altos como globos. En pádel masculino la tendencia es ganar el punto al saque independientemente de la táctica utilizada (Bueno et al., 2024). El posible atractor del jugador en cuestión de dirigir el saque a zonas centrales puede ser consecuencia del posible beneficio y menor riesgo de fallo al apuntar entre los dos rivales, la necesaria coordinación interpersonal que va a exigir a los rivales, así como la gestión de los ángulos de ataque del contrario.

Las zonas cercanas a la red configuran lo que es la situación de ataque, donde hasta un 80% de los puntos directos ganados se producen desde estas zonas, donde el golpeo que más predomina es la volea (Torres-Luque et al., 2015; Ramon-Llin et al., 2024). Los datos del jugador proponen la misma tendencia, ya que el mayor porcentaje de golpes en esas zonas son de las ambas voleas (VOR y VOD). Además, no hay sorpresas en que en la zona 9 el porcentaje es mayor de VOR (Volea de Revés), mientras que en zona 8 se reparte de forma más homogénea. Por lo tanto, no se podría considerar un atractor ya que la propia tendencia del deporte es que en zonas cercanas a la red se realice la volea incluso con un rol de mantener más que de llevar la iniciativa o finalizar (Martín-Miguel et al., 2024).

En zonas de media pista se sigue un poco con la tendencia en zonas cercanas a la red, pero con un porcentaje relativamente menor de voleas, a excepción de la zona 5, en la cual aumenta el porcentaje de VOD (Volea de derechas, de un 33.15% en zona 8 a un 46.56% a zona 5). A su vez, son zonas con un gran abanico de ejecuciones técnicas. Teniendo en cuenta ambos aspectos comentados, se puede observar que hay un atractor bastante presente, que, aunque se encuentra en una zona un poco más alejada de la red, el jugador opta por atacar la ejecución rival antes de que bote en su campo. Este hecho podría estar relacionado con la creciente velocidad en el juego actual. Dicho jugador, como muchos otros, había reaccionado a esta situación anticipando la posición, “robándole” tiempo al rival, y golpeando la pelota antes que este bote en la moqueta. El hecho de tener un mayor número de golpes de volea en zonas cercanas y de media pista, aporta información de que el jugador analizado tiene un carácter más ofensivo. Este carácter, junto a su porcentaje más alto de voleas, hace que aumenten las probabilidades de ganar puntos (Courel-Ibáñez et al., 2015; Courel-Ibáñez et al., 2019).

En las zonas de fondo de pista, es interesante el análisis ya que se pueden observar aspectos relacionados con la forma de actuar del jugador ante eventos defensivos. En la zona 3 se encuentra que el REV (Revés), tiene una probabilidad alrededor de un 30% mayor que todas las demás. Mientras que en la zona 2, es la DER (Derecha) la que tiene alrededor de un 33% más que las demás opciones. Por lo tanto, de forma general, observamos que hay cierto atractor en los eventos que se encuentran a final de pista, donde hay una gran probabilidad de ejecutar un golpeo plano, con carácter de dar continuidad del juego. Sería interesante destacar el carácter rápido que tuvieron los partidos analizados. Las situaciones externas de clima, condiciones meteorológicas o latitud podrían fomentar un desarrollo del juego más veloz. Frente al incentivo de rematar para que volviera al campo propio, por dichas condiciones, la necesidad de seleccionar bien el momento de contraatacar con un globo incrementa. Este aspecto podría condicionar el hecho del comportamiento del jugador jugando plano, la mayoría de las veces, por abajo.

Fuera de la pista encontramos las zonas 10 y 11, en las cuales se observa que hay un claro atractor presente en los golpes en zona 10. Ya que, en esta zona hay un 100% de probabilidades de que se dé una DRX3P. De ese modo, el perfil del jugador es de ser el posible encargado de salir a recuperar esos RX3 del rival, para ejecutar su devolución por la puerta hacia su campo.

Los principales resultados encontrados son los relacionados con los golpes tras globo rival, en otras palabras, todo lo que compone el juego aéreo

del jugador analizado. Además, es una situación interesante de analizar, ya que, la acción que más se utiliza para sacar a los rivales de las zonas de ataque (cercanas a la red), son los globos (Muñoz et al., 2017). Se registraron un 64.20% de probabilidades de un RVCP (Remate que Vuelve a Campo Propio), mientras que las demás ejecuciones no pasan del 13%. Así pues, se encuentra un gran atractor a realizar dicha ejecución técnica ante un globo que proviene de las zonas 4 y 1. Se detecta una solidez muy elevada de sus estados estables en RVCP, llegando a ser de un 87.7% y 100% respectivamente en condiciones de juego rápidas de los partidos que fueron analizados.

Esta situación de comportamiento tan estabilizado ayuda a compartir una reflexión más con el entrenador/a lector/a acerca de lo que puede parecer una paradoja entre estabilizar un atractor o generar un nuevo atractor. El ejemplo de finalización del jugador en los remates que vuelven a campo propio (RVCP) en los partidos (condiciones) analizados se mostraron como una solución extremadamente funcional, y por lo tanto a repetir sin necesidad de buscar otro tipo de configuraciones. En el ámbito del pádel no es extraño observar situaciones de entrenamiento que persiguen la automatización de un gesto técnico. Por ello nos parece pertinente diferenciar entre “robotizar un remate” y estabilizar (o generar un nuevo atractor) del remate. Esa flexibilidad que permita, o bien adaptarnos, o bien estabilizar una coordinación que nos está dando éxito es lo que perseguimos frente a la repetición “robotizada” de un gesto ideal (Balagué y Torrents, 2015; Hristovski y Balagué, 2022).

Por último, el mapa de calor permite observar que la zona de influencia de dicho jugador recae en la parte izquierda del campo, de ahí los colores más cálidos y cercanos al rojo. A su vez, puede dar información sobre la posición de su pareja. En el pádel se comparte un espacio común, pero solamente con el compañero, no con el rival. Entre la pareja deben ocupar los espacios de dicho campo para ser capaces de tener el mayor número de probabilidades de devolver el golpeo. Como se puede observar en el mapa de calor, el jugador analizado tendría asignada la parte izquierda del campo. Mientras que en la parte derecha del campo observando la poca influencia que tiene, podemos deducir que es la zona que ocuparía el compañero.

Conociendo que el jugador analizado en el presente estudio es un jugador de la zona del campo del revés, se puede observar una peculiaridad en su juego. Y es que ante un globo en zonas que a priori es hacia una zona del compañero, en este caso la 4 y 1, se puede ver que hay un porcentaje muy elevado de que la veces que acude el jugador a esas zonas realice un RVCP, formando un claro atractor.

Conclusiones

El modelo de cambio de Markov nos desvela aspectos del comportamiento del jugador de pádel a través del análisis de los estados estables a los que el sistema tiende. Se observa en las dos competiciones analizadas que el jugador estudiado manifestó unos estados atractores en la devolución del servicio, en la volea de derecha desde el medio de la pista, en el golpeo plano desde el fondo de pista y en el remate que vuelve al campo propio. Además, sin tanta consistencia, se registran golpes de alta probabilidad (que no constituían estados atractores) y también de baja, como era el caso del servicio y otros comportamientos en otras zonas del campo.

Estas conclusiones obligan a replantear la linealidad en el comportamiento que, por ejemplo, gobierna en la “maldición del comentarista” e impregna muchas prácticas deportivas: la imposibilidad de predecir con exactitud el comportamiento motor de los jugadores. El modelo de cambio de Markov puede ayudar a desvelar si existen contextos competitivos que fomentan determinados comportamientos ejecutados por los jugadores que forman parte de éste. Esto permitirá conocer la dinámica de sus comportamientos y sus probabilidades de transición e interacción.

Sus implicaciones pedagógicas son múltiples a diferentes niveles y escalas temporales. Conocer los estados atractores de comportamiento capacita al jugador, equipo, entrenador para ser más adaptativo en las situaciones competitivas. Alineado con la teoría de inteligencia cooperativa-competitiva y el Potencial de Diversidad/Impredecibilidad (Hristovski y Balagué, 2020), el conocimiento de estados atractores propios y del rival supone una ventaja competitiva. Si el sistema tiene un grado de variabilidad suficiente para ser imprevisible para el rival, pero previsible para los componentes del sistema, al equipo rival le resultará mucho más difícil anticiparse al juego. En caso contrario, si la variabilidad es muy poca, el rival lo tendrá mucho más fácil para anticipar el comportamiento y contrarrestarlo eficazmente.

El modelo de cambio de Markov nos permite cuantificar el comportamiento de sus estados atractores. El entrenador o persona que use el modelo podrá juzgar y determinar si el comportamiento es adaptativo, si necesita alguna modificación para optimizarlo, etc. Del mismo modo, si se usa para el análisis rival puede ser beneficioso para plantear estrategias y planes de partidos. Si el sistema conoce, anticipa, las ejecuciones rivales le resultarán más fácil proponer, plantear, situaciones beneficiosas.

El presente estudio presenta una serie de limitaciones, que deben tenerse en cuenta. En primer lugar, la muestra pequeña de datos y la necesidad de

contextualizarlos. El pádel es un deporte altamente sensible a las condiciones del entorno: ambos torneos en los que se recogieron los datos podrían ser calificados de “juego rápido” a causa de estreñimientos como el clima, la temperatura, el tipo de bolas, la localización geográfica, entre otros. Si la muestra de datos hubiera sido mayor e incluyera más cantidad de torneos, situaciones, partidos... las conclusiones podrían ser un poco más contundentes.

De cara investigaciones futuras sería interesante aumentar la muestra de datos para obtener conclusiones más firmes. Además, se propone aplicar el modelo de cambio de Markov en otros contextos en los que se desarrolla la competición de pádel: indoor y outdoor, pistas lentas y rápidas, etc. Por último, en un deporte de equipo como es el pádel interesaría aplicar el modelo de Markov a la pareja, equipo, no a un jugador concreto.

Referencias bibliográficas

- Anguera, M. T. y Hernández-Mendo, A. (2013). La metodología observacional en el ámbito del deporte. *Revista de Ciencias del Deporte*, 9(3), 135-160.
- Balagué, N. y Torrents, C. (2011). *Complejidad y deporte*. INDE. Barcelona.
- Bedoya, J. C. y Barrera, M. (2006). Convergencia de las cadenas de Markov. *Scientia Et Technica*, 3(32), 73-78.
- Bueno-García, R., Sánchez-Pay, A., Sánchez-Alcaraz, B. J., Muñoz, D. y Martín-Miguel, I. (2024). Análisis de los parámetros de saque y resto en pádel profesional. *Padel Scientific Journal*, 2(2), 151-169.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37-46.
- Conde-Ripoll, R., Martín-Miguel, I., Muñoz, D. y Escudero-Tena, A. (2024). Performance dynamics in professional padel: winners, forced errors, and unforced errors among men and women players. *International Journal of Performance Analysis in Sport*.
<https://doi.org/10.1080/24748668.2024.2397197>
- Courel-Ibáñez, J., Sanchez-Alcaraz, J. B. y Muñoz, D. (2019). Exploring game dynamics in padel: Implications for assessment and training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(7), 1971-1977.
- Courel-Ibáñez, J., Sánchez-Alcaraz, J. B. y Cañas, J. (2015). Effectiveness at the net as a predictor of final match outcome in professional padel players. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(2), 632-640.
- Escudero-Tena, A., Mancha-Triguero, D., Pozo-Ayerbe, C. y Ibáñez, S. J. (2023). Diferencias entre pádel profesional masculino y femenino en función del rendimiento según el set, la ronda y el tipo de torneo. *Padel Scientific Journal*, 1(1), 23-37.

- Galeano, J., Ruano, M., Rivas, F. y Buldú, J. (2022). Using Markov chains to identify player's performance in badminton. *Chaos, Solitons & Fractals*, 165, 112828. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2022.112828>
- García-Mas, A., Olmedilla, A., Morilla, M., Rivas, C., García-Quintero, E. y Ortega, E. (2006). Un nuevo modelo de cooperación deportiva y su evaluación mediante un cuestionario. *Psicothema*, 18(3), 425-432.
- Garganta, J. (2009). Trends of tactical performance analysis in team sports: Bridging the gap between research, training and competition. *Revista Portuguesa de Ciências Do Desporto*, 9(1), 81-89.
- Gillet, E., Leroy, D., Thouwarecq, R. y Stein, J. F. (2009). A notational analysis of elite tennis serve and serve-return strategies on slow surface. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(2), 532-539.
- Hristovski, R. y Balagué, N. (2020). Theory of cooperative-competitive intelligence: Principles, research directions, and applications. *Frontiers in Sports*, 11, 2220. <https://doi.org/10.3389/fsals.2022.1001890>
- Hughes, M. D. y Bartlett, R. M. (2002). The use of performance indicators in performance analysis. *Journal of Sports Sciences*, 20(10), 739-754.
- de Oliveira, A. M. B., Binner, J. M., Mandal, A., Kelly, L. y Power, G. J. (2021). Using GAM functions and Markov-Switching models in an evaluation framework to assess countries' performance in controlling the COVID-19 pandemic. *BMC public health*, 21(1), 2173. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-11891-6>
- Lacasa, E., Salas, C. y Torrents, C. (2021). Pádel: una mirada compleja, dinámica y no lineal en la iniciación Deportiva y el entrenamiento. *Retos*, 41, 354-361.
- Martín-Miguel, I., Parraca, J. A., Escudero-Tena, A., Batalha, N. M. y Marín, D. M. (2024). Análisis de la efectividad del último y penúltimo golpeo de la pareja en pádel profesional masculino y femenino. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, 17(1), 6216-6230.
- Muñoz, D., Courel-Ibáñez, J., Sánchez-Alcaraz, B. J., Díaz, J., Grijota, F. J. y Muñoz, J. (2017). Análisis del uso y eficacia del globo para recuperar la red en función del contexto de juego en pádel. *Retos. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 31, 19-22.
- Pol, R., Balagué, N., Ric, A., Torrents, C., Hristovski, R. y Kiely, J. (2020). Training or synergizing? Complex systems principles change the understanding of sport processes. *Sports Medicine - Open*, 6, 1-13.
- Ramón-Llín, J., Muñoz, D., Martín-Miguel, I., Guzmán, J. F., Vučković, G., Martínez-Gallego, R. y Sánchez-Alcaraz, B. J. (2024). Relationship between Ball Impact Point, Type of Stroke and Shot Direction in High-Performance Padel. *Applied Sciences*, 14(11), 4630. <https://doi.org/10.3390/app14114630>
- Ric, Á. (2017). *La complejidad en el fútbol: Dinámica exploratoria y emergencia de comportamiento táctico* (Tesi doctoral). Universitat de Lleida.

- Sánchez-Alcaraz, B. J., Courel-Ibáñez, J. y Cañas, J. (2018). Estructura temporal, movimientos en pista y acciones de juego en pádel: Revisión sistemática. *Retos*, 33, 308-312.
- Sandri, M., Zuccolotto, P. Y Manisera, M. (2020). Markov switching modelling of shooting performance variability and teammate interactions in basketball. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 69(5), 1337-1356.
- Soto, A., Camerino, O., Iglesias, X., Anguera, M. T. y Castañer, M. (2019). LINCE PLUS: Research software for behaviour video analysis. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 137, 149-153.