

## Self-organization in the 3:2:1 defense in handball: Behaviors from the complex dynamic systems

### La autoorganización en la defensa 3:2:1 en balonmano: Conductas desde los sistemas dinámicos complejos

Sebastián Espoz-Lazo<sup>1\*</sup>, Claudio Farías-Valenzuela<sup>2</sup>, Pablo del Val-Martín<sup>3</sup>, Claudio Hinojosa-Torres<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Santiago de Chile (USACH), Facultad de Ciencias Médicas, Escuela de Ciencias de la Actividad Física, el Deporte y la Salud, Chile.

<sup>2</sup> Escuela de Ciencias de la Actividad Física, Universidad de Las Américas, Santiago 9170022, Chile.

<sup>3</sup> Observatorio Chileno de Educación Física y Deporte Escolar, Instituto del Deporte y Bienestar, Facultad de Educación y Ciencias Sociales, Universidad Andres Bello, Las Condes, Santiago, 7550000, Chile.

<sup>4</sup> Facultad de Educación y Ciencias Sociales, Instituto del Deporte, Universidad Andres Bello, Fernández Concha 700, Las Condes, 77510157, Chile.

\* Correspondence: Sebastián Espoz Lazo; [sebastian.espoz@usach.cl](mailto:sebastian.espoz@usach.cl)

#### ABSTRACT

This study aimed to describe collective emerging behaviors within a 3:2:1 defense training method in handball using the framework of complex dynamic systems. An observational methodology grounded in nonlinear pedagogy was employed, applying constraints to trigger defensive behaviors in response to offensive actions. Twelve players were divided into three groups for participation. The results revealed that emergent defensive behaviors were related to executed offensive actions during the exercise. Offensive ball-circulation actions consistently activated defensive responses aimed at maintaining the defensive structure, while offensive actions involving width and depth crosses prompted position changes, adjustments, and defensive contacts. Furthermore, spontaneous coordination among players was observed to self-organize and adapt defensive responses during the exercise. In conclusion, the nonlinear pedagogy approach rooted in complex dynamic systems was effective in fostering defensive responses in the 3:2:1 defensive system in handball.

#### KEYWORDS

Chaos Theory; Motor Behaviors; Communication; Handball; Perception

## **RESUMEN**

Este estudio se enfocó en describir las conductas emergentes colectivas en un método de entrenamiento de defensa 3:2:1 en balonmano, utilizando la perspectiva de los sistemas dinámicos complejos. Se empleó una metodología observacional con base en la pedagogía no lineal, donde se aplicaron constreñimientos para activar conductas defensivas en respuesta a acciones ofensivas. Participaron 12 jugadoras divididas en tres grupos. Los resultados mostraron que las conductas defensivas emergentes estaban relacionadas con las acciones ofensivas ejecutadas durante el ejercicio. Se identificó que las acciones ofensivas de circulación del balón activaban respuestas defensivas específicas de mantener la estructura defensiva, mientras que las acciones ofensivas de cruces en anchura y profundidad generaban cambios de posición, ajustes y contactos defensivos. Además, se observó una coordinación espontánea entre las jugadoras para autoorganizarse y ajustar las respuestas defensivas durante el ejercicio. En conclusión, el enfoque de la pedagogía no lineal basado en sistemas dinámicos complejos resultó efectivo para desarrollar respuestas defensivas en el sistema 3:2:1 en balonmano.

## **PALABRAS CLAVE**

Teoría del Caos; Conductas Motrices; Comunicación; Balonmano; Percepción

## **1. INTRODUCCIÓN**

Los sistemas dinámicos complejos representan una categoría de sistemas altamente interconectados que exhiben comportamientos emergentes e impredecibles (Dresp-Langley, 2020). Estos sistemas están caracterizados por la no linealidad en sus interacciones, lo que implica que pequeños cambios pueden tener efectos significativos y no proporcionales en su comportamiento global (Vaidenau et al., 2020). Además, se definen por su sensibilidad a las condiciones iniciales, por su autoorganización como también por su adaptabilidad al entorno (Kahl & Kschischo, 2021). La relación entre estas tres características de los sistemas dinámicos complejos es fundamental, ya que estas interactúan y se refuerzan mutuamente para dar lugar a comportamientos emergentes y patrones impredecibles. La autoorganización, como fenómeno intrínseco, permite que el sistema se organice espontáneamente en respuesta a las interacciones internas entre sus componentes (Dresp-Langley, 2020). Estas interacciones y adaptaciones mutuas dan lugar a la emergencia de patrones y estructuras que optimizan la eficiencia y coherencia del sistema en su conjunto (Foguelman et al., 2021).

Por otro lado, la sensibilidad a condiciones iniciales, otra característica de los sistemas dinámicos complejos influye en la autoorganización, ya que pequeñas diferencias de dichas condiciones pueden

llevar a trayectorias de desarrollo completamente distintas, lo que a su vez afecta la forma en que el sistema se autoorganiza y se adapta a su entorno. Esta sensibilidad contribuye a la diversidad y la impredecibilidad de los sistemas dinámicos complejos (Vaidenau et al., 2020). En este mismo sentido, la adaptabilidad del sistema también es esencial para responder a los cambios en su entorno y a sus condiciones internas, debido a que la sensibilidad a condiciones iniciales y a las interacciones con otros sistemas permite poder ajustarse continuamente y modificar su comportamiento para adecuarse a las demandas cambiantes del entorno (Kahl & Kschischo, 2021). La adaptabilidad permite que el sistema mantenga su estabilidad y funcionalidad a lo largo del tiempo, lo que es crucial para su supervivencia y evolución (Dresp-Langley, 2020). Esta relación íntegra entre las características descritas es fundamental para comprender la naturaleza compleja y adaptable de estos sistemas en diversos campos como los científicos, los sociales, los tecnológicos y también los deportivos.

En el contexto deportivo, particularmente la defensa del balonmano (también en el plano ofensivo), representa un ejemplo claro de sistema dinámico complejo. La coordinación, la comunicación y la adaptabilidad entre los jugadores forman una red táctica en la cancha, donde cada jugador actúa como un nodo interconectado en el sistema (Bermejo, 2015; Davids et al., 2013; Sun et al., 2020). Las interacciones no lineales entre los jugadores y la adaptabilidad táctica en respuesta a la dinámica del juego dan lugar a comportamientos emergentes, como movimientos de ajustes, contactos y cambios de marca muy coordinados (Espoz-Lazo et al., 2023). La autoorganización y la interacción en tiempo real entre los jugadores hacen que el balonmano sea un deporte altamente dinámico y complejo. Sin embargo, los modelos tradicionales de entrenamiento se basan en una lógica mecanicista de estímulos y respuestas lineales, donde se busca abordar el desarrollo del rendimiento mediante un enfoque colectivo, pero desde una perspectiva individual (Hinojosa-Torres et al., 2021; Seco, 2015). En este enfoque, se espera que cada jugador muestre resultados independientes que reflejen sus habilidades personales, las cuales se integran posteriormente en los sistemas tácticos colectivos como una simple suma de las partes. En otras palabras, se busca que el sistema defensivo emerja únicamente de la combinación de las capacidades individuales de cada jugador en el campo de juego (Seco, 2016). No obstante, este enfoque deja de lado el valor de las interacciones dinámicas que se ven sistemáticamente influenciadas por diversos estímulos cambiantes durante el transcurso de un partido (Espoz-Lazo et al., 2023).

En particular, la defensa 3:2:1 en balonmano ejemplifica la importancia de la autoorganización y adaptabilidad en el sistema defensivo frente a los movimientos y acciones ofensivas del equipo contrario, ya que, en el plano espacial, la coordinación entre las jugadoras crea una estructura defensiva dinámica, cerrando espacios y presionando al equipo atacante (Antón García, 2006). La adaptabilidad espacial les

permite ajustar posiciones en tiempo real para defender distintas rutas que las atacantes buscan penetrar. En el plano temporal, la autoorganización y adaptabilidad emergen en respuesta a las acciones ofensivas cambiantes, generando respuestas defensivas coherentes para cada una de ellas. La adaptabilidad temporal es esencial para cambiar estrategias rápidamente según evoluciona el partido (Balague et al., 2013). Para lo cual, es necesario contar con métodos de entrenamiento que fortalezcan la relación de las jugadoras en su rol de nodos dentro del sistema y que se evite la intromisión del entrenador en la entrega de respuestas predefinidas para las diversas posibilidades que presentan los jugadores de ataque. Por lo cual, es el objetivo del presente estudio el describir las conductas defensivas emergentes colectivas que desarrolla un método de entrenamiento de la defensa 3:2:1 basada en los fundamentos de la teoría de los sistemas dinámicos complejos.

## **2. MÉTODOS**

### **2.1. Diseño y participantes**

La presente, es una investigación descriptiva, cuantitativa y observacional planificada para obtener información relevante sobre nuestro objetivo de investigación. En particular, corresponde a un diseño de seguimiento, idiográfico y multidimensional, ya que se realizó un análisis intra-sesión que proporcionó datos sobre la frecuencia de las acciones realizadas y algunos comportamientos de las jugadoras como parte de un sistema (equipo) en respuestas colectivas (Anguera, 2011). La muestra incluyó a 12 jugadoras de balonmano divididas en 3 grupos de forma aleatoria (G1, G2 y G3) pertenecientes a un equipo local en Santiago, Chile (edad =  $27,55 \pm 0,51$ ). Todas ellas fueron seleccionadas por conveniencia (Otzen & Manterola, 2017) para participar en un programa de entrenamiento especial para este estudio. Su experiencia en balonmano incluía entrenamiento sistemático en su club durante los últimos 6 años. Tres de las jugadoras también habían jugado en el equipo nacional en un torneo Panamericano durante los años 2020 a 2022. Todas las jugadoras seleccionadas mostraron habilidades motoras especializadas del balonmano ya desarrolladas, principalmente más enfocadas en aspectos ofensivos que defensivos. En el momento de la intervención, las jugadoras tenían experiencia con tácticas defensivas básicas en el balonmano, pero todas señalaron que nunca habían entrenado en la defensa 3:2:1 de forma estructurada, sino que sólo la habían jugado en partidos de forma intuitiva. En cuanto a la carga de entrenamiento, todas las jugadoras tenían 2 sesiones de balonmano en su club, 2 de ellas también tenían una sesión de entrenamiento para sus universidades y las 3 jugadoras del equipo nacional tenían además 5 entrenamientos por semana para dicho equipo. Para el presente estudio se firmó un consentimiento informado por todas las jugadoras. Cabe destacar que esta investigación fue aprobada por el Comité de

Ética de Investigación de la Universidad de Granada con el número de registro: 2000/CEIH/2021, y se adhirió a los estándares acordados en el acuerdo a la declaración Helsinki (Shrestha, 2019).

## **2.2. Procedimiento**

Todas las jugadoras de la muestra participaron en 1 sesión de entrenamiento especial de balonmano que comprendió la estructura que se describe a continuación:

(A) Calentamiento: donde se les pidió a todas las jugadoras que trotaran durante 5 minutos, luego practicasen libre e individualmente durante 5 minutos más todas las diferentes habilidades que conocían, y más tarde en parejas, que trotaran libremente pasándose el balón entre ellas;

(B) Entrenamiento técnico defensivo individual: consistió en diferentes ejercicios relacionados con movimientos defensivos, específicamente en moverse orientados según su oponente, mantener la distancia o aplicar presión según la intención del atacante.

(C) Ejercicio correspondiente al modelo de Pedagogía No Lineal (PNL): se aplica un ejercicio específico de PNL en cada sesión.

(D) Enfriamiento: en todas las sesiones, se les pidió a las jugadoras que se aplicaran automasaje y estiramientos.

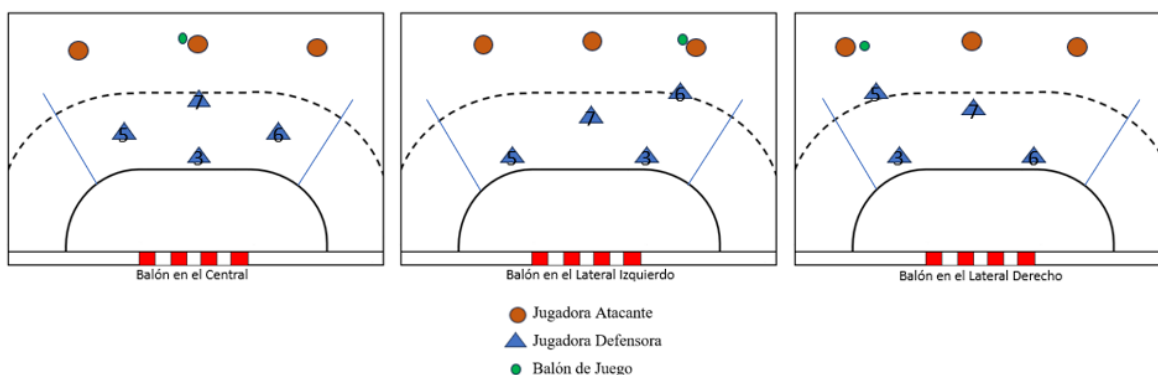
Se solicitó a todas las participantes que no comieran alimentos ni ingirieran bebidas estimulantes como café o bebidas energéticas al menos una hora antes de las sesiones de entrenamiento. También se les pidió a las jugadoras que mantuvieran el mismo tipo de dieta que tenían diariamente. Para la hidratación, las jugadoras lo hicieron a su *ad libitum*. En el momento en que las jugadoras participaron en la sesión de entrenamiento del estudio, no se llevaron a cabo entrenamientos en sus clubes, por lo que tampoco compitieron.

## **2.3. Ejercicio PNL**

Tal como se ha observado en estudios anteriores sobre metodología de PNL (Espoz-Lazo et al., 2023; Flores-Rodríguez & Ramírez-Macías, 2021; Correia, Carvalho & Araujo, 2014), se estableció una estructura específica en la que las jugadoras tenían que interactuar de acuerdo con los constreñimientos impartidos. Todas las jugadoras se distribuyeron para actuar primero como atacantes o defensoras, para luego cambiar su rol al opuesto. De manera intencionada se distribuyó a las jugadoras de manera que se equilibraran ambos grupos con niveles similares de rendimiento. Con esto, se organizaron dos equipos: el equipo de atacantes (AT) y el equipo de defensoras (DT).

El objetivo del ejercicio fue que el equipo defensor debía evitar que alguna jugadora atacante penetrara el sistema defensivo, para lo cual podían utilizar todas las herramientas que el reglamento de juego les permitía realizar que no supongan una sanción progresiva. Por su parte, el equipo atacante debía penetrar el sistema defensivo para provocar un lanzamiento dentro de la zona de 9 mts. Para la realización del ejercicio se determinó un tiempo de duración promedio de 12 minutos por cada grupo atacante, al ser este el tiempo promedio de juego que el técnico del equipo, al cual pertenecen las jugadoras, espera en general antes de pedir el *Team Time Out*.

Para el ejercicio, se estableció una situación de ataque-defensa de 3 contra 4 en un espacio reducido de la cancha (primera línea ofensiva v/s estructura central de la defensa 3:2:1). Como constreñimiento se solicitó a las defensoras que, en todo momento, la estructura defensiva del sistema 3:2:1 se mantenga a como dé lugar, respetando las posiciones de las 3 líneas defensivas en sus profundidades correspondientes, desplazándose en función de las líneas de progresión de las atacantes y de acuerdo con la posición del balón en el espacio de juego tal como lo describe Antón García (2006) (Ver Figura 1).



**Figura 1.** Estructura a mantener en defensa 3:2:1 según posición del balón

Las indicaciones para las atacantes fue que solo debían penetrar las jugadoras que tengan el balón en su posesión. Para ello podían utilizar carreras de velocidad para ganar espacios, mientras que las jugadoras sin balón podían realizar apoyos dinámicos en paralelo o en cruce según conveniencia. Además, se dio la pauta de no poder realizar 1 contra 1 o lanzamientos a distancia.

El entrenador entregó las indicaciones del ejercicio solamente al inicio y las repitió cada vez que había un cambio de roles entre las atacantes y defensoras. Durante el ejercicio, el entrenador sólo repetía en voz alta la frase “mantengan la estructura” para recordar el objetivo. Se estableció que el entrenador no podía dar más indicaciones ni intervenir de ninguna forma en el desarrollo de la tarea; más allá de

reforzar las indicaciones señaladas. El tiempo de duración del ejercicio fue controlado por el equipo investigador.

## 2.4. Recolección de datos

Dado que este es un estudio observacional, se registró en video la sesión de entrenamiento utilizando la cámara principal integrada de un iPhone XR 64GB® (EE. UU.), colocado en un trípode a un costado de la cancha a una altura de 4 metros (Jiménez-Olmedo et al., 2020). La sesión grabada se almacenó en un disco duro virtual para su posterior edición. La edición de los videos se llevó a cabo utilizando Adobe Premiere Pro CC 2020® (EE. UU.). En este proceso, se guardó de manera independiente el ejercicio de PNL, separándolo del resto de la grabación de la sesión. Cada video de PNL se editó para resaltar el inicio y finalización de cada ejercicio por grupo, además de señalar los momentos en que cambiaban los roles de los equipos. Esto se hizo con el propósito de facilitar el análisis posterior utilizando el software Kinovea® (Código Abierto). En cuanto a la observación, se adaptó un instrumento de observación ad hoc descrito por Anguera et al. (2011), basándose en los conceptos de comportamientos defensivos colectivos definidos por Antón (1998) (pp. 140-155), los cuales fueron complementados por Antón (2003) (pp. 143-150) (Tabla 1). Este instrumento consistía en un sistema de categorías exhaustivas y no excluyentes que otorgaban respaldo teórico a la observación.

En una segunda fase, se entregó a tres observadores externos la grabación de los ejercicios por cada grupo en un orden diferente para su análisis. De esta manera, cada observador obtuvo una secuencia del ejercicio distinta para reducir la influencia del orden estructurado original.

**Tabla 1.** Codificación de Acciones Defensivas

<b>Tipo de acción defensiva</b>	<b>Código</b>
Estructura base de la defensa 3:2:1 en forma de diamante	E1
Estructura secundaria de la defensa 3:2:1 orientación diagonal hacia lateral derecho	E2
Estructura secundaria de la defensa 3:2:1 orientación diagonal hacia lateral izquierdo	E3
Cambio de oponente entre 2 defensores de puestos colindantes sin contacto a la atacante	CO
Cambio de oponente entre 2 defensores de puestos colindantes con contacto a la atacante	COCC
Ajuste defensivo por la espalda de defensor que contacta en línea de progresión a su oponente directo que ataca en profundidad y cuyo puesto colindante responde en apoyo dinámico en cruce.	AE
Ayuda defensiva de una defensora de puesto colindante que resulta en cambio de posición.	AD

Estructura base de la defensa 3:2:1 en forma de diamante MAL O NO REALIZADA	E1X
Estructura secundaria de la defensa 3:2:1 orientación diagonal hacia lateral derecho MAL O NO REALIZADA	E2X
Estructura secundaria de la defensa 3:2:1 orientación diagonal hacia lateral izquierdo MAL O NO REALIZADA	E3X
Cambio de oponente entre 2 defensores de puestos colindantes sin contacto a la atacante MAL O NO REALIZADA	COX
Cambio de oponente entre 2 defensores de puestos colindantes con contacto a la atacante	COCCX
Ajuste defensivo por la espalda de defensor que contacta en línea de progresión a su oponente directo que ataca en profundidad y cuyo puesto colindante responde en apoyo dinámico en cruce MAL O NO REALIZADA	AEX
Ayuda defensiva de una defensora de puesto colindante que resulta en cambio de posición MAL O NO REALIZADA	ADX

El equipo de 3 observadores, todos ellos entrenadores de balonmano, fue capacitado para analizar las habilidades defensivas colectivas en el balonmano utilizando la metodología observacional. La capacitación de los observadores estuvo a cargo de un experto en balonmano con experiencia en investigación utilizando esta metodología.

El experto se reunió con los observadores para abordar y aclarar cualquier inquietud que pudiera surgir en relación con el proceso de observación. Se les proporcionó un video piloto a los observadores para que practicasen la metodología observacional y los resultados de las observaciones fueron consistentes entre los tres observadores.

Finalmente, cada observador calificó las conductas defensivas colectivas de acuerdo con las acciones ofensivas que se ejecutaran impulsadas por el balón como atractor del funcionamiento del sistema ofensivo. Al igual que las conductas defensivas, cada acción ofensiva fue codificada para facilitar el análisis de los observadores. Estos, fueron registrando tanto acciones ofensivas como conductas defensivas en una hoja Excel® (Tabla 2 y 3).



**Tabla 2.** Códigos para Acciones Ofensivas

<b>Tipo de acción ofensiva</b>	<b>Código</b>
Pase Central Lateral Derecho en fase de circulación del balón	PCLD
Pase Lateral Derecho a central en fase de circulación del balón.	PLDC
Pase Central Lateral Izquierdo en fase de circulación del balón	PCLI
Pase Lateral Izquierdo a central en fase de circulación del balón.	PLIC
Cruce en anchura de central a lateral Derecho con posesión del balón desde el central, inicio con bote.	CR1ACLD
Cruce en anchura de central a lateral Izquierdo con posesión del balón desde el central, inicio con bote.	CR1ACLI
Cruce en anchura de lateral derecho a central con posesión del balón desde lateral, inicio con bote.	CR1ALDC
Cruce en anchura de lateral izquierdo a central con posesión del balón desde lateral, inicio con bote.	CR1ALIC
Cruce en profundidad de central al lateral derecho inicio con bote.	CR1BCLD
Cruce en profundidad de central al lateral izquierdo inicio con bote.	CR1BCLI
Cruce en profundidad de lateral derecho a central inicio con bote.	CR1BLDC
Cruce en profundidad de lateral izquierdo a central inicio con bote.	CR1BLIC
Cruce central al lateral derecho a partir de pase al lateral y luego cruza. Lateral profundiza	CR2CLD
Cruce central al lateral izquierdo a partir de pase al lateral y luego cruza. Lateral profundiza	CR2CLI
Cruce lateral derecho a central a partir de pase al central y luego cruza. Central profundiza	CR2LDC
Cruce lateral izquierdo a central a partir de pase al central y luego cruza. Central profundiza	CR2LIC

**Tabla 3.** Ejemplo de registro del análisis observacional

<b>Ataque</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
Acciones Ofensivas	PCLD	PLDC	PCLI	PLIC	PCLD	PLDC	CR1ACLI	PLIC	CRCLD
Acciones Defensivas	E2	E1	E3	E1	E2	E1	CO	E1	CO

## 2.4. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se ha utilizado el software SPSS® v28 (IBM, Chicago, IL, USA). Como el presente estudio es un estudio observacional multidimensional e ideográfico, el análisis descriptivo se presenta como frecuencia. Para comparar la frecuencia de las conductas colectivas defensivas emergentes de acuerdo con las acciones ofensivas ejecutadas se aplicó una tabla de contingencia. Para comparar la significancia de las conductas colectivas defensivas emergentes entre los grupos se aplicó el test de Chi-cuadrado. Para determinar la normalidad de los datos, al ser la cantidad de observaciones mayor a 50, se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Finalmente, se utilizó la prueba no paramétrica de H de Kruskal-Wallis para determinar si la distribución de las conductas defensivas emergentes es estadísticamente significativa entre los grupos.

## 3. RESULTADOS

El análisis descriptivo (Tabla 4) muestra por cada grupo la cantidad de conductas colectivas defensivas emergentes ejecutadas durante el ejercicio de PNL. Además, se describe el valor porcentual de dichas conductas respecto al total ejecutado por cada grupo.

Para G1, se obtuvieron un total de 228 conductas emergentes respecto a la misma cantidad de acciones ofensivas perpetuadas durante el ejercicio de PNL. Para G2, el total de conductas defensivas fue de 137, mientras que para G3 se obtuvieron 98 conductas. De esta forma, se ha obtenido como resultado final 463 conductas defensivas colectivas emergentes observadas durante la presente investigación.

**Tabla 4.** Frecuencia de conductas defensivas colectivas

		<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>CO</b>	<b>COCC</b>	<b>AE</b>	<b>COCCX</b>	<b>AEX</b>	<b>Total</b>
<b>Grupo A</b>	Recuento	98	31	38	30	18	10	0	3	228
	% Dentro del grupo	43,0%	13,6%	16,7%	13,2%	7,9%	4,4%	0,0%	1,3%	100,0%
<b>Grupo B</b>	Recuento	47	20	17	26	6	12	2	7	137
	% Dentro del grupo	34,3%	14,6%	12,4%	19,0%	4,4%	8,8%	1,5%	5,1%	100,0%
<b>Grupo C</b>	Recuento	33	19	18	4	6	7	4	7	98
	% Dentro del grupo	33,7%	19,4%	18,4%	4,1%	6,1%	7,1%	4,1%	7,1%	100,0%
<b>Total</b>	Recuento	178	70	73	60	30	29	6	17	463
	% Dentro del grupo	38,40%	15,10%	15,80%	13%	6,50%	6,30%	1,30%	3,70%	100%

Respecto al test de Chi-cuadrado, este indica que para los 3 grupos existen resultados significativos, con lo cual se establece que las conductas colectivas defensivas de cada uno de los grupos están relacionadas con las acciones ofensivas ejecutadas durante el ejercicio de PNL (Tabla 5).

La relación de cada una de las conductas defensivas respecto a las conductas ofensivas, se representan en la figura 2. En él, es posible observar que, durante la fase de circulación del balón por medio de pases, ejecutado por las jugadoras atacantes, realizado sin cambios de posición ni intenciones de ataque, el 100% de las conductas defensivas activadas son aquellas específicas respecto al posicionamiento de la estructura defensiva solicitada como constreñimiento. Además, se observa que, frente a las conductas ofensivas realizadas durante la fase de circulación de jugadores con acciones como cruces en profundidad y anchura, las conductas defensivas activadas responden a cambios de posición, ajustes defensivos, cambios de oponente con y sin contacto. Esto, logrando mantener en la gran mayoría de los casos la estructura defensiva de 3:2:1 respecto al posicionamiento del balón en el espacio (a los laterales o en el central).

**Tabla 5.** Test de Chi-cuadrado para la relación entre variables

		<b>Valor</b>	<b><i>p</i></b>
Grupo 1	Chi-cuadrado de Pearson	934,417	<,001
	Razón de verosimilitud	651,960	<,001
	Asociación lineal por lineal	109,452	<,001
	N° de conductas	228	
Grupo 2	Chi-cuadrado de Pearson	608,543	<,001
	Razón de verosimilitud	434,180	<,001
	Asociación lineal por lineal	70,593	<,001
	N° de conductas	137	
Grupo 3	Chi-cuadrado de Pearson	433,007	<,001
	Razón de verosimilitud	301,562	<,001
	Asociación lineal por lineal	59,586	<,001
	N° de conductas	98	



el equilibrio de los constreñimientos solicitados respecto a mantener las estructuras defensivas. Todo lo anterior sin intervención del entrenador.

#### **4. DISCUSIÓN**

El objetivo de la presente investigación fue describir las conductas emergentes colectivas que desarrolla un método de entrenamiento de la defensa 3:2:1 basada en los fundamentos de la teoría de los sistemas dinámicos complejos. Para esto, se aplicó un ejercicio con bases en la pedagogía no lineal (Correia et al., 2014) en el cual se introdujeron 3 constreñimientos que buscaron activar conductas defensivas a partir de una situación de 3 atacantes contra 4 defensores.

Existen evidencias que indican lo importante de que los entrenadores de balonmano reconozcan el cómo las limitaciones de las tareas afectan los comportamientos de las jugadoras (Renshaw & Chow, 2019). En esta investigación, se estableció como requisito que las jugadoras defensoras conservaran constantemente la configuración defensiva del sistema 3:2:1, asegurándose de mantener las posiciones de las tres líneas defensivas en sus respectivas áreas de profundidad. Esto implicaba moverse en sintonía con el avance de las líneas de ataque y en concordancia con la ubicación del balón en el terreno de juego (Antón García, 2006). En paralelo, se les solicitó a las jugadoras atacantes que buscaran conseguir penetrar el sistema defensivo para realizar un gol, limitando la posibilidad de realizar 1 contra 1 y/o lanzamientos a distancia.

En balonmano, para contrarrestar cualquier acción ofensiva, se emplean diversas técnicas y destrezas tácticas que se basan en tres principios esenciales que deben ser cumplidos a lo largo de todo el partido: impedir que los atacantes se acerquen a su zona de influencia, evitar que los atacantes realicen tiros a la portería y aprovechar cualquier ocasión para recuperar el balón (Elena, 2013; Barreira et al., 2013; Menezes, 2021). En el presente estudio, las conductas colectivas defensivas como los constreñimientos aplicados cumplen con estas bases al obligar a mantener la estructura defensiva como fundamento del ejercicio, lo mismo al limitar las acciones ofensivas a exclusivamente penetrar el sistema. Con lo cual, las conductas emergentes defensivas responden de forma natural al cumplimiento de los principios defensivos. Este fenómeno ya ha sido evidenciado en un estudio previo de Espoz-Lazo et al. (2023) quienes reportaron conductas emergentes defensivas individuales en un ejercicio de pedagogía no-lineal, donde se activaron conductas de defensa en línea de progresión, acoso, contacto próximo, entre otros. Esto, explica que estas metodologías son capaces de generar múltiples conductas defensivas en un periodo acotado de tiempo en un mismo deportista dentro de un mismo ejercicio.

En particular, los resultados de la presente investigación han señalado en primera instancia que aquellas acciones ofensivas asociadas a la circulación del balón, es decir, pase del central a las laterales y de las laterales a la central, activan constantemente las conductas defensivas exclusivas de desplazamiento para mantener las estructuras solicitadas. Este fenómeno no presenta dificultades de explicación ya que expresamente el constreñimiento aplicado solicitó que se realizara dicha respuesta. Mientras el balón era recibido por la central, el sistema defensivo mantuvo la posición de “diamante”, con la defensora de primera línea en 6mts, las de segunda línea en 7mts. y la de la tercera línea en 9 mts. como era de esperarse. Estos desplazamientos, son aparentemente mecanizados y es probable que al agregar una jugadora en el puesto de pivote genere una diferencia significativa en estas conductas, al ser la pivote una jugadora que naturalmente está penetrando el sistema defensivo y puede recibir un pase en cualquier momento (Rolulj, 2011).

Las interacciones entre los componentes del sistema se comportan como máquinas cibernéticas de modelos lineales cuando se establece un equilibrio entre la energía y/o información que ingresa al sistema. Sin embargo, al ser el balonmano un deporte de situación en el cual las atacantes toman decisiones, durante la mecanización de las conductas se reportó una evolución del ataque donde comenzaron a producirse situaciones de éxito. Estas acciones exitosas son una inyección de información al sistema defensivo que produce una alteración, por lo que, desde la perspectiva sistémica, cuya característica es la sensibilidad, las interacciones entre los componentes del sistema se adaptan y se autoorganizan para volver a producir el equilibrio del mismo sistema buscando conseguir una economía energética para lograr el objetivo (Vaidenau et al., 2020; Kahl & Kschischo, 2021). En este caso, cada uno de los grupos logró reequilibrar sus conductas emergentes hasta reducir a casi cero los éxitos ofensivos.

Desde el plano cualitativo, los resultados reportaron eventos interesantes respecto a la coordinación del sistema desde la perspectiva social. En un momento dado, cada grupo detuvo espontáneamente el ejercicio para conversar y establecer un funcionamiento común, a partir de la comunicación verbal entre las jugadoras. La autoorganización de un sistema dinámico complejo, en este caso además uno compuesto por seres vivos, tiene una característica asociada a los patrones emergentes dados por las denominadas variables colectivas (Kelso, 2000), los cuales se crean a partir de la colaboración entre las partes individuales del sistema pero que a su vez condicionan el comportamiento del sistema (Torrents Martin, 2005). Además, las organizaciones humanas, son en si mismas un sistema adaptativo complejo (Navarro, 2001) que tiene tendencias caóticas y conflictivas y que, de acuerdo con Pastor & García-Izquierdo (2007), desarrollan constantemente sistemas organizativos dados por procesos

de autoorganización, los cuales se renuevan a sí mismas utilizando recursos del medio donde se encuentran, siendo además sistemas autosostenidos (que se mantienen y se sostienen así mismas), con periodos amplios de estabilidad pero con momentos de cambios bruscos en su estructura y funcionamiento, que de forma paradójica mantienen a estas organizaciones estabilizadas (Thietart & Forgues, 1993; Perna & Masterpasqua, 1997). Estos argumentos, explican en cierto grado la tendencia de los grupos a mantener conductas defensivas específicas y que frente a la “catástrofe” del éxito ofensivo, el sistema detuviera sus acciones para autoorganizarse y autosostenerse.

Es interesante señalar que los resultados, han demostrado que, independiente del grupo ejecutor de las conductas defensivas, las respuestas aplicadas son las mismas para los tres grupos para cada una de las acciones ofensivas, además sin importar que defensora se encontrase en cada puesto específico del sistema defensivo. Es decir que cada jugadora, frente a situaciones de emergencia, fue capaz de permutar puestos y mantener la estructura y objetivos defensivos por un tiempo que permitiese el éxito para luego volver a su posición original. Al observar cada grupo, es posible comprender que las respuestas frente al objetivo defensivo tienden a buscar la eficiencia, la eficacia y la efectividad en virtud de lograr el menor gasto energético posible, y que al observar estos grupos como sistemas dinámicos complejos, dicha conducta se explica al ser una característica intrínseca de este tipo de sistemas que corresponde a la autoorganización. La autoorganización de los sistemas dinámicos complejos abarca procesos donde surge orden y estructura, explicando cómo modelos macro resultan del agregado simple de elementos micro (Torrents Martin, 2005). En este caso, las acciones defensivas de cada jugadora dentro del sistema. Al igual que en sistemas inertes, ocurre en biológicos y sociales (Schmidt et al., 1999) u otros con múltiples partes como son los deportivos. Por todo lo anterior se concluye con el presente estudio que, el uso de la metodología de la pedagogía no lineal, propuesta aquí bajo los fundamentos de la teoría de los sistemas dinámicos complejos, puede ser una herramienta efectiva y eficiente para desarrollar el sistema defensivo 3:2:1 en un contexto de entrenamiento para el rendimiento, siendo clave el tener en cuenta que los grupos que trabajen bajo esta modalidad tenga la libertad de autoorganizarse y las limitaciones de los constreñimientos entregados para un resultado óptimo.

## **5. CONCLUSIONES**

Este estudio presenta una herramienta práctica para el entrenamiento del núcleo central defensivo del sistema 3:2:1. La aplicación del modelo descrito ayudará a los entrenadores a fortalecer la estructura defensiva y a que las jugadoras comprendan la función de cada uno de los puestos específicos en virtud de poder resolver situaciones de emergencia sin que esto haga perder la estructura del sistema defensivo.

## 6. REFERENCIAS

1. Anguera Argilaga, M. T., Blanco Villaseñor, Á., Hernández Mendo, A., & Losada López, J. L. (2011). Diseños Observacionales: Ajuste y aplicación en psicología del deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 11(2), 63–76.
2. Antón García, J. (2006). *Análisis evolutivo estructural y funcional del sistema defensivo 3: 2: 1*. Editorial Universidad de Granada.
3. Antón, J. (1998). *Balonmano. Táctica Grupal Ofensiva*. S.L. Editorial Gymnos.
4. Antón, J. (2003). *Entrenamiento en Balonmano. Bases de la Construcción de un Proyecto de Formación Defensiva*. Paidotribo.
5. Balague, N., Torrents, C., Hristovski, R., Davids, K., & Araújo, D. (2013). Overview of complex systems in sport. *Journal of Systems Science and Complexity*, 26, 4-13.
6. Barreira, C., Musa, V., Morato, M., & Menezes, R. (2021). Efficiency of handball defensive systems in numerical equality and superiority: Panorama of a european competition. *Pensar en Movimiento: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 19(2), 5–18.
7. Bermejo, J. P. (2015). Análisis de sistemas dinámicos y complejos en la Liga Profesional de Balonmano de España = Complex and dynamical systems analysis in Spanish Professional Handball League [Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid].
8. Correia, V., Carvalho, J., & Araújo, D. (2014). *La manipulación de los constreñimientos en los deportes colectivos*. In *El entrenamiento táctico y decisional en el deporte*. Síntesis.
9. Davids, K., Hristovski, R., Araújo, D., Serre, N. B., Button, C., & Passos, P. (Eds.). (2013). *Complex systems in sport*. Routledge.
10. Dresch-Langley, B. (2020). Seven properties of self-organization in the human brain. *Big Data and Cognitive Computing*, 4(2), 1-17. <https://doi.org/10.3390/bdcc4020010>
11. Elena, B. (2013). The importance of anticipation in increasing the defense efficiency in high performance handball. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 76, 77–83.
12. Espoz-Lazo, S., Farías-Valenzuela, C., Hinojosa-Torres, C., Giakoni-Ramirez, F., Del Val-Martín, P., Duclos-Bastías, D., & Valdivia-Moral, P. (2023). Activating Specific Handball's Defensive Motor Behaviors in Young Female Players: A Non-Linear Approach. *Children*, 10(3), 1-12.
13. Flores-Rodríguez, J., & Ramírez-Macías, G. (2021). Pedagogía no lineal en balonmano. Defensa zonal de una y dos líneas en partidos reducidos. *Retos*, 39, 604-613.



14. Foguelman, D., Henning, P., Uhrmacher, A., & Castro, R. (2021). EB-DEVS: A formal framework for modeling and simulation of emergent behavior in dynamic complex systems. *Journal of Computational Science*, 53, 1-38. <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2021.101387>
15. Hinojosa Torres, C., Espoz Lazo, S., Farías Valenzuela, C., & Barraza Gómez, F. (2021). Estrategias didácticas y metodológicas del proceso de formación en el balonmano escolar: una revisión sistemática. *Journal of Sport and Health Research*, 13, 1-14.
16. Jimenez-Olmedo, J., Penichet-Tomás, A., Villalón-Gasch, L., & Pueo, B. (2020). Validity and reliability of smartphone high-speed camera and Kinovea for velocity-based training measurement. *Journal of Human Sport and Exercise*, 16(4), 878–888.
17. Kahl, D., & Kschischo, M. (2021). Searching for Errors in Models of Complex Dynamic Systems. *Frontiers in Physiology*, 11, 1-11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.612590>
18. Kelso, J. A. S. (2000). Principles of dynamic pattern formation and change for a science of human behavior. In L. Bergman, R. Cairns, L. Nilsson, & L. Nystedt (Eds.), *Developmental science and the holistic approach*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
19. Menezes, R. (2021). Handball in school: Teaching of defensive contents. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 93(4), 6–19.
20. Navarro, J. (2001). Las organizaciones como sistemas abiertos alejados del equilibrio [Doctoral dissertation, Departamento de Psicología Social, Universitat de Barcelona].
21. Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
22. Pastor, J., & García-Izquierdo, A. (2007). Complejidad y psicología social de las organizaciones. *Psicothema*, 19(2), 212-217.
23. Perna, P. A., & Masterpasqua, F. (1997). *Future directions*. In F. Masterpasqua & P. A. Perna (Eds.). *The psychological meaning of chaos: Translating theory*.
24. Renshaw, I., & Chow, J. A. (2019). A constraint-led approach to sport and physical education pedagogy. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 24(1), 1-14.
25. Rogulj, N., Vuleta, D., Milanovic, D., Cavala, M., & Foretic, N. (2011). The efficiency of elements of collective attack tactics in handball/ucinkovitost elementov kolektivne taktike Napada V Rokometu. *Kinesiologia Slovenica*, 17(1), 5-14.
26. Schmidt, R. C., O'Brien B., & Sysko, R. (1999). Self-organization of between persons cooperative tasks and possible applications to sport. *International Journal of Sport Psychology*, 30, 558-579.

27. Seco, J. (2015). Actualización histórica de la evolución del juego en balonmano en el siglo XX. *Revista de Ciencias del Deporte*, 11(1), 3-38.
28. Seco, J. (2016). Evolution of defensive playing in handball: Towards alternative defenses as concept. *E-balonmano Com*, 12(3), 151-164.
29. Shrestha, B., & Dunn, L. (2020). The Declaration of Helsinki on Medical Research involving Human Subjects: A Review of Seventh Revision. *Journal of Nepal Health Research Council*, 17(4), 548–552. <https://doi.org/10.33314/jnhrc.v17i4.1042>
30. Sun, M., Jiang, Y., Wang, Y., Xie, H., & Wang, Z. (2020, November). Identification of critical nodes in dynamic systems based on graph convolutional networks. In 2020 3rd International Conference on Unmanned Systems (ICUS) (pp. 558–563). IEEE.
31. Thiéart, R., & Forgues, B. (1995). Chaos theory and organization. *Organization Science*, 6(1), 19–31.
32. Torrents Martín, C. (2005). Teoría de los sistemas dinámicos y el entrenamiento deportivo [Doctoral thesis, Universitat de Barcelona].
33. Vaideanu, D., Paun, M. A., Agop, M., Paun, V. A., Petrescu, T. C., Placinta, C., & Vasincu, D. (2020). Complex System Dynamics through a Fractal Paradigm. *University Politehnica of Bucharest Scientific Bulletin-Series A-Applied Mathematics and Physics*, 82(1), 317-326.

#### **AUTHOR CONTRIBUTIONS**

All authors listed have made a substantial, direct and intellectual contribution to the work, and approved it for publication.

#### **CONFLICTS OF INTEREST**

The authors declare no conflict of interest.

#### **FUNDING**

This research received no external funding.

#### **COPYRIGHT**

© Copyright 2024: Publication Service of the University of Murcia, Murcia, Spain.